

Libro de actas

DRT4ALL 2011

IV Congreso Internacional de Diseño,
Redes de Investigación y Tecnología para todos

[drt
4all]



Fundación
Vodafone
España



CASADOMO.com
"El Portal del Edificio y Hogar Digital"



Fundación ONCE

© Fundación ONCE para la Cooperación e Inclusión Social de las Personas con Discapacidad. 2011.

Edita: Fundación ONCE para la Cooperación e Inclusión Social de las Personas con Discapacidad.

Supervisión de la edición: Comité Científico DRT4all:

Dominique Archambault, Profesor Adjunto de la Universidad Pierre et Marie Curie- Paris 6 (Francia)

Christian Berger Vachon, Catedrático de la universidad Claude Bernard, Lion 1 (Francia)

Alain Pruski, Catedrático de la universidad Paul Verlaine de Metz (Francia)

Avril Accolla, Vicepresidenta Design for all Italia y Vicepresidenta EIDD Design for All Europe.

Consuelo del Moral, Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Universidad de Granada

Nestor Garay Vitoria, Laboratorio de Interacción Persona-Computador para Necesidades Especiales, Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV /EHU).

Toni Granollers, Grupo de Investigación en Interacción Persona-Ordenador e Integración de Datos (GRIHO), Universidad de Lleida.

Evangelos Bekiaris, Director de Investigación, Centro para la Investigación y Tecnología Hellas, Instituto Helénico de transporte, Grecia

Alberto Jardón Huete, Profesor Ayudante Doctor, Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, Universidad Carlos III de Madrid.

Jesús Hernández Galán, Director de Accesibilidad Universal de Fundación ONCE.

David Zanoletty García, Jefe del Departamento de Tecnologías Accesibles e I+D de Fundación ONCE.

Jaime López Krahe, Catedrático de la Facultad de Matemáticas, Informática y Tecnologías de la Universidad de París 8.

Alejandro Rodríguez Ascaso, Grupo de Investigación aDeNu, Departamento de Inteligencia Artificial, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática, Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED).

Daniel Guasch Murillo, Director Académico de la Cátedra de Accesibilidad, Arquitectura, Diseño y Tecnología para Todos de la Universidad Politécnica de Cataluña.

Mari Satur Torre Calero, Manager de Innovación, Fundación Vodafone España

Miguel Angel Valero Duboy, Departamento de Ingeniería y Arquitecturas Telemáticas (DIATEL) de la Universidad Politécnica de Madrid.

Julio Abascal Gozález, Laboratorio de Interacción Persona-Computador para Necesidades Especiales, Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV /EHU).

Jesús González Boticario, Director del Grupo de Investigación aDeNu, Departamento de Inteligencia Artificial, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática, Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED).

ISBN: 978-84-88934-50-5

ÍNDICE

Contenido

Carta de presentación.....	18
Artículos científicos	20
Reversed dictionary : French Sign Language – French.....	20
1. Introduction.....	21
2. Structure of FSL	21
3. Framework	23
4. Search strategy	24
5. Conclusion and further work.....	26
6. References.....	27
Literatura infantil digital: Nuevas narrativas para la inclusión educativa de los alumnos con discapacidad auditiva	28
1. Introducción	28
2. El problema	29
3. Narrativa infantil con lengua de señas y desarrollo bilingüe	30
4. Narrativa digital como herramienta para la inclusión.....	31
5. Conclusiones.....	
10. Referencias	35
Aplicación de teoría de la información para el modelado y cuantificación de la interacción persona-robot	36
1. Introducción	37

2. Modelando la interacción humano-robot en robótica asistencial	37
3. Medición del comportamiento HR	39
4. Metodología aplicada	40
5. Entorno virtual de experimentación	41
6. Trabajos futuros	43
7. Conclusiones.....	44
8. Referencias	44
9. Derechos de autor	45
Optimización Evolutiva de la Locomoción de un Robot Bípedo	46
Introducción	46
Antecedentes	47
3. Diseño del Sistema	49
4. Estudio Experimental	56
3.3 Configuración del sistema	56
5. Conclusiones.....	58
6. Trabajos futuros	59
8. Referencias	60
Use of Robotics as a Learning Aid for Disabled Children	62
Introduction.....	62
Methodology	65
Hardware and Software	66
Computer Interface	68
Automatic Reports	69
Tasks	71
Results	72
Conclusions.....	73
Acknowledgments	73
References.....	74
Improving the Accessibility at Home: Implementation of a Domotic Application using a P300-based Brain Computer Interface System	75
1. Introduction.....	76
2. The ‘Oddball’ Paradigm and the P300-based BCI systems.....	77

3. EEG Recordings.....	78
4. Domotic Application Design	79
5. Results	79
6. Discussion and Conclusion.....	81
7. References.....	83
8. Acknowledgements	84
DAI Middleware: plataforma de Hogar Digital para la provisión de servicios orientados a la vida asistida por el entorno.....	85
1. Introducción	86
2. Middleware en entornos de vida asistida	86
3. Diseño de la plataforma DAI.....	90
4. Ejemplo de instalación y validación de la plataforma DAI Middleware.....	95
10. Conclusiones.....	97
10. Referencias	98
Personalización automática de interfaces de usuario para el control domótico accesible.....	100
1. Introducción	101
2. Arquitectura de accesibilidad universal	101
3. Metodología de diseño y desarrollo.....	103
4. Plataforma del hogar digital: prototipo de control domótico.....	103
5. Diseño inclusivo.....	109
6. Conclusiones.....	114
Agradecimientos.....	115
Referencias.....	115
Generación automática de interfaces de usuario para el hogar digital. Caso de uso: Accesibilidad de personas con discapacidad visual.....	116
1. Introducción	117
2. Trabajos relacionados	118
3. Principios de diseño.....	120
4. Especificación del lenguaje.....	121
5. Caso de estudio: interfaz para personas ciegas	126
6. Prototipo	129
7. Conclusiones y trabajos futuros	130
8. Agradecimientos.....	131

10. Referencias	131
Detección de obstáculos mediante sonidos acústicos virtuales.....	133
1. Introducción	134
2. Desarrollo del sistema acústico.....	135
3. Desarrollo del sistema de percepción del entorno	136
4. Parte experimental.....	137
5. Conclusiones.....	139
10. Referencias	139
Wavelet Based Algorithm for Image Processing in Visual Prosthesis	140
1. Introduction.....	141
2. Materials.....	142
3. Methods	142
5. Results	145
6. Discussion	147
7. Conclusion	148
8. References.....	149
ATAD: una Ayuda Técnica para la Autonomía en el Desplazamiento. Presentación del Proyecto.	151
1. Introducción	152
2. Estado del arte.....	153
3. Material y métodos	154
4. Propuesta de diseño final.....	156
5. Conclusiones y Trabajos futuros.....	159
6. Referencias	160
Accessibility of upcoming user interaction technologies.....	162
1. Introduction.....	163
2. ETSI STF 377.....	164
3. Methods and results.....	165
4. Key design for all solutions.....	169
5. Example	169
6. Conclusions.....	171
7. References.....	172

A Sensitive Technology for a Sensitive Challenge	173
1. Introduction	174
2. Design issues in the context of ageing population	174
3. Health care related technology	177
4. Conclusion	183
EU4ALL services for providing personalised, ICT based support for students with disabilities. The UNED case	185
1. Introduction	186
2. The EU4ALL project	187
3. Overall description of the UNED scenarios	187
3. Conclusions	193
4. Acknowledgements	194
5. References	194
Diseño de un Sistema con Características de Adaptación para Personas con Discapacidad	195
1. Introducción	196
2. Trabajos Relacionados	196
3. Modelo Propuesto	202
4. Conclusiones	204
10. Referencias	205
PATRÓN TECNOPEDAGÓGICO PARA EL DESARROLLO DE OBJETOS DE APRENDIZAJE ORIENTADOS A PERSONAS CON CAPACIDAD VISUAL DISMINUIDA	207
1. Introducción	208
2. Los Objetos de Aprendizaje	208
2.1. Características de los Objetos de Aprendizaje	209
2.2.- Ventajas y Desventajas de los Objetos de Aprendizaje	210
3. El Patrón de desarrollo de Objetos de Aprendizaje	211
3.1. Características de Interfaz	211
3.2. Características de Accesibilidad	212
3.3. Patrones Pedagógicos	216
3.4. Patrones de Interacción	217
4. Conclusiones	218
5. Referencias	219

Evaluación de la usabilidad de una plataforma de estimulación cognitiva basada en televisión interactiva	220
1. Introducción	221
2. Estimulación cognitiva y tecnologías de la información	222
3. Televisión digital interactiva.....	223
4. Arquitectura general del sistema	224
5. Diseño de la interfaz de usuario	225
6. Juegos de estimulación cognitiva soportados.....	228
7. Evaluación.....	230
8. Discusión.....	233
9. Conclusiones y trabajos futuros	234
10. Agradecimientos.....	234
11. Referencias	235
Usability evaluation of a cognitive stimulation platform based on interactive television	236
1. Introduction.....	237
2. Cognitive stimulation and information technologies.....	238
3. Interactive Digital TV	239
4. Overall system architecture	239
6. Supported cognitive stimulation games.....	243
7. Evaluation	244
8. Discussion	246
9. Conclusions and future work.....	247
10. Acknowledgements	248
11. References	248
Sistema abierto de Televisión Digital Terrestre (TDT) accesible para personas con deficiencia visual	250
Introducción	251
Análisis del sistema	253
Diseño del sistema	258
Resultados de implementación	260
Validación y evaluación	262
Conclusiones.....	264

Referencias	265
SocialTV para 3G: Plataforma Accesible Integrada en el Televisor para Fomentar las Relaciones Sociales de las Personas Mayores en Red con el objetivo de Mejorar su Calidad de Vida y Favorecer la Vida Independiente.....	266
1. Introducción	266
2. Descripción y objetivos del proyecto	267
3. Metodología del proyecto	268
4. Funcionalidades y ventajas.....	270
5. Solución tecnológica.....	272
6. Conclusiones.....	280
7. Referencias	280
8. Derechos de autor	280
9. Agradecimientos.....	280
Gestión accesible de servicios de ocio online	281
1. Introducción	282
2. Plataforma de ocio accesible.....	283
3. Resultados experimentales	287
4. Conclusiones.....	289
Una Experiencia de Ocio en la Tercera Edad con Juegos de Wii.....	291
Introducción	292
Fundamentos.....	292
Tecnología utilizada	295
Objetivo	296
Metodología	296
Desarrollos de las sesiones con la Wii	297
Logros	298

Sin cambios significativos	299
Resultados cuantitativos	300
Resultados cualitativos	300
Conclusiones.....	302
Experiencias similares	302
Agradecimientos.....	303
Audio-juegos móviles con una interfaz orientada a la usabilidad para personas con problemas de visión de cualquier grado	304
1. Introducción y motivación.....	304
2. Estado del arte.....	306
3. Metodología seguida.....	307
4. Resultados	310
5. Conclusiones y trabajos futuros	312
6. Referencias	313
Uso de Estándares Bio-Psico-Sociales y Experiencia de Usuario en una Red Social Orientada a Personas con Discapacidad de Origen Neurológico	314
Introducción	315
2. Representación ontológica basada en estándares bio-psico-sociales	316
3. Herramientas de análisis de la calidad de vida y de los factores bio-psico-sociales.....	319
4. Herramientas sociales y de gestión colaborativa del conocimiento.....	323
5. Usabilidad, accesibilidad y experiencia de usuario	325
6. Conclusión	327
7. Trabajo futuro	328
8. Agradecimientos.....	329
9. Referencias	329
Guidelines for Accessibility to Microblogging: an Integral Approach.....	331
1. Introduction.....	332
2. Microblogging services and contents from the perspective of accessibility.....	332
3. Transversal solutions for accessible microblogging	336
4. Field study on the accessibility of microblogging contents.....	337
5. User-oriented guidelines for generating accessible microblogging contents.....	340
6. Conclusions and future work.....	341
7. References.....	341

Integración social y laboral de personas con discapacidad intelectual mediante tecnologías móviles.....	342
1. Introducción	343
2. Estado del arte.....	343
3. GTT: Gestor de Tareas y Tiempos.....	346
4. Dispositivo móvil para mejorar la adaptación al puesto de trabajo de personas con discapacidad intelectual.....	348
5. Conclusiones.....	350
6. Referencias	351
VIRCAP, Herramienta de Realidad Virtual para la Formación en Jardinería de Personas con Discapacidad.....	353
1. Introducción	353
2. Objetivo	354
3. Metodología	354
4. Plan Pedagógico	357
5. Composición del simulador	358
6. Pruebas.....	363
7. Conclusiones.....	363
8. Trabajo futuro	364
9. Reconocimientos	364
10. Referencias	364
Solución abierta de barrido y pulsación en dispositivos móviles accesible para personas con discapacidad física	365
1. Introducción	366
2. Contextualización y antecedentes	367
3. Análisis de requisitos	369
4. Diseño de la plataforma	370
5. Implementación y validación	373
7. Conclusiones.....	375
7. Referencias	376
Agradecimientos.....	376
Desarrollo de un reproductor de vídeo accesible.....	377
1. Introducción	378

2. Accesibilidad en contenidos vídeo	378
3. Revisión de la accesibilidad de reproductores de vídeo en el sector financiero	380
4. Objetivos del proyecto	381
5. Revisión de alternativas tecnológicas	381
6. Características del nuevo reproductor de vídeo de Bankinter.....	382
7. Conclusiones y proyecciones futuras	385
10. Referencias	385
Rehabilitación de Pacientes con Discapacidades Motoras Mediante Técnicas Basadas en Visión Computacional.....	387
1. Introducción	388
2. Herramientas para la implementación de juegos basados en visión para la rehabilitación.....	389
3. Funcionamiento general de los juegos.....	389
4. Validación de los juegos	391
5. Conclusiones.....	392
Agradecimientos.....	392
Referencias	393
Estructura y Desarrollo de la Plataforma UVa-NTS: Interfaz Persona-Máquina para Rehabilitación y Evaluación en Lesionados Motores Severos.....	394
1. Introducción	395
2. Objetivos.....	396
3. Arquitectura del sistema	397
4. Resultados obtenidos	402
5. Conclusión	404
6. Referencias	404
El oído y la voz del Hogar Digital	407
1. Introducción	408
2. Sistemas fijos	409
3. Sistemas portátiles	410
4. Ventajas e inconvenientes	411
5. Colocación de los elementos captadores.....	413
6. Colocación de los elementos emisores	415
7. Situaciones críticas	416
8. Conclusiones.....	416

9. Referencias	417
10. Derechos de autor	417
Soluciones de la Robótica a la Asistencia y Rehabilitación de Personas Discapacitadas en España	
1. Introducción	419
2. Discapacidades en España.....	419
3. Robots de asistencia en la rehabilitación	421
3.3. Robots de Asistencia a la Movilidad.....	424
4. Propuestas.....	427
5. Conclusiones	430
6. Referencias	431
Implementación del Ratón Virtual HeadMouse como Herramienta de Mejora de la Accesibilidad a las TIC.....	
1. Introducción	434
2. Detección del usuario.....	434
3. Desplazamiento del cursor	435
4. Detección de los gestos faciales	436
5. Configuración de las acciones de clic	437
Tabla 1. Resultados obtenidos en el test degeneración de acciones de clic.....	438
6. Validación del sistema	438
7. Funcionalidades.....	440
8. Conclusiones.....	441
9. Agradecimientos.....	441
10. Referencias	441
Implementación de VirtualKeyboard como Herramienta de Mejora de la Accesibilidad a las TIC	
1. Introducción	444
2. Sistema VirtualKeyboard	444
3. Algoritmos de predicción	444
3.1. Predicción de palabra actual	445
3.2. Predicción de palabra siguiente	445
3.3. Combinación de PA y PS.....	446
4. Número de botones de predicción.....	446

5. Validación del sistema de predicción	447
6. Funcionalidades.....	448
7. Conclusiones y trabajo futuro	449
8. Agradecimientos.....	450
9. Referencias	450
Near Field Communication technology for identifying medicines	451
1. Introduction.....	452
2. Pervasive computing in Health Care	454
3. PharMAS Multiagent System.....	456
4. Case study: PharmaFabula.	458
5. Conclusions and Future Work	460
Acknowledgments	461
References.....	461
Sistema de Escritura con Texto Predictivo Controlado con Acelerómetro Mediante Cualquier Parte del Cuerpo	462
1. Introducción	463
2. Estado del arte.....	463
3. Partes del sistema	464
3.1 Dasher.....	464
3.2 Acelerómetros ADXL3XX	465
3.3 Arduino.....	466
4. Estado anterior de DasherUS	466
5. Aspectos a mejorar.....	467
6. Estado actual de DasherUS.....	468
6.1 Envío de texto a otras aplicaciones	468
6.2 Sistema de Log.....	469
7. Conclusiones.....	470
8. Referencias	471
Validación de una Tecnología de Apoyo para la Orientación	472
Temporal (DOT_V1.0).....	472
Introducción	473
Objetivos del DOT.....	473

Antecedentes	475
Sistema de comunicación global	475
Eventos y actividades	476
Proyecto Validación en Colegios de Educación Especial	479
Fases del proyecto.....	479
Metodología de evaluación.....	483
Conclusiones.....	485
Agradecimientos.....	486
Desarrollo de una plataforma domótica adaptativa y accesible para la integración de servicios en el hogar	487
1. Introducción	488
2. El proyecto INREDIS.....	488
3. Plataforma del hogar INREDIS	489
4. El usuario como factor en el diseño	492
5. Conclusiones.....	492
6. Referencias	493
7. Agradecimientos.....	493
TER-RemOTE: Plataforma para el despliegue de servicios multimedia remotos para terapias de rehabilitación física.....	494
1. Introducción	495
2. Estado del Arte	496
3. Plataforma TER-RemOTE.....	498
4. Conclusiones.....	499
Agradecimientos.....	500
Referencias	500
Derechos de autor.....	500
Herramienta Interactiva para la Realización de la Accesibilidad a Eventos en Directo.....	501
1. Introducción	502
2. La Problemática	502
3. Descripción	503
4. Casos de Éxito.....	504
5. Discusión.....	505
6. Conclusiones y trabajo futuro.	506

7. Referencias	507
SIDCA: Sistema multiagente de detección de caídas vía móvil en ancianos y personas de movilidad reducida	508
1. Introducción	509
2. Estado del arte.....	509
3. Arquitectura propuesta	510
4. Resultados y Conclusiones	512
5. Referencias	512

Carta de presentación

En el año 2005 la Fundación ONCE tomó la decisión de poner en marcha el Congreso DRT4ALL, Congreso destinado a seguir la evolución de las tecnologías orientadas hacia las personas con discapacidad.

La buena acogida obtenida por el Congreso en las tres primeras ediciones ha llevado a que en el año 2011 se ponga en marcha la IV edición, edición que ha adoptado cambios con objeto de ampliar los temas de interés y adaptarse a la realidad tecnológica en que nos encontramos. De esta manera el Congreso ha pasado a denominarse "Congreso Internacional de Diseño, Redes de Investigación, y Tecnología Para Todos".

Todos los trabajos recogidos en este libro han sido remitidos por sus autores, transcritos sin ninguna modificación, y previa selección realizada por el Comité Científico del Congreso con objeto de garantizar la calidad científica de los mismos y la coherencia con la temática del Congreso.

Es por tanto justo transmitir nuestro agradecimiento a todos los autores que han participado, hayan o no sido seleccionados, como al Comité Científico que ha realizado el esfuerzo de valoración de todos los trabajos.

También la Fundación ONCE agradece el apoyo recibido por los patrocinadores del Congreso, Fundación VODAFONE España y CASADOMO.com, y todas las colaboraciones recibidas, que un año más han sido fundamentales para lograr este ambicioso proyecto con éxito.

La presente edición ha alcanzado un récord de trabajos presentados rozando el centenar, lo que ha supuesto una excelente oportunidad para dibujar un mapa del curso que están siguiendo las investigaciones en campos como la inclusión, la Vida Independiente, el Hogar Digital, la Robótica Asistencial, o la Educación 2.0, entre otros, todos ellos bajo el paradigma de la Accesibilidad Universal o el Diseño para Todos.

Esperamos que los trabajos aquí recogidos sean una herramienta útil y de divulgación dentro de la comunidad científica, que haga que el conocimiento avance y se canalice hacia la sociedad en forma de productos y servicios reales.

En resumen, que este trabajo oriente a todos los que están "Diseñando una realidad tecnológica para todos".

Alberto Durán

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'A. Durán', written over a light blue grid background.

Organiza



Fundación ONCE

Patrocinadores



Fundación
Vodafone
España



"El Portal del Edificio y Hogar Digital"

Artículos científicos

Reversed dictionary : French Sign Language – French

Zbakh Mohammed, Lopez Krahe Jaime
Laboratoire Technologies, Handicaps, Interfaces et Multimodalités (EA 4004 CHART)
2 rue de la Liberté, 93526 Saint Denis Cedex
mohammed.zbakh@univ-paris8.fr, jlk@univ-paris8.fr

Abstract

As any language, Sign Language (SL) has a vocabulary and a grammar [1][2]. In addition, the SL has the specificity to be practiced in the space. The work presented in this article offers a pragmatic approach to a classification system for signs of French Sign Language (FSL) to facilitate the access to the vocabulary of this language with the least amount of search items. The objective is to set up a system capable of finding the signs requested by a user based itself on a classification with distances in a certain space of representation. Throughout our research, we focused on three criteria to define a sign (hand shape, position and movement).

Resumen

Como otras lenguas, la Lengua de Signos (LS) tiene un vocabulario y una gramática. La LS tiene también la especificidad que se realizará en el espacio, por esa razón, la clasificación de los signos es un reto difícil [1] [2]. El trabajo presentado en este artículo ofrece un enfoque pragmático para un sistema de clasificación de los signos de la Lengua de Signos Francesa (LSF) para facilitar el acceso al vocabulario de forma rápida y eficaz. El objetivo es desarrollar un sistema capaz de encontrar los signos solicitadas por un usuario basándose en una clasificación por cálculo de medidas de similitud en un espacio de representación. Durante nuestra investigación nos hemos centrado en tres criterios para definir un signo: configuración de la mano, ubicación en el espacio y movimiento de la mano.

1. Introduction

These last years human beings have taken a great part in communicating with other foreign languages thanks to accessible and free tools. However we see a difficulty of communication between two human commonalities; hearing people and deaf people. Although there are interim solutions to address this situation [3], for example, the Sign Language interpreters and subtitling, if the deaf person has a bilingual education.

At the present time, the only way to access the French Sign Language vocabulary gets done exclusively from French to French Sign Language. However, the reverse process is very difficult these days: guessing the word from the sign triggers more complicated problems and you cannot find the meaning of a sign from the sign itself or from a rough estimate of the latter.

The purpose of this study is the classification of the FSL signs inside a mere dictionary, supported by learning algorithms and data mining. We are targeting two types of audience:

Hearing people who need to become familiar with the FSL and to know the meaning of a sign in French.

Deaf people whose first language is the FSL and who wish to know the translation of a given sign into French

Currently we are working on a database of 3000 signs recorded in the form of video sequences [4]. However our system is applied on a sample of 300 signs (300 videos) to

validate our choice application; it will be later extended to the whole database.

We envisage a system that can achieve a compromise at the latest between ergonomic part concerning the presentation of search criteria, and the information or results relevance. That is why we are currently developing a decision tree to classify signs according to several criteria (hand shape, position and movement) to reduce the field of the present research.

2. Structure of FSL

The FSL is a language based on visual-gestural channel where the one who makes signs chooses to "say without showing" or to "say by showing" [5]. Therefore we elaborated our research on this difference. Indeed, it is not a question of describing the FSL, but it is rather about its lexicon, by taking into account only a part of the Sign Language (which is vocabulary then).

Thus we relied on the theoretical framework suggested by Christian Cuxac to simplify the dichotomy of the two possibilities of signing in the FSL: saying by showing and saying without showing. We selected the second option by limiting the description to the standard signs and by choosing some parameters for each sign: the hand shape, its position in space and the movement that goes with it.

For ergonomic reasons, we limited the search criteria for a sign. The searching interface represents a compromise between an easy interface and criteria which must be sufficient for the search (Figure 1).

We decided to work only on three criteria that remain (hand shape, position and movement), and present as a result ordered multiple choice. This allows possibility to catch errors in the description of the sign. With this increase in vocabulary, it will always be possible to increase these requirements if it seems necessary.

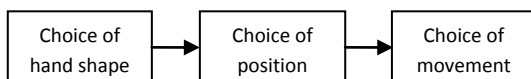


Figure 1: Stages of research.

2.1. HAND SHAPE

The specialists do not all agree on the accurate number of the hand shapes used for the FSL. There are very diverse propositions [6]. C. Cuxac counted 39 basic hand shapes [5] instead of 139 ones quoted by A. Braffort [7]. The FSL doesn't contain any authority which could define the complete structure of the language as for example, this is the case of the French and the academical French of language. Nevertheless, the FSL doesn't have the same elements of diffusion to contribute to the stability as the oral languages have: newspapers, radio, TV ... That makes easier the existence of local dialects, in particular, the neologisms (Internet and special sites can contribute to this stability of the SL).

As we'll see it thereafter, the objective is to suggest some possible answers in a well-ordered way, by taking into account the similarity between the different hand shapes in the algorithm. To facilitate an ergonomic access, all the hand shapes are classified in categories on the basis of the degree of similarity shared by them (Figure 2)



Figure 2: Classes of hand shapes.

2.2. POSITION

To develop this second criterion, we rested on the dictionary of IVT (International Visual Theatre) [8]. However/ nonetheless, instead of using the 15 positions listed in the dictionary, we selected only 5 of them, merging some positions. These are presented on a vertical plane parallel to the torso and show the following elements: Head, Torso, Stomach, Right Hand and Left Hand (Figure 3).

The horizontal plan consists of three slots parallel to the ground: body contact, no contact but close and no contact but far (Figure 4).

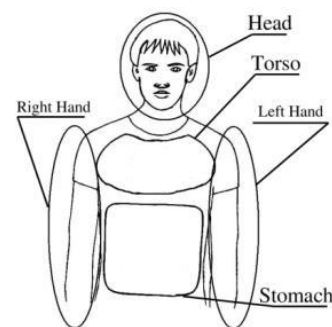


Figure 3 : Five positions of the hand relative to the body (vertical show) [7].

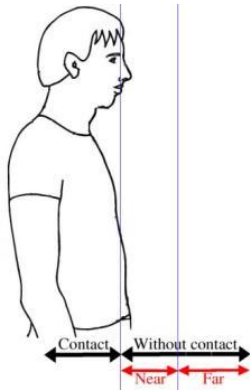


Figure 4: Three positions of the hand relative to the body (horizontal show) [7].

2.3. MOVEMENT











Another very important criterion for the definition of a sign is the movement of the hand. This test is done by fingers and/or hands. Thus, in the signing space, a sign can undergo a simple movement (the hand moves from the right to the left on a horizontal axis) or a complex movement (same movement with the closure of some muscular fingers, wrist rotation ...). In this study, we have focused our work on the movement of the dominant hand for 'signer' when both hands were used (right hand for right-handed people and left hand for left-handed ones).

We worked on 10 hand movements shown in Figure 3, knowing that this part can be improved if required, particularly if the scope of representation is not sufficient. Generally speaking there are two movement families: the movements made by only one hand, the ones made by both hands.

Table 1 puts forward the common movements of a sign in the FSL. There are other movements that we decided not to cover right now because of the visible ambiguity with

other movements, for example the spiral movement with rotation or the movement in "Z" with iteration.

Table 1 : types of movements.

					
One hand	Right	Iteration	Wave	Curve	Circle
Two hands					
	Right	Separation	Union	Square	Circle

3. Framework

The technical part of our work takes into account software qualities factors as regards adaptability, portability and usability. For this purpose, we decided to develop a web platform. The platform represents a website intended for the public and whose interface is accessible from the ergonomic side with an extendable content as one goes along the consultations.

This site allows us to search for Sign Language vocabulary using sign criteria: the hand shape, its position, and its movement.

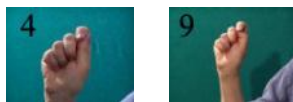
Behind this platform, we designed two databases: the first one comprises the basic elements for a sign description, and the second database will be used to save the users' choice in order to apply the learning algorithms to improve the searching system depending on the use.

4. Search strategy

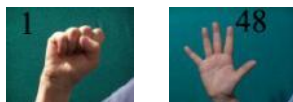
For the time being, our study is based on algorithms of similarities between hand shapes, and also between the positions. To analyze and interpret the distances between hand shapes, we developed a confusion matrix for the shapes.

4.1. SIMILARITY ALGORITHM

We created a confusion matrix for the 59 hand shapes. This one has been realized by the pupils practicing the FSL. We have asked them to apply a scale of 0 to 10, the degree of similarity between the hand shapes (the value 0 means that the hand shapes are similar and the value 10 means that the hand shapes are completely different: Figure 5).



Example of similarity



Example of difference

Figure 5: Examples of similarity between the hand.

We created classes of hand shapes where the distance doesn't exceed « 2 », in average in the confusion matrix (Figure 6).

This classification is based on the confusion matrix that we have made. It consists in an initialization matrix and it will be updated depending on the results obtained during the use of the dictionary and the results' verification.

Our algorithm considers the confusion matrixes so it catches up the possible errors of the user going by the degree of similarity of the hand shapes by weighting of calculations between the distance of the sign's description and the database of the vocabulary.



Figure 6: Examples of a class of hand shape.

Considering that the user can be in a mist also in relation to the positions, we have applied the same strategy for these lasts, going by the base of the interim parts of the positions (for example, between the chest and the stomach).

The user has the possibility to choose to concatenate in order the hand shapes, the positions and the movements. We should notice in addition that the signs are quite well separated in the space of representation but there are some entities of signs which can be quite closed to each others. Their frequency of use is also a criterion to consider. The feedbacks would be fundamental for the system's improvement. The calculation of a measure of similarity is possible if applying:

$$D = \sum P_c(C_{xk}C_{ik})/k_1 + P_e(E_{xk}E_{ik})/k_2 + P_m(M_{xk}M_{ik})/k_3$$

With :

$$k_i \leq 3$$

$C_{xk}C_{ik}$: Distance between the k^{th} hand shape of the searched sign and the k^{th} hand shape of the reference sign.

$E_{xk}E_{ik}$: Distance between the the k^{th} position of the searched sign and the the k^{th} position of the refernce sign.

$M_{xk}M_{ik}$: Distance between the the k^{th} movement of searched sign and the the k^{th} movement of the reference sign.

P_c, P_e, P_m , are coefficients of learning.

The figure 7 shows an example of results of two concatenated hand shapes (C1 + C2). We observe the variety of results comparing to the selected choice. The list is an entity of signs where the similarity becomes a ratio capable to exceed 75%. This value is calculated at the base of degrees of similarity between hand shapes/positions selected by the user and the hand shapes/positions selected in the database.

1	1	annee 95% camion 86% champagne 90% faire 90% nettoyer 78%
1	8	ambulance 75%
2	1	semaine 81%
2	2	li 95% lh 78% lh_duree 95% adresse 86% argent 95%
2	3	petit_pois 90%
3	3	courir 84% deodorant 75% examen 92% marron 75% moto 84% papier 92%
4	2	biere 95%
4	4	a_bientot 87% cuillere 79% cuisiner 87% ecrire 87% en_forme 83% pecher 83%
5	12	metz 76%
6	6	couteau 77% portable_sourds 77%
12	12	quand 75%
14	13	20 77%
40	2	concubinage 80%
40	40	ami 77% orange 77%

Figure 7: Examples of a list of results for the choice of two hand shapes.

We envisage a protocol, based on learning algorithms using the notions of the fuzzy logic [9].

4.2. CLASSIFICATION SYSTEM AND LEARNING

As we have already described it, our goal is to achieve both a robust and flexible system to reduce the scope of results. From this point of view, we would like to add a third criterion defining a sign: the movement of the hand. This last criterion gives the Sign Language a tri-dimensional feature, it is a spatial language.

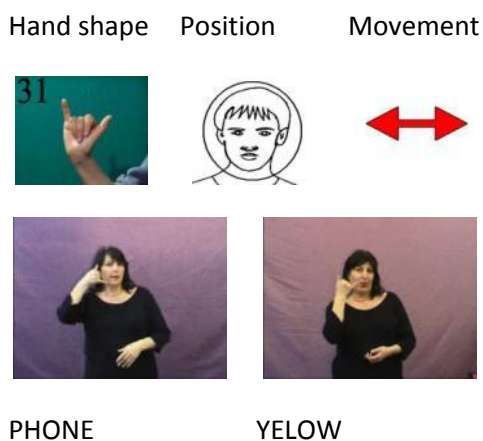


Figure 8: Comparison of two signs that have the same criteria.

The figure 8 show two different signs (for designing the words: PHONE and YELLOW) but which have both almost the same space presentation. The three criterions of sign are the same (hand shape, position and movement). For discerning the two signs we should rely on the fourth criterion which is the orientation of the hand [10]. In the first place, our system shows the entity of results the most similar to the user choice.

We have two types of signs: signs with one hand and signs with two hands. Both types are divided into two branches: one branch consists of the simple signs which do not change the hand shape and the second part contains the signs where there is a change of hand shape. After this step, we will incorporate hand movements that accompany the sign. Figure 9

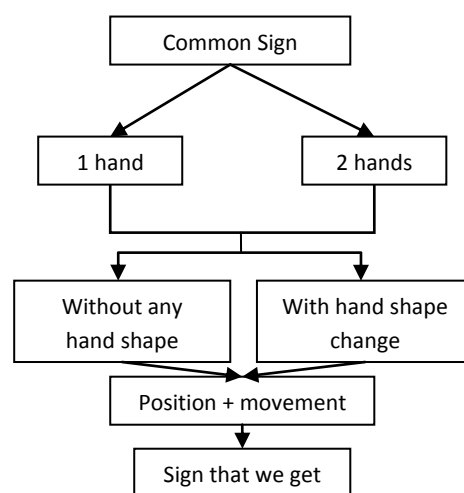


Figure 9: search procedure: hand shape, position and movement.

5. Conclusion and further work

In this paper, we have presented a standard solution of French Sign Language. Initially, we have incorporated an algorithm of static similarity between the signs. In spite of encouraging results for a dictionary containing 300 signs, the representation space is not sufficient for a high increase of the cardinal of the dictionary entity. In this way, we added several other criterions for the calculations of distance as well as system learning the ratio of each criterion.

Finally, the actual process containing 3axes (hand shape, position, movement) could be created in a one self way (or nevertheless) as three chained inferences (typically, woolly inferences) [9].

6. References

- [1] G. AZNAR, "Information d'une forme écrite de la langue des Signes Française", Thesis in university of Toulouse, Toulouse, 20 March 2008.
- [2] F. LEFEBVRE-ALBARET, P. DALLE, "Analyse de vidéos en langue des signes : méthodes et stratégie", ORASIS, Trégastel, 2009.
- [3] I. FUSELLIER-SOUZA, "La création gestuelle des individus sourds isolés. De l'édification conceptuelle et linguistique à la sémiogènes des langues des signes", AILE, n°15.p.61-96. Paris, 2001.
- [4] http://www2.univ-paris8.fr/ingenierie-cognition/master-handi/etudiant/projets/site_lsf/dico_lsf/recherche.php
- [5] C. Cuxac, "La Langue des Signes Française : les Voies de l'Iconicité", Ophrys, Vol. 15-16, Paris, 2000.
- [6] L. BOUTORA, "Vers un inventaire ordonné des configurations manuelles de la Langue des Signes Française", JEP Dinard, June 2006.
- [7] A. Braffort. "Reconnaissance et compréhension de gestes, application à la langue des signes", Thesis in information, University of Paris 11 – Orsay, Paris, 1996
- [8] International Visual Theatre, "La langue des signes 1, 2 et 3", Edition 19
- [9] L.A ZADEH, "The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning", Information Sciences, vol.8 n° 3, pp. 199-249, July 1996
- [10] M. FILHOL, A. BRAFFORT, "Description lexicale des signes, intérêts linguistiques d'un modèle géométrique à dépendances", TAL, vol. 48 n° 2, 2007

Literatura infantil digital: Nuevas narrativas para la inclusión educativa de los alumnos con discapacidad auditiva

María del Carmen Martínez Mobilla

Estudiante del Doctorado en Ciencias de la Información de la Universidad Fernando Pessoa (Portugal)

marmovilla@hotmail.com

Resumen

Esta ponencia presenta la importancia y los desarrollos actuales de un recurso valioso para la inclusión de los niños con discapacidad auditiva como es la narrativa digital para ordenadores y dispositivos lectores, con algunos ejemplos de distintos países, lo que permite mostrar sus ventajas y logros.

Abstract

This paper explains the importance and current developments of a valuable resort for the inclusion of hearing-impaired children: digital narrative for computers and e-readers. Some examples from different countries are exposed to show their advantages and achievements.

1. Introducción

La narrativa es un texto compuesto en un medio escrito, hablado o signado. Es un producto particular del lenguaje que involucra la construcción de capas de información acerca de caracteres, situaciones y lugares diversos. Su evolución a través del tiempo se ha dado en distintos medios: tradición oral, libro impreso, radio, cine, televisión, video... cada uno de los cuales ha desplegado la profundidad y significancia de su propia manera de contar historias, y cada uno es usado de alguna forma en los otros. Ahora esta narrativa toma forma en un ambiente virtual.

A fin de perfeccionar en los niños habilidades de lectoescritura, y aún más, su destreza narrativa, la literatura infantil contemporánea puede ser más fácilmente apprehendida por estos niños de la era del conocimiento a través de Internet y distintas tecnologías multimedia con las cuales cada uno se sienta más comfortable, entre ellos los dispositivos lectores de libros digitales.

Así, la narrativa para niños ayuda a los pequeños lectores a crear imágenes de sí mismos y del mundo que les rodea, a crecer y formar sus identidades, al tiempo que proporciona un espacio para recargar sus energías o simplemente descansar. Esto, claro, implica que los problemas para leer pueden dejar en el individuo huellas de baja autoestima.

La literatura infantil es un medio privilegiado para la inclusión educativa y social de niños con algún tipo de discapacidad, de tal forma se convierte en una herramienta que debe garantizar la equidad, normalización e inclusión educativa del alumnado.

2. El problema

Los niños con discapacidad auditiva se enfrentan a una sociedad conformada en su mayoría por oyentes, por lo cual encaran barreras comunicativas que los excluyen frecuentemente o limitan su acceso a la información y a la comunicación, lo que automáticamente se constituye en un obstáculo para su desarrollo personal y social, ya que el lenguaje no sólo facilita las relaciones interpersonales, sino que también permite la representación simbólica de la realidad y la transmisión del conocimiento, siendo más importantes y notorias estas trabas para los estudiantes con sordera que para los que sólo presentan hipoacusia.

Por ejemplo, un niño con hipoacusia leve (20-40 dB) tendrá sólo pequeñas alteraciones fonéticas, y su lenguaje será raras veces afectado, sólo con dificultades para percibir sonidos o voces con baja intensidad, y acaso

dispersión en su atención; uno con hipoacusia moderada (40-70 dB) tenderá al aislamiento social y presentará dificultades comunicativas y de integración en el grupo de clase, su lenguaje será pobre y su voz nasal; uno con discapacidad auditiva severa (70-90 dB) presentará mayores problemas de aislamiento, notorias alteraciones del lenguaje, graves dificultades en la manejo y comprensión del lenguaje oral y escrito, y sólo percibirá sonidos intensos; pero la sordera profunda (más de 90 dB) implica complicadas consecuencias para el desarrollo cognitivo, socioafectivo y de la personalidad del alumno, le imposibilita comunicarse con otros, lo cual deriva en una falta de motivación para el aprendizaje y de aceptación de todo tipo de normas, torpeza en la realización de tareas de abstracción o razonamiento, escasa o ninguna estructuración del pensamiento y el lenguaje, por lo cual su comprensión lectora se complica mucho más.

Algunos estudios indican que un gran nivel de niños sordos no llega a la competencia lectora, y el 80% de los adolescentes sordos son analfabetos[1], cifra que debemos enfrentar con alternativas educativas que ayuden a cerrar esta brecha y que en la economía del conocimiento se perfeccionan a gran velocidad, cada vez con menores precios, concurriendo a nuestro favor.

3. Narrativa infantil con lengua de señas y desarrollo bilingüe

A partir de los planteamientos de Rathmann, Mann & Morgan[2], deducimos que uno de los medios para desarrollar las habilidades de lectoescritura en los niños con discapacidad auditiva es la narrativa, y cuanto antes el alumno participe en el proceso serán mejores los resultados, de manera que pueda crearse en él un alto nivel de bilingüismo (lengua de señas y lengua hablada/escrita) a la vez que convertirlo en hábil lector y escritor.

La narrativa es una gran herramienta para el desarrollo del lenguaje oral en los niños con discapacidad auditiva, para lo cual debe involucrar en su desarrollo y lectura algunas actividades como: repetición de sonidos, sílabas y palabras, integración de los fonemas en su lenguaje, desarrollo del vocabulario con objetos o situaciones cotidianas, utilización de secuencias temporales, cuentos y juegos imaginarios, claves visuales que den información sobre los aspectos morfosintácticos de palabras y frases, fotos, láminas o dramatizaciones con historietas que desarrollen situaciones diferentes, diálogos de la vida cotidiana, y en condición invaluable, la introducción al lenguaje de señas.

La narrativa en lenguaje de señas facilita el alfabetismo del niño sordo o con dificultades auditivas, a la vez que desarrolla su conciencia metalingüística y destrezas lectoescritoras. Su producción envuelve básicamente tres dominios cognitivos citados por Rathmann et al. [3]: el uso de dispositivos lingüísticos empleados dentro y a través de oraciones y

capítulos que incluyen episodios y escenas[4]; las habilidades pragmáticas son básicas en la producción y comprensión de la narrativa, incluyendo la conciencia de que deben cubrirse las necesidades de información del destinatario[5], y las habilidades cognitivas de dominio general como la memoria activa y el procesamiento de grandes cantidades de información[6]. Los niños sordos formados con un nivel de bilingüismo de señas y escrito a través de la narrativa acrecientan su habilidad para manejar distintos puntos de vista a la vez que desarrollan sus habilidades de lectoescritura.

No en vano ha sido sugerido por muchos investigadores que existe una correlación entre el desarrollo fluido de las competencias lingüísticas en lengua de señas y la comprensión de lectura[7]. Strong & Prinz[8], por ejemplo, encontraron que los niños sordos con madres sordas despliegan mejores habilidades de lectura que los niños sordos con padres oyentes que no dominan el lenguaje de señas. Esto debido a que como se explica en el modelo Bialystok & Ryan[9], la conciencia metalingüística (o el conocimiento formal de los distintos aspectos de una lengua) se convierte en un elemento imprescindible para el desarrollo de una segunda lengua (como es el caso de los niños sordos en su aprendizaje del lenguaje de señas y el escrito).

4. Narrativa digital como herramienta para la inclusión

La población discapacitada halla una luz en este siglo XXI con muchas novedades que permiten elaborar las historias para niños. Así, por ejemplo, los videojuegos de rol usan nuevas estructuras de narrativa, cuentan diferentes historias de amor, aventuras, guerra, etc., convirtiéndose en textos fantásticos que presentan sus relatos en forma diferente a como lo hacen los libros y filmes; y a su vez los lectores electrónicos cuentan con aplicaciones y herramientas que permiten a aquellos con limitaciones en el proceso de aprendizaje o que simplemente no pueden leer bien, obtener grandes beneficios.

La innovación que involucran los videojuegos y nuevos dispositivos electrónicos para narrar hace que las generaciones de nacidos digitales tengan una comprensión diferente a la nuestra de lo que es el aprendizaje, la lectura, la autoría de la obra, y por supuesto, de su forma y contenido. Estas recientes estrategias narrativas comprendidas en los videojuegos, ordenadores y nuevos dispositivos electrónicos con adaptaciones multimedia son, entre otros:

El iPad, un aparato requerido por muchos como juguete novedoso, se convierte en un aparato funcional para muchas personas con discapacidad. Los estudiantes con dificultades de aprendizaje pueden aumentar sus habilidades comunicativas, a la vez que aprenden a adaptarse a distintas situaciones y fortalecen sus destrezas sociales.

El iPod touch y el iPhone, artefactos poderosos para distribuir las lecciones y acceder a aplicaciones muy útiles creadas especialmente para estudiantes discapacitados. Hacen accesible la navegación, y en el caso de nuestro estudio, Mac ha diseñado para los niños sordos y con algún grado de impedimento auditivo, efectivas herramientas en el ámbito de la subtitulación y del uso de la comunicación en Internet basada en el lenguaje de signos. Estos dos dispositivos permiten a los estudiantes activar fácilmente Mono Audio y acceder a útiles aplicaciones diseñadas especialmente para elevar estos equipos a un nivel accesible para los discapacitados auditivos.

Asimismo existen algunos lectores electrónicos diseñados especialmente para los pequeños, como: V-reader y Fisher-Price iXL 6-in-1.

La literatura digital es, pues, una alternativa óptima ante los videojuegos y películas. Debido a lo intuitivas que son las pantallas multitáctiles de los dispositivos lectores, y a que los niños desde muy corta edad aprenden a manejarlos y se divierten con ellos, se convierten en una gran posibilidad para poner al alcance de los pequeños lectores algo más que videojuegos: libros infantiles con una disponibilidad móvil.

La narrativa digital consiste en crear historias mediante la combinación de imágenes, video, música, texto y voz en formatos digitales. Algunos investigadores han explicado que los niños suelen sentirse más comprometidos con el proceso narrativo cuando las historias se presentan mediante el uso de las nuevas tecnologías, ya que de esta forma experimentan otros beneficios: incremento en sus habilidades de producción, dinámicas de

grupo y comunicación, construcción de su autoestima con nuevas habilidades de aprendizaje.

Al ser divertidas, estas narrativas aumentan la motivación del alumno y su compromiso con el proceso, pues el niño “desea estar allí” [10]. Para alcanzar este objetivo se hace necesaria una correcta mezcla entre reto e interactividad: facilitar al lector su participación en el proceso narrativo es un factor que realza su interés.

La interactividad, pues, juega un papel muy importante al convertir la narrativa digital en un proceso que compromete y divierte a los niños, ya que los involucra en distintas actividades táctiles, físicas, cognitivas: saltar, tocar, pasar la página, echar un vistazo a través de las distintas historias, decidir el siguiente capítulo a leer, de tal manera que el niño tiene la oportunidad de jugar y aprender al tiempo, hacer que sucedan cosas, etc. Aunque la interactividad en muchos libros-e no afecta el desarrollo del relato, es un hecho que en nuestros días la narrativa digital se mueve rápidamente hacia esa interactividad que permite al lector hacer cambios en la narración, como lo han ofrecido desde los 90s algunos websites (kidnews de National Geographic y kidsonthenet, por ejemplo, donde los niños pueden redactar y colocar sus propios cuentos). En estas páginas los pequeños despliegan habilidades para escribir en ambientes virtuales.

La narrativa digital es cada vez más inclusiva y permite que niños sordos y oyentes puedan participar en la misma clase, sólo con el uso de las nuevas tecnologías. Mediante sus combinaciones de texto, animación, subtítulos, lenguaje de señas, audio, etc., es mejorado el alfabetismo de los alumnos y se

facilita su inclusión social, ya que los libros-e están disponibles para dispositivos lectores y educandos con diferentes necesidades.

Un elemento muy importante en la narrativa digital para niños con discapacidad auditiva es el uso de subtítulos. Estos aumentan la retención en la memoria y la comprensión, son quizá de mayor ayuda en este caso que el lenguaje de señas, pues este último tiene cerca de 50 variantes, y distintos dialectos aún en las mismas ciudades.

Algunas iniciativas y proyectos que se vienen realizando a este respecto son:

- Animacuentos (España)

Colección de cuentos infantiles editados por Ondaeduca, que comprende cuatro cuentos infantiles de diferente complejidad, presentados en versión multimedia y en versión impresa a color. Se dirige a fomentar la motivación por la lectura y el desarrollo lingüístico en los niños sordos y con problemas de comprensión y expresión a nivel tanto a nivel oral como escrito.

Comprende también un conjunto de actividades que permiten la explotación de cada cuento con los niños. Aunque su público objetivo son niños que inician su proceso lector, las utilidades que ofrece el formato multimedia en que se presentan hace estos cuentos muy motivadores para niños más pequeños.

El resultado es un material más actualizado, motivador, integrador y que fomenta la accesibilidad a la información por parte de alumnos con diferentes características y

necesidades. Algunos de los apoyos que nos ofrece Animacuentos y que facilitan la comprensión del contenido son: texto, lectura bucofacial, lengua de signos, ilustraciones, animaciones y pictogramas.

- Lengua de signos, lengua de libros (España)

Campaña llevada a cabo en España por la Fundación CNSE apoyada por el Ministerio de Cultura. Consiste en el fomento de la lectura en los discapacitados auditivos a través de la lengua de signos.

Así, a través de la narración en lengua de signos española, han publicado historias como *Las Aventuras de Don Quijote: acercando el Quijote a la infancia sorda*, *Las aventuras de Pippi Calzaslargas* y *Pepe cuenta cuentos* y otros cuentos.

El primero de estos libros, *Las Aventuras de Don Quijote: acercando el Quijote a la infancia sorda*, contiene un DVD en el que se narra la historia del hidalgo adaptada a dos niveles de edad diferentes, de 3 a 6 y de 6 a 8 años, e incluye distintas actividades que pueden realizarse con ayuda del libro. El último, *Pepe cuenta cuentos y otros cuentos*, consta de un libro de cuentos en lengua de signos española y un DVD interactivo con juegos y actividades, desarrollando en los pequeños valores como la convivencia, la solidaridad y el respeto. Se ofrece en lengua española, con subtítulos y con voz en off.

- Cuentos a mano (Argentina)

Este videolibro realizado por Gabriela Bianco y Cristina Banfi incluye cinco cuentos tradicionales, folclóricos y modernos, y una canción en lengua de señas argentina, así como también un libro de actividades para el aula y el hogar.

Cabe resaltar la participación de narradores oyentes y sordos guiados por Gabriela Bianco para hacer cada una de las lecturas. De esta manera se promueve el acercamiento de la población sorda a la literatura, animándolos a leer.

- iStoryTime (United States)

iStoryTime es un editor de libros electrónicos para niños, disponibles para iPad, iPhone o Android.

Son libros infantiles muy accesibles, amigables y entretenidos.

Las páginas pueden volverse manualmente o automáticamente, depende de la elección del usuario y/o su edad. Muchas de las historias están disponibles en varios idiomas, y tienen opciones para ser leídas con voz de adulto, con voz de niños o simplemente para ser observadas en silencio o leídas por el niño usuario o sus padres.

Algunas permiten crear escenas, o añaden bromas y otras actividades que las hacen más divertidas. Las ilustraciones son perfectas para niños en edad preescolar y el texto se presenta en pantalla, por lo cual desarrolla en los niños habilidades de lectura. Su

navegación y narración automática las hacen fáciles de leer.

Recientemente ha comenzado a publicar libros para niños sordos, con *Danny the Dragon: Meets Jimmy*, el cual incluye la narración con lenguaje de señas.

1.1. Aurnyn Inc.

Aurnyn es un editor digital de libros infantiles interactivos para iPad y otros dispositivos. A través de su aplicación Aurnyn Ink permite a ilustradores y autores convertir sus historias en relatos que contribuyen al aprendizaje infantil con experiencias novedosas, animadas e interactivas.

Ayuda a simular verdaderas obras de arte en acuarela, de forma intuitiva y fácil, con el simple toque de un dedo o pincel suministrando al artista lo que necesite para crear, exportar y compartir sus trabajos: opciones para escoger papel o lienzo, tamaño del pincel, efectos y presión del brochazo, mezcla de pigmentos, secado “al aire” o instantáneo, control de los niveles de agua y pintura, etc.

Aunque aún no incluye el lenguaje de lenguas en sus aplicaciones, es un proyecto al que vale la pena dirigir nuestra atención.

- Speaker Hands (Chile)

En Chile, Brainstorm SW lanzó Speaker Hands, una aplicación desarrollada por alumnos de la Universidad Técnica Federico Santa María, la cual reproduce en lengua de señas chilena versiones de cuentos, historias y leyendas narradas por un avatar o un humano (el que el lector escoja), mediante una interfaz muy intuitiva. También presenta el relato con

subtítulos, y enseña el significado de las palabras más difíciles o menos conocidas.

1.2. Signed Stories (United Kingdom)

Con el apoyo de editores ingleses, algunas instituciones públicas y privadas, celebridades y otras personas, surge este proyecto (website) en el que hallamos libros contemporáneos para niños de todas las edades, diseñados en formato digital que incluye texto, audio, lenguaje de señas y animación, accesibles en forma gratuita.

Permite desarrollar habilidades de lectoescritura en los niños con discapacidad auditiva, bien sea por medio del lenguaje de señas o el hablado, o ambos.

Encontramos aquí libros de distintas colecciones: “Adventure”, “Baby and Toddler”, “Fairytale and Folktales”, “Families & Friendships”, “Funny”, “Open House” y “Slimy Scary”.

Los editores que lo respaldan son: Andersen Press, Bloomsbury Publishing, Child’s Play, Egmont, Frances Lincoln, Hachette, Macmillan, Off We Go, Orion, Puffin, Random House, Scholastic, Seven Stories, Special Stories y Walker.

5. Conclusiones

Las aplicaciones de media para los discapacitados auditivos apenas están despegando.

En sus procesos y preparación deben distinguirse bien los contenidos curriculares a integrar mediante la literatura, para alcanzar el desarrollo de las habilidades orales y lectoescritoras en los niños con discapacidad auditiva, proporcionándoles otras vías de comprensión además de la auditiva, tales como: la lectura de labios, el lenguaje de gestos, el subtítulo, el uso de mapas conceptuales, etc.

El éxito en el alfabetismo de los niños más pequeños, es decir, su destreza lectora, debe medirse por su habilidad para escribir las letras, palabras y oraciones, pues a través de ella desarrolla nuevos conceptos y adquiere conocimiento. Debido a que los niños sordos no escuchan las palabras, la lectura se convierte en una herramienta esencial para aumentar su vocabulario y su dominio del lenguaje.

Es un compromiso de todos, involucrados en este caso los editores, ofrecer a los niños con discapacidad (y en general a todos los individuos) la posibilidad de acceder a sus productos en formatos que propendan por su inclusión social, haciendo cierta esta posibilidad en nuestros días particularmente a través de los medios digitales ofrecidos para su lectura en pantalla de ordenador o en dispositivo lector.

10. Referencias

- [1] Martínez de Antoñana Ugarte, Rosa & Augusto Landa, José María. "La lectura en los niños sordos: El papel de la codificación fonológica", *Revista Anales de Psicología*, vol. 18, nº 1, 2002.
- [2] Rathmann, Christian; Mann, Wolfgang & Morgan, Gary, "Narrative Structure and Narrative Development in Deaf Children". En: *Deafness and Education International*, No. 9, vol. 4, 2007.
- [3] Ídem.
- [4] McCabe, A., & Peterson, C., "What makes a narrative memorable?". En: *Applied Psycholinguistics*, No. 11, vol. 1, 1990.
- [5] Hudson, Judith A. & Lauren R. Shapiro, "From knowing to reliving the development of children's scripts, stories and personal narratives", Allyssa McCabe y Carole Peterson (eds.), *Developing Narrative Structure*, Lawrence Erlbaum, Hillsdale, 1997.
- [6] Eisenberg, AR., "Learning to describe past experiences in conversation", *Discourse Processes*, No. 8, 1985.
- [7] Hoffmeister R., "A Piece of the Puzzle: ASL and Reading Comprehension in Deaf Children", Chamberlain C, Morford J, and Mayberry R (eds.), *Language Acquisition by Eye*, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2000.
- [8] Strong, M., & Prinz, P., "A Study of the Relationship between American Sign Language and English Literacy", *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, No. 2, vol. 1, 1997.
- [9] Bialystock, Ellen & Ryan, Ellen, "A metacognitive framework for the development of first and second language skills", Forrest Pressley, D.L.; McKinnon, G.E. & Gary Waller, T. (eds.), *Metacognition, Cognition, and Human Performance*, Academic Press, Orlando, 1985.
- [10] Karimi, A. & Lim, Y.P., "Children engagement and enjoyment in digital narrative", C.H. Steel, M.J. Keppell, P. Gerbic & S. Housego (eds.), *Curriculum, technology & transformation for an unknown future*, Proceedings ascilite Sydney, 2010. Consultado online: <http://ascilite.org.au/conferences/sydney10/procs/crispfull.pdf>, marzo 2011.

Aplicación de teoría de la información para el modelado y cuantificación de la interacción persona-robot

Alberto Jardón, Martin F. Stoelen, Virginia Fernández, Juan G. Victores,
Santiago Martínez de la Casa, Carlos Balaguer, Fabio Bonsignorio
RoboticsLab
Universidad Carlos III de
Madrid (UC3M), Spain
ajardon@ing.uc3m.es

Resumen

La interacción humano-robot (HRI) en robótica asistencial tiene un varias características importantes que la distingue de otras formas de interacción. Esto incluye la necesidad de gran flexibilidad, seguridad y confianza en el control del sistema robótico. Interpretar el sistema como un binomio humano-robot, con el usuario y el robot actuando dentro de un bucle de control cerrado, puede ser beneficioso para comprender y mejorar la interacción. Este documento investiga la viabilidad del modelado y la cuantificación de HRI en robótica asistencial teniendo en cuenta este binomio y aplicando conceptos de la teoría de la información (IT), así como la implementación de un entorno virtual que permita la validación experimental de las posibles mejoras.

Abstract

Human-Robot Interaction (HRI), in assistive robotics, has several important features that distinguishes it from other forms of interaction. Some of them are the need for great flexibility, security and confidence in the control of the robotic system. The binomial human-robot concept, with the user and the robot acting within a closed control loop, can be valuable in order to interaction understanding and improvement. This document investigates the feasibility of modeling and quantification of HRI in assistive robotics, taking into account this binomial and applying concepts of the theory of information (IT), as well as the implementation of a virtual environment that will enable the experimental validation of possible improvements.

1. Introducción

Los robots asistenciales se están desarrollando actualmente como apoyo a discapacitados y personas mayores dentro de sus hogares y en otros entornos cotidianos. Un ejemplo de este tipo es el robot escalador asistencial ASIBOT, desarrollado en la Universidad Carlos III de Madrid [1]. La interacción humano-robot en robótica asistencial tiene un buen número de características importantes. La primera de todas es la diversidad de los potenciales usuarios, con diferentes tipos y grados de discapacidad, tanto física como mental. Un impacto potencial de la robótica asistencial es aumentar el nivel de independencia de estos usuarios. En segundo lugar, la seguridad es una característica de gran importancia. Los robots de asistencia normalmente requieren su operación cerca del usuario, realizando tareas en entornos no estructurados del mundo real (por ejemplo, entornos domésticos). La calificación del fallo (coste) en la realización de una tarea determinada oscila entre insatisfacción del usuario, pasando por daños a la propiedad, hasta lesiones del propio usuario. De aquí surge la importancia de incluir el usuario dentro del bucle de control. Finalmente, los usuarios de robótica asistencial normalmente viven y dependen de sus robots. Si bien la interacción debería ser "natural", especialmente para los usuarios no expertos, la eficacia en la realización de tareas probablemente será cada vez mayor cuanto más esté el usuario familiarizado con el robot.



Figure 1: Escenas de operación de ASIBOT en entornos domésticos.

2. Modelando la interacción humano-robot en robótica asistencial

Dadas las características del HRI en robótica asistencial, proporcionar a los usuarios métodos eficaces de utilizar estos robots en su vida cotidiana es un verdadero desafío. Un interesante punto de vista es considerar al sistema completo como un binomio humano-robot. Este binomio incluye al usuario y al robot actuando dentro de un bucle cerrado. En este sistema, ambos agentes deben ser potencialmente capaces de adaptarse el uno al otro.

Para comprender un sistema tan complejo el desarrollo de un modelo sería beneficioso. La Teoría de la Información ha sido sugerida recientemente como una herramienta prometedora para analizar y mejorar HRI [2]. Touchette y Lloyd [3] representan un sistema de control como un grafo acíclico dirigido de variables aleatorias y lo analizan utilizando conceptos de dicha teoría. Este concepto se ha extendido posteriormente a sistemas hombre-máquina generales [4]. Basada en este trabajo, se han definido el modelo para robótica asistencial [5], que se muestra en la figura 2.

Figure 2: Grafo acíclico directo que representa el binomio robot-humano dentro de un bucle de control cerrado en HRI [5].

Para cada paso de tiempo k , el sistema tiene una variable aleatoria que representa el estado actual X_k , con valores $x_k \in \mathcal{X}_k$ y un estado futuro X_{k+1} . La variable aleatoria que representa al usuario, H_k (el humano), depende del estado actual. Por lo tanto, el usuario es capaz de observar el robot en el entorno de trabajo directamente. Al mismo tiempo el robot, R_k , utiliza sus sensores, S_k , para obtener una idea sobre el estado actual del sistema. El usuario actúa sobre el dispositivo de entrada i de los n -dispositivos disponibles, donde la variable aleatoria D_{ik} depende de la intención del usuario y un ruido aleatorio Z_{ik} . Sin embargo, el usuario actúa también sobre la base j de las m -modalidades posibles de retroalimentación del robot, donde la variable aleatoria F_{jk} depende, probabilísticamente hablando, del conocimiento del robot sobre el estado del sistema y del ruido V_{jk} . Para las modalidades de entrada y de retroalimentación, el ruido es modelado explícitamente para representar la parte de la interacción que no depende estadísticamente del mensaje del agente actuando como origen del control. Finalmente, el robot actúa basándose en la entrada con ruido proporcionada por el usuario y la información de sus propios sensores para generar el estado siguiente X_{k+1} .

El estado del sistema supuesto incluye el robot físico, el usuario humano y los objetos físicos u obstáculos relevantes para la tarea. La variable aleatoria que representa la sensorización del robot, S_k , representa la interpretación del robot del estado observado. El actuador robótico, A_k , representa la interpretación del robot de la acción que se debe ejecutar, basándose en el estado observado y la entrada del usuario.

El objetivo final es investigar si ASIBOT, y otros robots asistenciales similares, pueden ser mejorados teniendo en cuenta las necesidades de los usuarios reales. Uno de los resultados más significativos es que la teoría de la información [6] puede ser aplicable a facilitar la adaptación cognitiva entre el robot y el usuario. Más específicamente, es posible obtener un modelo del sistema en bucle-cerrado, que puede dar una idea de cómo es posible mejorar la interacción hombre-máquina. Por ejemplo aumentando la multimodalidad y redundancia del HMI. También es posible definir métricas para cuantificar el rendimiento; estas métricas también tienen potencial para motivar la adaptación mutua entre el usuario y el robot asistencial. Las métricas han sido utilizadas en pruebas de seguimiento de 1D con usuarios sin discapacidades [4]. Este trabajo está en línea con los objetivos iniciales de tener un interfaz que pueda ajustarse al usuario y aumentar el flujo de información entre los usuarios y los robots asistenciales.

3. Medición del comportamiento HR

Dado el modelo de la figura 2, las probabilidades condicionadas que representan las correlaciones de las diferentes variables aleatorias pueden ser definidas, por ejemplo $p(s_k | x_k)$. Estas correlaciones pueden considerarse como canales de comunicación con ruido entre las variables aleatorias. La información en una correlación puede ser representada formalmente por la información mutua entre las variables aleatorias. Por ejemplo $I(S_k; X_k)$ representa la información de la correlación entre la interpretación del robot del estado y el verdadero estado. En [3], esto se definió como el canal del sensor, con un canal de actuación complementario. También hay equivalencias en los canales "Entorno a Robot" y "Robot a Entorno", identificados en [2]. Un tercer canal, el canal "Humano a Robot" (o "Humano-Máquina") es especialmente importante en interacción dentro de la robótica asistencial. El ruido en este canal, diseñado explícitamente como Z_{ik} , puede verse aquí como la discapacidad física del usuario, limitando la capacidad del canal. La capacidad de transmitir los comandos previstos de las tareas sobre dispositivos de entrada redundantes puede ayudar a reducir los errores. La cantidad de coordinación entre dos modalidades s y t , puede cuantificarse como $I(D_{sk}; D_{tk})$ [4]. Al mismo tiempo, la cantidad de información (comandos) para transmitir a través del canal puede ser reducida dotando al robot de un mayor grado de autonomía. Sin embargo, esto debe ser equilibrado con el rendimiento del sistema en tareas relevantes. Un usuario puede preferir mantener un alto grado de control si se

incrementa el tiempo para completar la tarea, o la frecuencia y/o gravedad de errores con el incremento autonomía del robot. La "dificultad" de una tarea y el número de errores permitidos es tema de interés. Para casos de movimientos 1D, 2D y en algunos 3D, existen modelos que proporcionan una medida del índice de dificultad (ID) de una tarea dada una tasa de error (por ejemplo, la ley de Fitts). Esto permite algún grado de generalización sobre los resultados de tareas similares y un marco para la realización de experimentos "serios". El cuarto canal incluido en el modelo es el "Robot a Humano", también en [2]. Sin embargo, una distinción importante en el modelo descrito aquí es que el usuario también tiene su propia interpretación del estado del sistema, a través de la observación del robot. De esta forma, se incluye un quinto canal "Entorno a Humano", representado por $I(H_k; X_k)$.

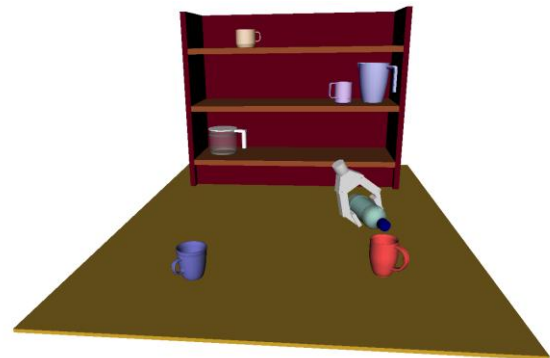


Figure 3: Ejemplo de entorno virtual simplificado para experimentación y evaluación de esquemas de HRI para robots asistenciales.

3.1. SOBRE LA CUANTIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN RELEVANTE

Pero, ¿cómo pueden ser estas correlaciones medidas y cuantificadas? Un método para calcular la información mutua entre dos variables aleatorias es, simplemente, medir las frecuencias de los eventos que se producen y utilizarlos como base para estimar las probabilidades necesarias. Esto requiere una cantidad considerable de datos y un diseño adecuado del experimento. Un ejemplo es el seguimiento 1D de tareas en [4], midiendo el rendimiento utilizando información mutua del cursor y del destino, ya sea en un intervalo de tiempo del movimiento del cursor ($I(X_k; X_{k+1})$) o utilizando "información predictiva" del siguiente paso. Sin embargo, se necesitan tareas más complejas para abordar de forma real el control de un robot asistencial. En la figura 3, el experimento incluye obstáculos y objetos de interés, pero sólo un sencillo efector final que representa el robot de asistencia. De esta manera, puede ser evaluado el efecto de alterar el HRI reduciendo factores que son difíciles de controlar en un experimento. Por ejemplo oclusiones visuales causadas por la estructura del robot, así como las colisiones entre el entorno y una parte no visible del robot. La posibilidad de cuantificar la "dificultad" y el rendimiento del binomio humano-robot en dichas tareas debería ayudar a la mejora de la interacción en robótica asistencial. Este es uno de los objetivos principales del trabajo presentado en esta publicación.

4. Metodología aplicada

Parte de la metodología utilizada ha tenido una fundamentación y desarrollo teórico. Esto ha incluido la aplicación de la teoría de información combinada con modelos simples de grafos acíclicos dirigidos al sistema, en base a trabajos que han aplicado estos conceptos a sistemas de control, presentados por Touchette y Lloyd, [3]. El método puede ayudar a entender y cuantificar el sistema completo del conjunto usuario y robot asistencial, operando en un bucle cerrado. Se han identificado métricas estadísticas, por ejemplo "predictive information" [7], que pueden dar información sobre el rendimiento del sistema, con y posiblemente, sin información sobre la tarea que el usuario desea hacer. El uso potencial de teoría de información en hacer análisis de interacción hombre-robot en general ya ha sido identificado anteriormente [2].

Por otra parte la metodología se complementa con el desarrollo de software y hardware orientados a mejorar las capacidades del robot [8]. Por ejemplo, en [10] la integración de sistema de visión mediante cámaras IP o en [9] la revisión del diseño del manipulador asistencial óptimo desde un punto de vista cinemático para un entorno doméstico complejo como puede ser una cocina es fundamental para optimizar las posibilidades de actuación del robot sobre el entorno. Otro ejemplo, de mejora en ámbito de interfaces HW ha sido la implementación de una interfaz cerebro-ordenador para ASIBOT. Se ha implementado una versión simple de un

interfaz cerebro-ordenador, en base a los ritmos sensorimotor, de frecuencia 8-30 Hz (μ /beta). El interfaz ha sido desarrollado en base a BCI2000, pero con una conexión al mismo entorno simulado para ASIBOT implementado en OpenRave. Se han realizado pruebas de seguimiento en 1D con este interfaz para verificar la eficacia de este dispositivo de entrada. Los resultados indican que es posible controlar 1 grado de libertad, pero con muy baja exactitud [11]. ASIBOT también tiene la posibilidad de ser controlado por joystick de 6 grados de libertad (SpaceNavigator) y sensores de inclinación (por ejemplo sensores de Nintendo Wii-mote) [12], sobre los cuales se están implementando esquemas de control accesibles e intuitivos.

Otro ejemplo es el desarrollo de la arquitectura para hacer experimentos controlados enfocados en robótica asistencial (con otra estudiante PFC), así como la implementación de módulos iniciales para explorar control compartido y mejoras al control de la sistema. Finalmente, la metodología ha incluido experimentos con usuarios sin discapacidades. Estas pruebas se han centrado en dos aspectos: investigar la aplicación de nuevas métricas de rendimiento para sistemas como robots asistenciales, y cuantificar el rendimiento de la interfaz cerebro-ordenador.

5. Entorno virtual de experimentación

Uno de los objetivos de la línea de investigación iniciada por el grupo investigador [13] es implementar funcionalidades de hardware y software que aumenten la seguridad en el uso del sistema. En esta dirección, se han realizado pruebas iniciales para avanzar en el conocimiento de cómo integrar información del entorno para mejorar la interpretación de la intención del usuario. Por ejemplo, utilizando sensores que miden distancia, localizados en la mano del robot. Para medir el impacto de este tipo de control compartido y otros cambios en el sistema, se está desarrollando una arquitectura de software para hacer pruebas. Esta arquitectura incluye todos los componentes necesarios para manejar experimentos controlados como la ley de Fitts' [14]. En la figura 3, se muestra una captura, a modo de ejemplo, del entorno virtual que ha sido desarrollado en base a OpenRAVE, para entre otros objetivos, controlar la información que se realimenta (feedback) al usuario.

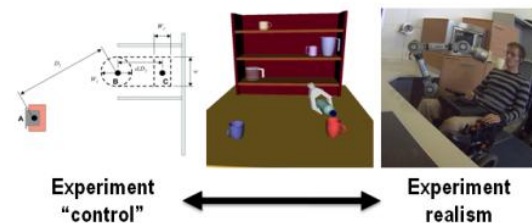


Figure 4: Aproximaciones sucesivas para el diseño de entornos virtuales de experimentación para evaluación de robots asistenciales.

La arquitectura software de los experimentos se compone básicamente de cinco módulos interconectados, en tiempo real, entre sí: spacenavigator, experiment manager, trajectory player, uci proximity y openrave driver.

El módulo “spacenavigator” se identifica con el dispositivo electrónico de entrada y se corresponde con un ratón 3D que permite a los usuarios realizar movimientos precisos de posicionamiento y orientación en el espacio. Dicho módulo se comunica unidireccionalmente con el administrador de experimentos mediante dos puertos de salida, los cuales transfieren las velocidades transmitidas por los sujetos y envían los eventos producidos cuando se presionan los botones por parte de los usuarios.

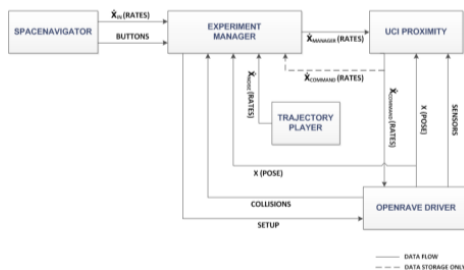


Figure 5: Arquitectura software implementada.

El módulo denominado “experiment manager” tiene como finalidad principal la gestión de las variables establecidas para la correcta evaluación del rendimiento de los ensayos. Las variables de estudio seleccionadas interactúan con los diferentes módulos que constituyen la arquitectura y determinan el funcionamiento global de todos

los procesos involucrados en la ejecución del experimento. No obstante, también presenta como cometido el almacenamiento de la métrica necesaria para representar las trayectorias realizadas por cada sujeto y su posterior análisis.

Para distorsionar las medidas de velocidad introducidas por los usuarios y provocar una componente no intencional en sus movimientos se ha incorporado el módulo nombrado como “trajectory player”. Este módulo envía una trayectoria previamente guardada en un fichero al “experiment_manager”. La trayectoria normalmente contiene ruido Gaussiano, filtrado con un filtro paso bajo de 2 Hz. Este ruido se mezcla con las medidas de velocidad introducidas por los usuarios en el “experiment_manager”, que también permite la introducción de diferentes pesos del ruido para cada una de las distintas sesiones que se pretendan acometer. El módulo que implementa el control compartido, denotado “uci proximity”, ejerce un control sobre la velocidad, cuando existe un riesgo evidente de colisión, con el objetivo de mejorar el rendimiento de los usuarios. Su funcionamiento se basa en la implementación virtual de un sensor de distancias que suministra el rango de medidas más próximo a un posible obstáculo. Se obtiene la proyección del vector de datos en relación con velocidad de la mano robótica y se ralentiza dicha velocidad en función de un tiempo de colisión preestablecido.

El módulo “openrave driver” se identifica propiamente con el simulador dentro de la arquitectura de experimentos. Integra como

entorno de experimento el mobiliario correspondiente a una cocina y un objetivo que ocupa, para cada ensayo, distintas posiciones con diferente grado de complejidad. El propósito fundamental del experimento consiste en el posicionamiento de una lata de refresco, sostenida por una mano robótica, en el interior del objetivo, representado por una lata de mayores dimensiones. Se pretende que cada tarea se realice en el menor tiempo posible evitando cualquier tipo de colisión con el entorno. Para la consecución de dicho fin se envía asiduamente las medidas correspondientes con los valores de posición y orientación de la lata, datos adquiridos por sensores y colisiones detectadas con el entorno. Asimismo, se le proporcionan a la mano robótica tanto las velocidades de desplazamiento como los datos de su posición primigenia para cada ensayo.

Esta arquitectura ha sido implementada de forma que es relativamente sencillo ajustar la configuración del experimento y el ejercicio a ensayar, para poder variar el nivel de control según las necesidades, tendiendo a simular situaciones cada vez más complejas a medida que al desplazarse a la derecha, según el esquema presentado en la figura 4, se gana realismo a consta de perder control sobre el experimento.

6. Trabajos futuros

Gracias a este entorno virtual, se facilita la experimentación previa al uso del sistema real. En este sentido se continuará con el

trabajo sobre control compartido; utilizando sensores específicos para implementar estrategias de “collision avoidance” en 3D aplicables en tiempo real. Dentro de esta tarea, cabe resaltar la importancia de identificar el mejor tipo de sensor y cómo usar la información obtenida del mismo para discernir entre contactos voluntarios y colisiones. Los sensores pueden ir montados en el robot o en el entorno. Se pretende mejorar la interpretación de la intención del usuario, implementando esquemas similares al control compartido para sillas de ruedas ya utilizados con éxito, por ejemplo [15]. También se va a seguir desarrollando la arquitectura de experimentos mencionada previamente. Esta va a ser utilizada para hacer experimentos que pueden dar respuestas cuantitativas sobre el cambio de rendimiento cuando se introducen cambios en el sistema. El desarrollo también va a incluir módulos para interpretar múltiples interfaces a la vez. Esto puede contribuir a entender el mejor uso de multimodalidad y redundancia [16].

Otra parte de la investigación se va a centrar en el rol de los experimentos en el desarrollo de robots asistenciales. Así como una comparación de ventajas e inconvenientes entre experimentos controlados, típico en psicología experimental y que normalmente usan tareas simples, y los experimentos con condiciones más realistas. Por ejemplo, pruebas con un sistema robótico completo en tareas típicas diarias. Esto incluye el uso de usuarios con discapacidades reales en las pruebas [17]. También si es posible extender las métricas identificadas (como “predictive information”) a tareas más generales y más parecidas a la situación diaria para usuarios con discapacidades.

Finalmente, se ha constatado la necesidad de realizar experimentos extensivos, utilizando el conocimiento generado en las tareas descritas anteriormente. El objetivo es utilizar estos experimentos para cuantificar el rendimiento del sistema con los avances desarrollados previamente en interfaces, control compartido y autonomía. Esperamos que el esfuerzo previsto en cuantificar los cambios en el rendimiento, sea útil al desarrollo de tecnologías asistenciales, a través de la publicación de datos reales, verificables y reproducibles.

7. Conclusiones

El complejo problema de la interacción persona-robot está siendo modelado en base a un grafo acíclico directo que representa el binomio robot-humano dentro de un bucle de control cerrado. La interacción ha sido incluida como cinco canales de comunicación con ruido y se ha discutido la cuantificación experimental del rendimiento utilizando conceptos de la Teoría de la Información.

También se han validado nuevas métricas para cuantificar el rendimiento; estas métricas también tienen potencial para motivar la adaptación mutua entre el usuario y el robot asistencial. Las métricas han sido utilizadas en pruebas de seguimiento de 1D con usuarios sin discapacidades y de pick and place en entornos virtuales 3D para lo cual se ha implementado la arquitectura software descrita en el apartado 5. Este trabajo está en línea con los objetivos iniciales de tener un interfaz que pueda ajustarse al usuario y

augmentar el flujo de información entre los usuarios y los robots asistenciales.

8. Referencias

- [1] C. Balaguer; A. Giménez; A. Jardón. The MATS robot: Service Climbing Robot for Personal Assistance. IEEE Robotics & Automation Magazine. Vol. 13. No. 1. pp.51-58. 2006
- [2] K. Gold. An information pipeline model of human-robot interaction. Proceedings of the 4th ACM/IEEE international conference on Human robot interaction - HRI '09, page 85, 2009.
- [3] H. Touchette and S. Lloyd. Information-theoretic approach to the study of control systems. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 331(1-2):140–172, 2004.
- [4] M.F. Stoelen, A. Jardón, J.G. Vítores, C. Balaguer, F. Bonsignorio. Information Metrics for Assistive Human-In-The-Loop Cognitive Systems. Workshop on Good Experimental Methodology in Robotics and Replicable Robotics Research, Robotics Science and Systems (RSS). Zaragoza. Spain. June, 2010.
- [5] M.F. Stoelen, A. Jardón, V. Fernández, C. Balaguer, F. Bonsignorio. An Information-Theoretic Approach to Modeling and Quantifying Assistive Robotics HRI. Late Breaking Report, Proceedings of the 6th international conference on Human-Robot Interaction, Lausanne, 2011.
- [6] C. Shannon. A mathematical theory of communication. Bell System Technical Journal, vol. 27, pp. 379–423, 1948.
- [7] W. Bialek; I. Nemenman; N. Tishby. Predictability, complexity, and learning. Neural computation, Vol. 13(11), pp. 2409-63, 2001.
- [8] J.G. Vítores; A. Jardón; F. Bonsignorio; M.F. Stoelen; C. Balaguer. Benchmarking Usability of Assistive Robotic Systems: Methodology and Application. Workshop on the Role of Experiments in Robotic Research, IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). Anchorage, AK. USA. May, 2010.
- [9] A. Jardón; M.F. Stoelen; F. Bonsignorio; C. Balaguer. Task-Oriented Kinematic Design of a Symmetric Assistive Climbing Robot. In revision, IEEE Transactions on Robotics.

[10] J.G. Vítores; A. Jardón; M.F. Stoelen; S. Martínez; C. Balaguer. ASIBOT Assistive Robot with Vision in a Domestic Environment. Robocity2030 7th Workshop. Móstoles. Spain. Oct, 2010. Visión en Robótica. ISBN: 84-693-6777-3. Universidad Rey Juan Carlos. pp. 61-74. 2010.

[11] Cristina Cárceles Fdez. Estudio de requisitos para hmi de control del robot asistencial ASIBOT. 2_FERNANDEZ DE TEJADA MENDIOLA, VIRGINIA_80PFC I.T.I., esp. Electrónica Industrial. Directores: M. Stoelen, A. Jardón. Julio 2010.

[12] Jardón, A., Martínez, S., Gimenez, A. & Balaguer, C. (2008), Assistive robots dependability in domestic environment: the asibot kitchen test bed, in '6th IARP/IEEE-RAS/EURON Workshop on Technical Challenges for Dependable Robots in Human Environments', Pasadena, CA.

[13] A. Jardón, A. Giménez, R. Correal, R. Cabás, S. Martínez, and C. Balaguer, A portable light-weight climbing robot for personal assistance applications, *Industrial Robot: An International Journal*, vol. 33. no. 4. pp. 303-307, 2006.

[14] ISO (2002). Reference Number: ISO 9241-9:2000(E). Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) - Part 9 - Requirements for non-keyboard input devices (Vol. February 15, 2002): International Organisation for Standardisation.

[15] E. Demeester; A. Huntemann; D. Vanhooydonck; G. Vanacker; H.V. Brussel; M. Nuttin. User-adapted plan recognition and useradapted shared control: A bayesian approach to semi-autonomous wheelchair driving.

Journal of Autonomous Robots, Vol. 24, pp. 193–211, 2008.

[16] S. Oviatt. Ten Myths of Multimodal Interaction. *Communications of the ACM*, Vol. 42(11), 1999.

[17] K.M. Tsui; H.A. Yanco. Towards Establishing Clinical Credibility for Rehabilitation and Assistive Robots Through Experimental Design. Workshop on Good Experimental Methodology In Robotics, Robotics, Science and Systems (RSS), 2009.

9. Derechos de autor

El autor o los autores de los artículos presentados como soporte documental para sus intervenciones en el Congreso, en el mismo acto de enviarlos para su aprobación, aceptan la cesión de los derechos de autor sobre los mismos para su publicación en el libro de actas del Congreso.

Optimización Evolutiva de la Locomoción de un Robot Bípedo

Francisco Barroso José Gómez Miguel Rodríguez Antonio Peregrín
Universidad de Huelva
franjobarcas@gmail.com, ignacio.gomez@sic.uhu.es, {miguel.rodriguez, peregrin}@dti.uhu.es

Abstract

This works shows an auto-adaptative learning methodology able to learn the locomotion in a real biped robot. It is based on the use of an on-line physic model and a Genetic algorithm in order to optimize the main parameters meanwhile the movement is performed. The study has been developed using a robot similar to the human locomotion relative to the legs and articulation design. It has sensors to measure the speed of the whole movement and the equilibrium point. We have achieved improvements of speed and smoothness in the equilibrium trajectory of the gravity centre. This system has useful applications in the rehabilitation of persons with partial leg disability.

Resumen

Este trabajo presenta una metodología de aprendizaje adaptativa para la locomoción de un robot bípedo. Se basa en la utilización de un modelo físico real y metodologías de algoritmos genéticos para optimizar progresivamente, a medida que efectúa su función de locomoción, el modo en el que la lleva a cabo. El estudio se ha desarrollado utilizando un robot de diseño similar al

humano en cuanto a sus extremidades inferiores, con sensores que permiten evaluar el avance y equilibrio del robot, encontrándose una mejora final tanto en la velocidad de avance como en la suavidad de la trayectoria del centro de gravedad. Este sistema puede tener aptitudes útiles y aplicables para el desarrollo de sistemas de rehabilitación de personas con discapacidad motora de las extremidades inferiores.

Introducción

En los últimos años se observa un renovado interés por los robots bípedos, debido a las mejoras en las técnicas de control y por tanto a su aplicación en la robótica, y por otro lado a las indudables ventajas de que un robot pueda desenvolverse por entornos diseñados para los humanos.

Dentro de este marco, se han desarrollado también algunas aplicaciones derivadas de ella, que permiten el uso de estructuras de apoyo combinadas con la fuerza de una persona para mejorar o ampliar las capacidades humanas, que son conocidas genéricamente como exoesqueletos [1][2].

Otra aplicación menos conocida del mismo concepto son las estructuras de apoyo a la rehabilitación [3]. En la figura 1, un paciente utiliza un exoesqueleto que realiza un movimiento guiado de las extremidades inferiores para fomentar mejoras en el proceso de rehabilitación de las extremidades del paciente.



Figura 1: Robot de rehabilitación Lokomat

Otra característica deseable en la rehabilitación de la capacidad motora de las extremidades inferiores es la mejora del equilibrio dentro de parámetros de suavidad en el movimiento que eviten el balanceo transversal del tronco [4].

Consideramos que una forma de evolucionar en la dirección de alcanzar este objetivo es el desarrollo de una plataforma robotizada que permita evaluar el avance y el equilibrio de un robot bípedo, y en base a estas medidas mejorar el paso del mismo.

El presente trabajo desarrolla una metodología que determina los parámetros de equilibrio y avance de locomoción de un robot bípedo en combinación con un modelo real *on-line*

Para ello partimos de una simplificación del modelo basado en el mantenimiento del centro de gravedad del robot durante el proceso de avance. Una técnica de optimización basada en algoritmos genéticos genera iterativamente ligeras variaciones del movimiento que se evalúan sobre el robot físico *on-line* conservándose las que avanzan en una línea de mejora para el paso, obteniendo así al final del proceso mejoras globales significativas. Esta técnica de optimización permite que el modelo sufra cambios dinámicamente así como modificaciones en la forma de evaluar sus progresos, de modo que se adapta progresivamente a dichos cambios.

Antecedentes

Los antecedentes más representativos de robot bípedos en los últimos años son los desarrollados por Honda, y entre ellos ASIMO [4] (figura 2).



Figura 2. Robot de Honda ASIMO

Dentro de los robots caminantes, los bípedos son una de las plataformas de locomoción más complejas de desarrollar por el factor

equilibrio [5]. Mantener el equilibrio requiere tener en cuenta cada grado de libertad del robot, idealmente con el cuerpo del robot dentro del centro de gravedad de los pies durante todo el paso [6].

Cuando se desarrolla el movimiento sobre un robot, el modelo debe tener en cuenta las holguras de los actuadores, las inexactitudes en la medida inherente a los sensores y el entorno en el que se desarrolla la prueba. En [7] [8] se aplica una estrategia de trayectoria adaptativa usando información relativa al centro de gravedad o ZMP (Zero Moment Point) [9] para mantener el equilibrio.

En [10] se realiza un control *on-line* del equilibrio sobre un simulador robótico utilizando además del ZMP, el control del tiempo de aterrizaje de cada pie para optimizar la suavidad del movimiento.

Los sistemas anteriormente nombrados parten de un movimiento base que es optimizado, sin embargo, también es posible la generación del patrón del movimiento [11] a partir de la combinación de un conjunto posiciones estables de ZMP y movimientos predefinidos.

Otros métodos para el mantenimiento del equilibrio [12] utilizan el movimiento de la cintura del robot para mantener valores estables del ZMP.

En [13] se modeliza la relación entre los diferentes actuadores del robot y determinados patrones del modelo de locomoción a través de un simulador para conseguir un patrón de movimiento estable y suave.

En términos de optimización de los parámetros del movimiento bípedo, existen

varias técnicas. En [14], una red neuronal optimiza el balanceo transversal y longitudinal de movimientos predefinidos sobre un robot físico. Otra técnica de optimización utilizada es el aprendizaje con refuerzo: en [15] es usado para determinar el balanceo adecuado para las piernas en el movimiento. En [16] se desarrolla un la optimización de los elementos de un controlador difuso mediante un algoritmo genético sobre un robot simulado en 2D.

2.1 Teoría de Diseño

En la teoría clásica de control, el investigador especifica la estructura del sistema y, a continuación, optimiza los parámetros pertinentes para lograr el mejor rendimiento posible. Sin embargo hay casos como el del movimiento de avance de un robot bípedo que son especialmente difícil de especificar debido al elevado número de grados de libertad que intervienen en el movimiento y la dificultad añadida de la falta de equilibrio intrínseca de la estructura en movimiento .

La inteligencia artificial se ha inspirado habitualmente en procesos naturales para resolver problemas de optimización. En este caso se propone optimizar el paso bípedo equilibrado con una herramienta de aprendizaje basada en un algoritmo genético.

La metodología propuesta parte de un paso inicial diseñado por el investigador y deja a un proceso de optimización que evolucione distintos parámetros del movimiento en el robot físico y mida el efecto de dichos cambios. El sistema mejora con la generación de múltiples pequeñas variantes que

producen en algunos casos mejoras que se van acumulando, medidas en cuanto a unos parámetros de avance y balanceo.

1.2.4 Algoritmos genéticos. Los Algoritmos Genéticos (AG en adelante) están inspirados en la naturaleza, más concretamente, en la evolución de las especies. Los AG son, simplificando, algoritmos de optimización y búsqueda, es decir, tratan de encontrar buenas soluciones con poco esfuerzo para un problema dado entre un conjunto de soluciones posibles [17]. Los mecanismos de los que se valen los AG para llevar a cabo esa búsqueda pueden verse como una metáfora de los procesos de evolución biológica.

Los AG son métodos de optimización donde, dada una función objetivo, el AG lleva a cabo una búsqueda en el espacio de soluciones intentando encontrar la solución que minimiza dicha función objetivo. Por lo tanto, los AG están indicados para resolver todo tipo de problemas que puedan ser expresados como un problema de optimización; basta con encontrar la representación adecuada para las soluciones y la función a optimizar [18].

Los AG trabajan sobre una población de soluciones, y en base al valor de la función de evaluación para cada uno de los individuos (soluciones) de esa población, se seleccionan los mejores individuos (los que minimizan la función objetivo) y se combinan para generar otros nuevos. Este proceso se repite cíclicamente hasta que se cumple una condición de parada.

Para que el AG sea capaz de evolucionar una mejora sobre un problema concreto, será necesario dar una función que permita medir cómo mejora una solución respecto a otra

dada. En otros términos, el problema debe poder definirse como un problema de minimización (o maximización) de una función objetivo, que representa la presión selectiva del medio.

El algoritmo trabajará sobre una representación de la solución, un ejemplo típico de representación es el uso de una cadena de bits. La interpretación que se dé a esa cadena dependerá de la naturaleza de la solución (puede ser la codificación de un valor entero, de un real, valores booleanos, etc.).

3. Diseño del Sistema

Los humanos utilizamos varias partes del cuerpo (pies, cadera, torso, brazos, hombros, cabeza, etc.) en coordinación para realizar un movimiento de locomoción [19]. El conjunto compuesto por todas estas partes es un sistema altamente complejo, por lo que a continuación analizaremos brevemente la naturaleza del problema para caracterizar cuales son los parámetros que utilizará nuestro sistema.

Un paso comienza con los dos pies extendidos y sobre el suelo en una postura donde el equilibrio no es difícil de mantener. Sin embargo al levantar uno de los dos pies para realizar el movimiento, la tendencia es caer hacia un lado y hacia delante o atrás dependiendo del estado dinámico del robot en ese instante. Para evitar que el robot caiga se deben realizar correcciones a los movimientos del robot, tales como mover el centro de masa al lado contrario al pie levantado, permitiendo así la estabilidad dinámica del paso [20]. El medio ciclo se

completa cuando los dos pies vuelven a estar en el suelo. El otro medio ciclo es idéntico, solamente que el pie que se levanta es el que anteriormente servía de apoyo y viceversa.

Tomamos esta simplificación del paso como una representación del paso completo, donde se ha considerado que los parámetros de avance y suavidad son las medidas más representativas a optimizar. Estas medidas determinan en gran manera el diseño del sistema. Por una parte la estructura del robot se ha diseñado para contener sensores adecuados para medir el avance y la suavidad del paso. Y por otro lado, el sistema de optimización deberá evaluar éstas para determinar los efectos de los actuadores y posiciones de los mismos.

2.1 SISTEMA DE APRENDIZAJE

El objetivo principal del sistema consiste en la optimización de la locomoción bípeda. La optimización partirá de un sistema robótico bípedo con un conjunto de sensores y actuadores que permiten estudiar el comportamiento de un paso. Este paso es optimizado con un AG. La configuración del sistema empieza por determinar el conjunto de valores de estudio que permitan evolucionar un paso de suficiente calidad en límites de tiempo razonables.

Para ello se ha dividido un paso completo en un número limitado de estados estáticos [20], que reproducidos de forma consecutiva a una determinada velocidad, produce el efecto de un movimiento constante y continuo.

El número de movimientos estáticos del paso completo tiene efectos en el estudio del

sistema. Un número pequeño de escenas provoca movimientos bruscos. Por otro lado, un número muy elevado de escenas produce exceso de información que incide de forma directa en el tiempo de optimización del algoritmo.

El sistema robótico está compuesto por seis articulaciones, tres en cada pierna, que van desde la cadera hasta el tobillo, para las que se han utilizado por tanto en total doce servomotores. Cada uno de estos servomotores puede adoptar 1450 posiciones diferentes en 180 grados, si bien, el recorrido de cada servomotor en cada caso se ha limitado a un nivel inferior para que adopte como máximo sólo los ángulos que puede adoptar su articulación equivalente en un humano.

Para la consecución de un paso completo, en un sistema de este tipo, cada servomotor debe adoptar al ritmo adecuado, una secuencia de todas las posiciones estáticas que comprenden su movimiento programado durante dicho paso. Si para realizar un movimiento completo de un paso, el robot realiza n posiciones estáticas de forma consecutiva, el espacio de soluciones posibles sigue un comportamiento exponencial relativo a n . Para trabajar en valores de n manejables se ha definido un paso inicial que permite realizar un paso completo en 18 posiciones.

El método evolutivo debe partir de un conjunto de individuos válidos, es decir pasos estables. Esta población inicial se crea con variaciones de ese primer paso válido diseñado manualmente.

El AG propuesto es un modelo CHC [21]. Se ha elegido por ser un algoritmo que tiene elementos de autorregulación entre diversidad-convergencia, y representa un

modelo clásico en su área. Combina una selección elitista que propicia una rápida convergencia, con un operador de cruce que produce descendientes con un buen nivel de diversidad, además de otros mecanismos para este fin.

La evaluación de la función objetivo de cada individuo de la población (un paso completo) se realiza como se ha indicado, con la ejecución del paso realizado por un robot bípedo real, midiendo *on-line* los resultados obtenidos (avance, estabilidad del robot, etc...).

2.1.1 Definición del Algoritmo Genético.

Inicialmente se ha de definir cómo se representará una solución para el problema. El AG requiere individuos que representen una solución, que sean evaluables y que permitan su recombinación para la generación de las siguientes generaciones.

El sistema parte de una solución-individuo inicial que ha de ser válida. A partir esta solución se generará una población inicial de individuos similares pero diferentes, regulado por un parámetro (factor de aleatoriedad), el cual permite una exploración mayor o menor. Si el factor de aleatoriedad es muy bajo se corre el riesgo de generar individuos demasiado parecidos entre sí, de modo que la capacidad de exploración del algoritmo será menor y el paso de mayor calidad obtenido podría no ser el mejor alcanzable; por el contrario, si dicho porcentaje es muy alto podría provocar que sea complicado obtener soluciones válidas para completar la población inicial, y posteriormente la convergencia es más lenta, es decir, el robot requiere una mayor fase de entrenamiento.

2.1.2 Cromosomas. El cromosoma (figura 3) es una estructura de datos que almacena una solución; es lo que en el algoritmo genético va a caracterizar a un individuo de la población. Un cromosoma alberga los valores de los servomotores para una secuencia completa que lleve a la consecución de un paso. En él se van a almacenar todos los datos y métodos necesarios para manejar a un individuo dentro del sistema evolutivo.

Los cromosomas representan una secuencia completa que realiza un paso de la marcha. Para cada uno de los servomotores se almacenan los valores de los servos y la velocidad a la que se moverán al realizar esa solución. Si el resultado de la evaluación de la solución provoca la caída del robot, el cromosoma almacenará en que momento de la secuencia se produjo la caída para permitir la ordenación de la población que representa soluciones fallidas, valorando mejor aquellos que tienen caídas más tardías en el paso.

El cromosoma codifica en un conjunto de caracteres la información de un paso completo (el individuo). El hecho de que sean series de longitud fija con características definidas permite calcular la distancia de Hamming entre unos cromosomas y otros, de manera que los cruces se realicen respetando el parámetro de factor de similitud, además de facilitar la función de cruce entre individuos.

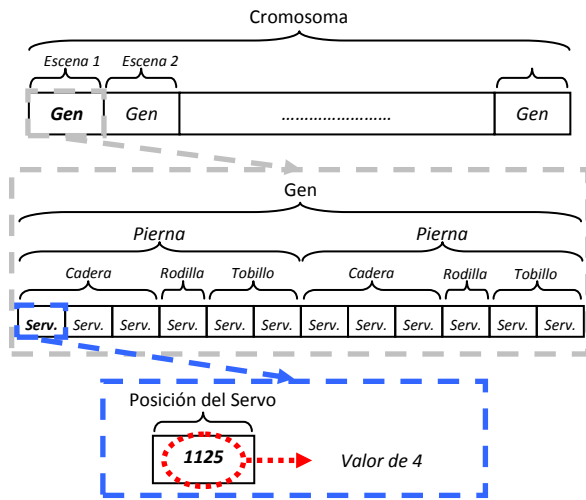


Figura 3. Estructura del Cromosoma

2.1.3 Genes. El cromosoma almacena en los genes los valores de los servos para cada posición estática. Cada gen guarda una escena de la secuencia de un paso, que es la información que representa un cromosoma.

Cada gen tiene las posiciones de los doce servos para una posición estática. El AG controla que cada gen tenga valores dentro de los rangos establecidos para cada servo.

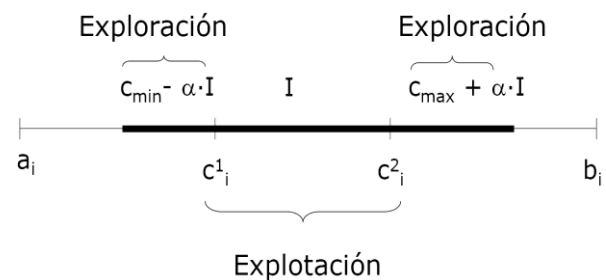
Los genes almacenan números enteros formateados en 4 dígitos. Esta representación permite abarcar el rango posible de valores de los servomotores.

2.1.4 Generaciones. El número de generaciones que van a realizarse es un parámetro de la ejecución del algoritmo. Durante las sucesivas generaciones la población tiende a hacerse homogénea, provocando que los individuos sean demasiado parecidos. El parámetro factor de similitud evita que los individuos con una semejanza por encima de ese factor se crucen.

El algoritmo CHC posee un sistema de rearranque que hace reiniciar el sistema genético cuando no existen cromosomas suficientemente distintos para realizar el cruce. Una vez que el factor de similitud alcanza un valor mínimo estipulado, el sistema rearranca creando una nueva población pseudos-aleatoria a partir del mejor cromosoma en la población.

2.1.5 Función de cruce. El sistema genético utiliza una función de cruce tipo BLX-alpha [21]. Alpha es un parámetro que se establece en la configuración del algoritmo genético a un valor inicial entre 0 y 1.

Básicamente la función de cruce BLX-alpha funciona generando por cada cruce entre dos cromosomas padre, otros dos cromosomas hijos. Se crea un intervalo I entre el valor mínimo y el valor máximo de los dos padres para los valores de cada servo de un determinado gen. Los hijos tendrán para cada servomotor el valor resultante de generar un valor aleatorio comprendido en el intervalo $[C_{Min}-I*\alpha, C_{Max}+I*\alpha]$ (figura 4).



$$C_{Max} = \text{Maximo}(\text{Valor}_{Padre1}, \text{Valor}_{Padre2})$$

$$C_{Min} = \text{Minimo}(\text{Valor}_{Padre1}, \text{Valor}_{Padre2})$$

$$I = C_{Max} - C_{Min}$$

Figura 4. Cruce BLX-alpha

2.1.6 Evaluación. La evaluación un cromosoma permite la ordenación de estos y elegir las mejores soluciones que serán utilizadas para generar las poblaciones futuras.

La función de evaluación está basada en la medición de la distancia recorrida por el robot en un paso y la suavidad del movimiento a través del ZMPMedio acumulado en la secuencia. El ZMP (Zero Moment Point) es la proyección en el suelo del centro de gravedad de un cuerpo [22-24], el ZMPMedio se calcula hallando la media aritmética de todos los módulos de los vectores ZMP de cada escena. Para obtener un valor numérico a partir de estos dos valores tan distintos se utiliza el parámetro factor de evaluación. Este parámetro ha de ser definido al inicio del algoritmo y definirá la fracción del valor de la distancia sobre la que se aplicará una corrección basada en la calidad del ZMP.

El ZMP_{Final} de la secuencia es una desviación del centro físico del robot proyectado en el plano del suelo. Dicho ZMP es normalizado colocando como posiciones de los sensores los cuatro puntos a distancia 1 en los ejes x e y, es decir, los sensores están en (-1,-1), (1,-1), (1,1) y (-1,1). Al normalizar partiendo de estos valores, el ZMP_{Final} queda acotado entre 0 y 1. De esta forma si multiplicamos la distancia obtenida en la medición por $(1 - ZMP_{Final})$, para un ZMP cercano a cero (caso ideal), la evaluación será casi el valor total de la distancia, mientras que para un ZMP cercano a uno (caso fatal), la evaluación será pésima ya que penalizará el valor de la distancia.

El parámetro *factor de evaluación* define en que medida el ZMP va a afectar a la evaluación. Con este factor conseguimos que si el ZMP afecta mucho, el sistema evolucione

hacia soluciones en las que el robot realiza el paso de forma suave, mientras que si definimos un *factor de evaluación* que hace que el ZMP afecte poco a la distancia, el sistema genético evoluciona hacia soluciones más agresivas en sus movimientos pero que avanzan mucha más distancia.

La evaluación de las soluciones tiene que hacerse en tiempo real, realizando la simulación de dichas soluciones con el robot. Esto provoca que las soluciones no válidas, es decir, en las cuales el robot cae, no se obtiene la distancia recorrida y no se reciben valores de los sensores de presión, por lo que no se puede calcular el ZMP. El AG almacena en cada cromosoma el atributo *step*, en el que se recoge la escena en la que el robot pierde el equilibrio, de manera que ordenando los cromosomas por este campo, irán perdurando en las generaciones las soluciones con mayor tiempo antes de la pérdida de equilibrio.

Calculo de ZMP: para calcular el ZMP del robot se han utilizado cuatro sensores de presión situados en la planta de cada pie del robot bípedo. Cada vez que el sistema envía una secuencia para su simulación y evaluación al robot, este realiza la ejecución del paso, recoge las presiones de los sensores en cada escena estática y por último realiza el envío de dichos valores una vez finalizada la secuencia del paso. El cálculo del ZMP da una idea de la oscilación o estabilidad del robot mientras realiza el paso [25]. Si el ZMP de cada escena se encuentra muy distante del los ZMP de escenas colindantes, es una medida de que el paso no es suave. El ZMP representado gráficamente en el plano del suelo, es un vector de desplazamiento del centro exacto del robot. Para calcular el ZMP de una secuencia es necesario recoger los ZMP de todas las escenas estáticas, y calcular un

ZMPMedio. Se calculan los módulos sin signo para evitar que la acumulación de ZMP's de distinto signo dieran un valor compensado. La media calculada será un valor que determine la desviación del centro teórico, dándonos una idea de la bondad del paso ejecutado.

2.2 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

El sistema tiene dos bloques bien diferenciados. Por un lado el sistema computador, que evoluciona las soluciones iniciales y por otro, el sistema robótico, recoge los datos del sistema real. El sistema robótico utilizado en este proyecto está basado en un robot comercial, al cual se le han realizado los cambios para adaptarlo a las necesidades del proyecto.

Como sistema de control para el robot se ha utilizado un controlador principal con funciones sencillas, mientras que un ordenador externo realiza la ejecución del AG. Un sistema de comunicaciones inalámbricas mantiene en línea ambos módulos on-line durante el movimiento del robot en la ejecución de un paso.

El proceso de comunicación es el siguiente (figura 5): El AG es lanzado desde el ordenador externo, donde empieza a evaluar uno a uno los individuos en el robot, enviando las órdenes contenidas en el cromosoma para cada una de las 18 posiciones al controlador principal en el sistema robótico. El controlador principal ejecuta las acciones a través del controlador de actuadores. Durante el proceso el sistema robótico recoge datos de avance y suavidad del paso basado en el ZMP y los envía al sistema computador externo

para el cálculo de la calidad del individuo. Así sucesivamente hasta que todos los elementos de la población están evaluados. El AG generará entonces una nueva generación de individuos que volverán a evaluarse. Dado que es posible que el robot pueda perder el equilibrio durante el transcurso de la evaluación de un individuo, un operador humano puede repositonarlo antes de la siguiente evaluación.

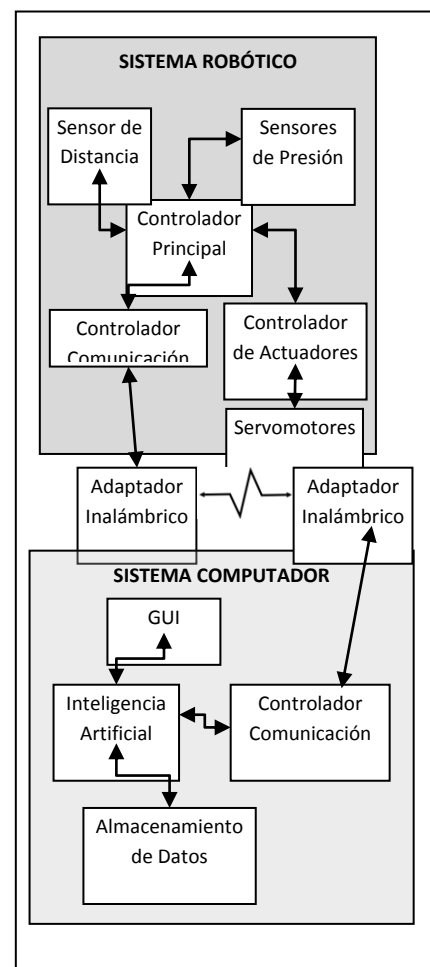


Figura 5. Visión global del Sistema

La distancia recorrida por el sistema robótico durante el avance de un paso es calculada por el modulo asociado al sensor de ultrasonidos. Por otro lado el cálculo del ZMP es realizado

por el módulo de sensores de presión, en base a las presiones que ejercen cada uno de los pies del sistema robótico contra el suelo en cada escena del paso. El sistema robótico es por tanto un sistema pasivo, que se encuentra en estado de inactividad hasta que el sistema computador envía las peticiones de movimiento. Entonces, el controlador principal posiciona los actuadores según el esquema recibido.

2.2.2 Sistema robótico. Para la creación del sistema robótico, se ha tomado como base un producto comercial denominado Robot Scout (figura 6) al que se le han realizado algunos cambios. Relativo a la morfología, se ha realizado la inversión de la dirección en las rodillas para conseguir una mayor similitud con las articulaciones humanas. Y en cuanto a la toma de medidas, se han añadido sensores de toma de presión en los pies y de ultrasonidos para el cálculo de distancia frontal.

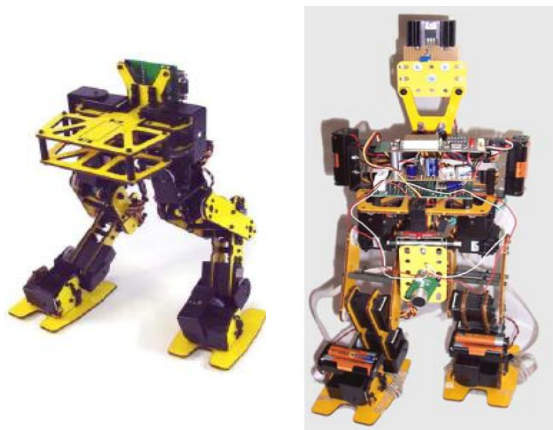


Figura 6. Robot Scout y robot modificado

La toma de presión en los pies del sistema robótico se realiza con sensores de presión Flexiforce A201 [26] Figura 7. Estos sensores, están formados por un sensor integrado dentro de una membrana de circuito impreso

flexible de escaso espesor. El sensor es plano, lo cual permite colocarlo dentro de la mecánica del sistema, sin perturbar la dinámica de las pruebas.



Figura 7. Sensor de presión FlexiForce

Las presiones en los pies del sistema robótico permiten calcular el centro de gravedad del mismo basado en desplazamiento vectorial que aporta cada uno de los cuatro sensores de presión de cada pie con respecto a la posición que ocupan los sensores en el plano [22-24] como se observa en la figura 6.

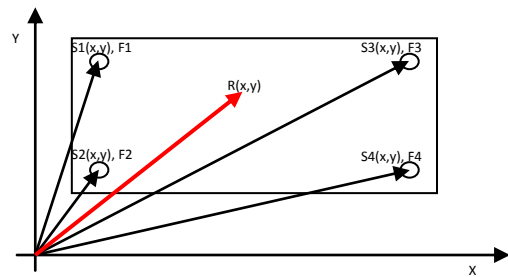


Figura 6. Representación vectorial de las fuerzas aplicadas sobre los sensores de presión del pie

4. Estudio Experimental

El sistema robótico dispone de servomotores con un rango de acción que oscila entre 750 y 2200 μseg lo que genera un total de 1450 posibilidades de posiciones que el servomotor es capaz de tomar. El sistema posee 12 servomotores lo que eleva el número de posibilidades a:

$$\text{posiciones} = 1450^{12} = 8,64 * 10^{37}$$

Se han elegido 18 escenas de movimientos estáticos para componer el paso, por lo que las posiciones posibles resultan:

$$\text{posiciones} = (8,64 * 10^{37})^{18} = 7,17 * 10^{682}$$

Una segunda simplificación del problema permite reducir las posiciones a $2,84 * 10^{213}$ fraccionando el paso en dos partes. Esta segunda simplificación consisten en considerar un paso completo como la descomposición de dos medios pasos, uno simétrico al otro como se puede observar en el esquema representativo de la tabla 1 y figura 8.

Tabla 1. División del paso en partes

	Estado	Estado Final
Paso Completo	A-B	C-D

Primer Medio	A-B	B-C
Segundo Medio	B-C	C-D

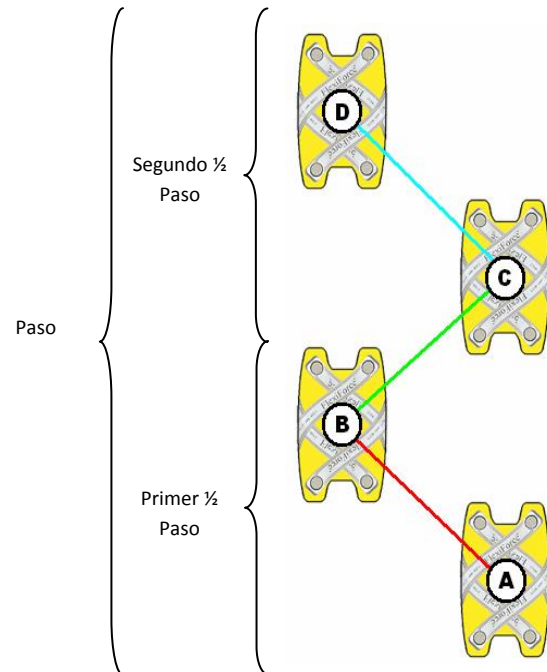


Figura 8. Composición del paso completo

3.3 Configuración del sistema

En la tabla 2 se describen los parámetros del algoritmo genético CHC.

Tabla 2 Parámetros de ejecución CHC

RESUMEN	
Parámetro	Valor
Población	20
Generaciones	30
Factor de Evaluación	1
Semilla de Aleatoriedad	87654321
Alpha	0,25
Porcentaje de Similitud	15
Porcentaje de	10

Población: este parámetro se refiere a la cantidad de individuos que entrarán a formar parte en cada generación dentro del algoritmo genético. Si el tamaño de la población es alto, el algoritmo genético tiene más posibilidades de llegar a soluciones óptimas, pero consume muchos recursos del sistema. Sin embargo, si el tamaño de la población es muy bajo, el algoritmo genético convergerá rápidamente a soluciones sub-óptimas reduciendo la diversidad de la población.

Se ha probado de forma empírica el parámetro Población a los valores 10, 20 y 30.

Generaciones: este parámetro especifica el número de generaciones que el algoritmo genético efectuará. Se ha probado de forma empírica el parámetro Generaciones a los valores 10, 30 y 50.

	Velocidad	Punto Caída	Evaluación
Individuo 1	5	0	3.3595914443
Individuo 2	6	2	0
Individuo 3	10	2	0
Individuo 4	9	0	2.0488747674
Individuo 5	9	0	1.9111006242
Individuo 6	6	0	2.1553284900

Individuo 7	6	2	0
Individuo 8	7	3	0
Individuo 9	9	3	0
Individuo 10	7	2	0
Individuo 11	10	2	0
Individuo 12	6	0	2.4182007474
Individuo 13	8	3	0
Individuo 14	10	7	0
Individuo 15	6	2	0
Individuo 16	7	8	0
Individuo 17	10	2	0
Individuo 18	7	2	0
Individuo 19	9	2	0
Individuo 20	9	0	0

**Tabla 3 Ejemplo de población inicial
Factor de Evaluación**

(σ): factor aplicado en la función de evaluación que permite establecer un índice de preferencia entre la estabilidad y la distancia recorrida. Los valores permitidos por este parámetro oscilan de 1 a 10, que gradúan la influencia del ZMP sobre el valor dado por la medición de la distancia. Valores bajos establecen una mayor prioridad de la estabilidad, mientras que el aumento de este valor establece una mayor prioridad del avance.

Semilla de Aleatoriedad: la semilla de aleatoriedad se utiliza para establecer el comienzo de una secuencia aleatoria. Siempre que se utilice una misma semilla, se obtendrá la misma secuencia aleatoria, permitiendo poder realizar dos ejecuciones iguales dentro de un entorno pseudo-aleatorio.

En la tabla 3, podemos observar un ejemplo de población inicial generada. Los individuos cuyos resultados corresponden a pasos que desembocan en caída obtienen un valor de evaluación cero, Aunque este es el valor mínimo posible, el AG los mantiene en la población, utilizando como criterio para ordenarlos el punto en el que se ha producido dicha caída, de manera que perduren para la próxima generación las soluciones que se sostienen más tiempo de pie.

En el análisis de la ejecución hemos podido observar como las soluciones inválidas desaparecen por completo a partir de la 4ª o 5ª Iteración.

Una vez finalizada la ejecución del algoritmo genético todos los individuos de la población final superan los 6 de velocidad sin caídas. Como se puede apreciar en la figura 9, todos los individuos de la población final tienen una evaluación similar y superan en casi dos puntos al paso inicial.

Relativo al movimiento del robot se aprecia una mejora considerable de la estabilidad sobre el paso inicial que permite un desplazamiento autónomo del mismo consistente en la repetición del mejor individuo obtenido.

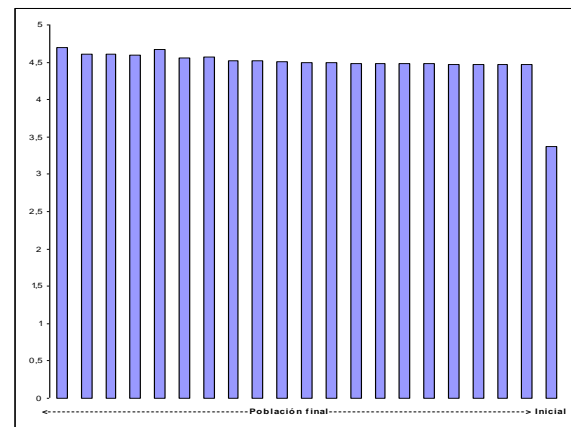


Figura 9. Población final vs paso inicial

5. Conclusiones

El sistema planteado como metodología de optimización en línea para la mejora del caminar de un robot bípedo es capaz de evolucionar y mejorar de forma significativa en avance y suavidad del paso, permitiendo obtener pasos finales más perfectos y sin caídas.

El método es robusto al mostrar una evolución favorable del paso inicial a pesar de la presencia de ruido introducido por el robot en articulaciones (desviaciones de la actuación ordenada) y por los sensores (desviaciones de la medida real). Asimismo el sistema es capaz de adaptarse a los cambios que se producen en el robot real durante el proceso de experimentación como es la pérdida de rigidez

por envejecimiento y fatiga de los materiales, el cambio de rendimiento en los motores y la experimentación sobre distintos tipos de suelos con adherencias diferentes.

La mejora de la trayectoria del ZMP medio permite una buena estabilidad en el movimiento, consiguiendo suavizar aquellos movimientos que las articulaciones realizan a lo largo de la marcha con respecto de los movimientos del individuo propuesto originalmente. Experimentalmente, el valor de la velocidad conseguida por la mejor solución encontrada proporciona un aumento de un 71% respecto de la solución original diseñada manualmente, manteniéndose en resultados aceptables para la estabilidad del robot.

6. Trabajos futuros

Una vez desarrollado un sistema que es capaz de aprender en línea sobre un modelo real, nos planteamos la posibilidad de que este sistema no sea completamente pasivo, es decir que el sistema tenga que mejorar el paso teniendo en cuenta las fuerzas aplicadas sobre el modelo real y aportar sólo la fuerza necesaria para mantener el equilibrio y el avance en límites aceptables.

En concreto pensamos que el sistema puede ser utilizado en configuración de exoesqueleto [1][2] para la ayuda en la rehabilitación de personas con discapacidad en la función motora de las extremidades inferiores.

Este sistema propuesto actuaría como soporte a una movilidad o fuerza reducida de la persona, aportando ayuda en los momentos necesarios. Un caso base de aplicación de la

metodología de aprendizaje mostrada puede ser el siguiente: un paciente realiza una rehabilitación que consiste en caminar apoyándose cuando es necesario para conservar el equilibrio en unas barras laterales supervisado por personal sanitario que evalúa el movimiento del paciente.

La modificación de la metodología en este caso requerirá algunos cambios:

Una estructura bípeda adaptable al paciente con capacidad para detectar el estado del movimiento y aportar la fuerza necesaria para mantener el mismo dentro de parámetros de avance y equilibrio establecidos.

Para generar la población inicial de individuos se parte de una sesión donde el sistema toma las medidas de una persona de similar peso y medidas con capacidades completas para la locomoción.

A través de sucesivas sesiones el sistema aprende las peculiaridades en el andar del individuo y se adapta en cada sesión a los avances en la rehabilitación actuando sólo en los casos necesarios para mantener el nivel de avance o el equilibrio.

El sistema almacena las medidas de distintas sesiones que permiten que el experto evalúe el progreso del paciente y determine cambios en el aporte de fuerza realizado por la estructura bípeda en futuras sesiones.

8. Referencias

- [1] Pratt, J., Krupp, B., Morse, C., Collins, S., "The RoboKnee: An Exoskeleton for Enhancing Strength During Walking", IEEE Conf. on Robotics and Aut., New Orleans, April 2004.
- [2] Chu, A., Kazerooni, H., Zoss, A., "On the Biomimetic Design of the Berkeley Lower Extremity Exoskeleton (BLEEX)", IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, April 2005, Barcelona
- [3] Jezernik S, Colombo G, Kelly T, Frueh H, Morari M. Robotic orthosis Lokomat: a rehabilitation and research tool. *Neuromodulation*. 2003; 6: 108–115.
- [4] Hirai, K., M. Hirose, Y. Haikawa, T. Takenaka, "The Development of Honda Humanoid Robot", Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp: 1321 -1326 vol.2, May 1998
- [5] M. Vukobratovic, "On the Stability of Biped Locomotion", IEEE Trans. on Biomedical Engineering, Volume BME-17, issue 1, January, 1970, pp. 25-36.
- [6] Huang, Q., K. Yokoi, S. Kajita, K. Kaneko, H. Arai, N. Koyachi and K. Tanie, "Planning Walking Patterns for a Biped Robot", IEEE Transactions On Robotics and Automation, Jun 2001
- [7] Park J. H.; H. Chung, "ZMP Compensation by Online Trajectory Generation for Biped Robots", IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics Conference Proceedings, pp: 960 -965 vol.4, Oct 1999
- [8] Park, J. H., H. C. Cho, "An On-line Trajectory Modifier for the Base Link of Biped Robots To Enhance Locomotion Stability", IEEE International Conference on Robotics and Automation, San Francisco, USA, Apr 2000
- [9] M. Vucobratovic, B. Borovac, D. Surla and D. Stokic, "Biped Locomotion: Dynamics, Stability, Control and Applications". Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1990.
- [10] Huang Q., K. Kaneko, K. Yokoi, S. Kajita, T. Kotoku, N. Koyachi, H. Arai, N. Imamura, K. Komoriya, K. Tanie, "Balance Control of a Piped Robot Combining Off-line Pattern With Real-time Modification", IEEE International Conference on Robotics and Automation Proceedings, pp: 3346 -3352 vol.4, Apr 2000
- [11] Nishiwaki, K., T. Sugihara, S. Kagami, M. Inaba and H. Inoue, "Online Mixture and Connection of Basic Motions for Humanoid Walking Control by Footprint Specification", IEEE International Conference on Robotics and Automation Proceedings, pp: 4110-4115 vol.4, May 2001
- [12] Lim, H; Y. Kaneshima and A. Takanishi, "Online Walking Pattern Generation for Biped Humanoid Robot with Trunk", IEEE International Conference on Robotics and Automation Proceedings, pp: 3111-3116, May 2002
- [13] Huang, Q., S. Kajita, N. Koyachi, K. Kaneko, K. Yokoi, T. Kotoku, H. Arai, K. Komoriya and K. Tanie, "Walking Patterns and Actuator Specifications for a Biped Robot", IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems Proceedings, pp: 1462 -1468 vol.3, Oct 1999
- [14] Kun, A., W.T. Miller, III, "Adaptive Dynamic Balance of a Biped Robot Using Neural Networks", IEEE International Conference on Robotics and Automation Proceedings, pp: 240 -245 vol.1, Apr 1996
- [15] Chew, C.M., "Biped Locomotion: Augmenting an Intuitive Control Algorithm with Learning", Doctoral Thesis Proposal, Mechanical Engineering Department, MIT, Nov 1999
- [16] Magdalena, L., F. Monasterio, "A Fuzzy Logic Controller with Learning Through the Evolution of its Knowledge Base", International Journal of Approximate Reasoning, 1999
- [17] B.P. Buckles and F.E. Petry, "Genetic Algorithms", IEEE Computer Society Press, 1992, 109 p.
- [18] L. Araujo and C. Cervigón, "Algoritmos Evolutivos. Un Enfoque Práctico", RA-MA Editorial, 2009.
- [19] 29 V.T. Inman, H.J. Ralston and F. Todd, "Human locomotion, in Human Walking", 2nd edition, J. Rose and J.G. Gamble, Editions Baltimore, MD: Williams & Wilkins, chapter 1, 1994, pp. 1-22.
- [20] N. Ohnishi, "On the human tracking motion in a standing posture", *Automat. Contr. Lab., Nagoya Univ., Res. Repts.*, Volume 27, June, 1980, pp. 31-34.
- [21] L.J. Eshelman, "The CHC adaptive search algorithm: how to have safe search when engaging in non traditional genetic recombination", *Foundations of Genetic Algorithms (FOGA I, 1991)*, Morgan Kaufmann Publishers, San Mateo, 1991, pp. 265-283.
- [22] M. Vucobratovic, B. Borovac, D. Surla and D. Stokic, "Biped Locomotion: Dynamics, Stability, Control and Applications". Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1990.
- [23] M. Vukobratovic, B. Borovac, and D. Surdilovic, "Zero moment point. Proper interpretation and new applications", *Proc. IEEE-RAS International Conference Humanoid Robots, Tokyo, Japan, 2001*, pp. 237-244.

[24] Q. Li, A. Takanishi and I. Kato, "A biped walking robot having a ZMP measurement system using universal force-moment sensors", IEEE/RSJ International Workshop Intelligent Robots Systems IROS '91, Osaka, Japan, 1991, pp. 1568-1573.

[25] R.B. McGhee and M.B. Kuhner. "On the dynamic stability of legged locomotion systems", Proc. 3rd International Symposium on External Control of Human Extremities, Dubmvník, Yugoslavia, 1969, pp. 431-442

[26] Tekscan Inc., "Flexiforce Load/Force Sensors and Systems", Available: www.tekscan.com/flexiforce.html.

Use of Robotics as a Learning Aid for Disabled Children

Teodiano Freire Bastos, Carlos Valadão, Magdo Bôrtole

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

Universidade Federal do Espírito Santo

Av. Fernando Ferrari, 514

29075-910, Vitória, Brazil

teodiano@ele.ufes.br, carlostvaladao@gmail.com, mgbortole@gmail.com

Abstract

Severe disabled children have little chance of environmental and social exploration and discovery, and due to this lack of interaction and independency, it may lead to an idea that they are unable to do anything by themselves. Trying to help these children on this situation, educational robotics can offer and aid, once it can give them a certain degree of independency in exploration of environment. The system developed in this work allows the child to transmit the commands to a robot. Sensors placed on the child's body can obtain information from head movement or muscle signals to command the robot to carry out tasks. With the use of this system, the disabled children get a better cognitive development and social interaction, balancing in a certain way, the negative effects of their disabilities.

Resumen

Varios niños con discapacidad tienen poca oportunidad de interacción social y con el entorno, lo que puede dar una idea de que son

incapaces de hacer algo por ellos mismos. Con el fin de ayudar a los niños en dicha situación, la robótica educacional puede aportar una ayuda, puesto que les puede proporcionar un cierto grado de independencia en la exploración del entorno. El sistema desarrollado en este trabajo permite que niños con discapacidad puedan transmitir comandos a un robot. Sensores ubicados en el cuerpo del niño pueden capturar informaciones del movimiento de cabeza o de señales musculares para comandar un robot para ejecutar tareas. Con el uso de este sistema, el niño obtiene un mejor desarrollo cognitivo e interacción social, suavizando de cierta forma los efectos negativos de sus discapacidades.

Introduction

Learning in childhood is done by exploration and discovery of the environment where the child lives. According to Piaget's definition, up to the second year of life the child is living the sensorial motor period [1]. During this step of development, interaction with the environment

is done through physical sensation and body stimulus [2]. This idea means that they learn how to interact with their own body as well as the environment by repeating experiences and exploring the world through their senses. At the end of this sensorial-motor period the children has the notion of space, position of objects inside the space and time, and some relation among them [3].

This spatial object manipulation and environmental interaction are fundamental for the child cognitive development and the ones with severe disabilities are blocked from experiencing the world as the other children do. With this situation they may become delayed in terms of learning through exploration by themselves.

Considering this lack of independency, exploration and spontaneity on discovery of the environmental area around the child, those ones can have a negative influence towards learning and social interaction. All this situation of lack of stimulus can produce a late childhood [3].

Due to these body-limitations, disabled children are, usually, very dependent on their parents or caretakers to interact with the world. Brinker and Lewis [4] suggest that the child's behavior can, by itself, determine which experiences their parents and caretakers would allow them to have. These choices may restrict even more the cognitive and social development of the infant.

This entire situation can create a lack of interest of exploration and consequently also develop the idea of learned helplessness, which they see themselves as unable to do anything independently or without external help. With this idea the child usually adopts a passivity and lack

of interest behavior towards the world he or she lives.

All these elements can compromise the behavior, as said before, once they become socially passives and dependents. To minimize this, it is necessary that the child has a way to explore the world, through alternative methods and according to what the child has to develop [5]. Doing this is very likely that this child can have a better motivation and interest, giving them an opportunity to explore independently (or at least less-dependently) the world which they live. Finally, the idea of learned helplessness can be minimized and the self-esteem grows up [6]. Figure 1 shows how the learned helplessness occurs.

Assistive Technologies have been providing to these severe disabled children a certain degree of environment control by themselves [3]. This helps to take out the idea of learned helplessness, as shown in Figure 2.

According to Swinth, Anson & Deitz [7], children since their six-years old already have the ability to access and cause and effect computer software by pressing a key.

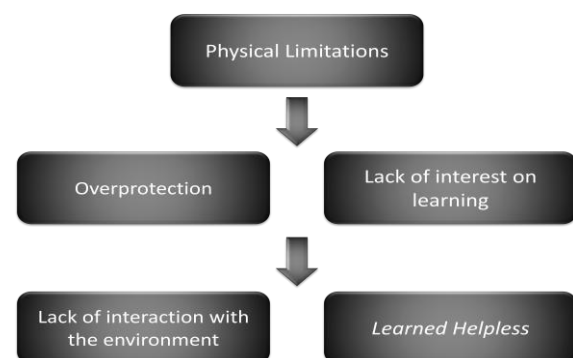


Figure 1. Generation of learned helplessness idea in disabled children.

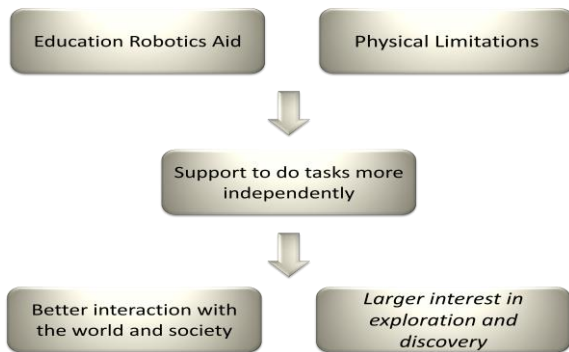


Figure 2. Robotics support used to help blocking the learned helplessness idea.

Thus, assistive technology and robotics can provide to these disabled children a unique opportunity to choose how they will interact with the environment and can also give a certain degree of control. So it is given to them the opportunity to choose what they will experiment, instead of experimenting only some tasks already designed for them [3]. Furthermore, robotic system also provide control over three dimensional object manipulation, which is a more real situation compared with the two dimensional graphics provided by simulation with computer software, so the interaction can also be more realistic [3].

Several researches were done to determine if very young disabled children could interact with a robotic manipulator [8]. Nine children took part of this research, being six with a disability and three without any. Everyone in this group of nine was less than 38 months of age. The system was, basically, a computer to control and acquire data connected with a small robotic manipulator [8]. The manipulator was used by those children as a tool, once they can use that to bring to them objects [9].

In that study, fifty percent of the disabled children (all with cognitive age older than seven months) and all non-disabled children interacted with the robotic manipulator, using it as a tool, to catch an object that they could not reach. It was also observed that the cognitive and linguistic level of the children were higher than the motor level [8].

Later, this previous research was complemented, always focusing on exploration and discovery of the environment by the children. The new goals were [3]: evaluate how severe disabled children could use the robotic manipulator for exploration and define the relationship between the keys pressed and the task complexity.

This research has shown the way three years up to six year-old children use the robotic manipulation for environmental exploration [10]. The same research was done analyzing how child behave when they could have access to a variety of movements through one or more keys, using the robotic in a discovery and exploratory way [10].

A complex progressive sequence task series was held and it was noticed an increase of cognitive development of those children. Consequently, as the task got more difficult, it was needed more pre-programmed keys to achieve the desired goal [8,9,5]. It was presented to the child how the manipulator moves using each key; showing the previous movement to them and encouraging them to use the system (press the keys) [11]. To maximize the results of those experiences dry macaroni inside a box and a glass were used. The task goals were:

First, the robotic manipulator should let the dry macaroni falling from the glass (where the dry

macaroni were at first moment) by pressing a key just once;

Next, the child controls the robotic manipulator in order to fill the glass with the dry macaroni. The child gets the macaroni; put it inside the glass by letting it falls from the robotic manipulator, which is located above the glass;

Finally, and the more complex task of these test, is the overall sequence. First the child should get the macaroni from the box, put inside the glass and let it falls inside the box again. This must be done by using three keys.

Each one of these experiences were videotaped for further revision [8,10,11]. The research observations included the child's action and its behavior during task accomplishment. For such example, it was observed how and who or what the child was looking during the tests. Behavioral signals were also included such as fear, happiness, if the child is smiling or crying, boredom or joy. This was registered before and during the use of robotic manipulator, so they could evaluate psychological aspects towards the experiment. Fortunately it was detected great happiness using the robotic manipulator, instead of fear [8].

It was also observed that child can respond longer times using robots instead of 2D computer software [3]. In those tests, it was also realized that the child could understand what each key can do by demonstrating its function previously. High interest about the tests was observed when child looked towards the robot or the keys, proving they were interested on doing that [8]. This study complemented the previous works of the same authors, once it focused on the child's understating about the system.

An important issue is the robot's design. Tests done with autistic child has shown that the robot should be seen as a toy and must be friendly and good-looking [12]. As related in [13] those child must feel comfortable and safe with the robots, instead of felling fear of them. Some properties as the robot speed and robot's appearance should be carefully analyzed [13].

Although those articles cited previously (12, 13) is about autistic children, the idea of the appearance of the robot can be applied to the disabled child, once the child must feel comfortable and safe with the robot. Other important thing is that tasks must be very joyful for those children, once boredom tasks often discourage them to use the system.

In autistic children the robots are used for better interaction, trying to take them out of their "own world" and bringing them to the "real world". In the case of the disabled children the idea is to amplify their experiences inside the "real world", increasing their contact with new and self-controlled experiences and consequently reducing the learned helplessness idea. So, some ideas can be used in both scenarios, although the two situations are completely different.

Methodology

In our researches, we have used a mobile robot with tweezers for manipulation of objects. This robot is commanded by disabled children using some of their voluntary signals.

Several tasks were done by those children, always focusing on environmental interaction,

taking objects and finally putting them off on another place, finding “hidden” objects (actually an object among others with some degree of complexity to find), and drawing on a paper located under the robot.

All sessions are videotaped for further revision (after the parents signing the Consentient Term, approved by Ethical Commission). With the video, child’s actions (such as number and order of keys pressed necessary to complete, with success, the task), and behaviors during the experience are evaluated by a Pedagogue.

2.1 GOAL ATTAINMENT SCALE (GAS)

In order to measure the success of the trial executions, that includes emotional aspects, the Goal Attainment Scale (GAS) [14] is used. GAS is a method that has a score which, in addition to evaluate statistically the data, takes into account aspects like fear and happiness when the child is carrying out the trial, putting a score if the trial was executed or not and how it was executed. On the other hand, the GAS method allows including results from interviews with parents, teachers and caretakers who are able to evaluate improvements in the cognitive aspects of the child when using the robot.

GAS is also known like “Goal Achievement Scale”. This method uses different weights to the goals attained in addition to a grade to each goal. The total grade may vary between -2 to +2, where 0 is the expected result, positive grades are results better than expected and negative grades are results worse than expected. It’s worth to comment that this scale has high subjectivity

level because it takes into account the disabled level of the child.

The global grade is calculated according the grades obtained for all goals accomplished. Equation (1) shows the overall score [14]:

$$T = 50 + 10 \cdot \left(\frac{\sum_{i=1}^n g_i}{\sqrt{n - R \cdot n + R \cdot n^2}} \right) \quad (1)$$

Where:

g_i – grade related to the goal i accomplished by the child.

n – number of goals accomplished for each tasks (one task can have several goals. The partial accomplishment is also taken into account).

R – constant used to estimate the correlation between the grade and the several goals in the tasks. A constant of 0.3 is used, in the same way of [14].

Equation (1) should be used in a comparative way, according to [14], i.e. it should be verified the improvement obtained in several trials after the execution of the first trial. This way, it is possible to evaluate the improvement in terms of learning and grades (which measure how many goals are accomplished), thus having a way to measure the cognitive improvement of the child.

Hardware and Software

As part of the hardware used in this work, a sensor to capture both inclination of some part of the child body and his/her muscular effort (sEMG signal) was developed. Figure 3 shows the sensor developed, which has a battery and a Bluetooth transmitter included. The information

of inclination is obtained from an accelerometer and the muscular effort is obtained from surface electrodes. Both data are transmitted to the robot which is used to execute movements and open or close its tweezers.



Figure 3. Sensor developed to capture both inclination of some part of the child body and the muscular effort (sEMG signal).

The mobile robot used in this research is the POB-EYE, manufactured by POB TECHNOLOGY. It is a mobile robot with tweezers which allow using the robot as a manipulator robotic as well.

In order to change the appearance of the robot, a clown mask was adapted to the robot as shown in Figure 4.

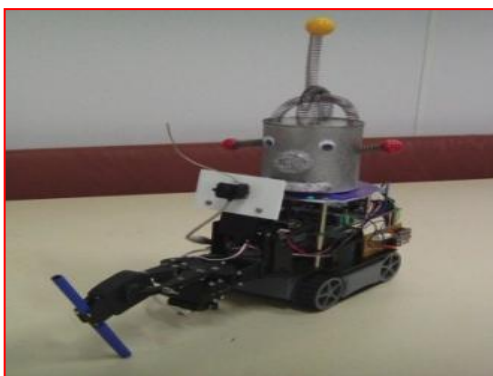


Figure 4. Robot used in this research.

Once the sensor acquires signal inclination of the body part and muscle effort from the child, that information is sent to a PC which processes the signal and makes an interpretation about which kind of action the child wishes the robot executes. So the movement order to move (or stop moving) or open or close the tweezers is sent to the robot. All the communication is done through Bluetooth devices.

While the computer is processing the signal to command the robot, the computer also makes a report recording each movement done, including time, picture of the child’s face in the moment of the movement and number of the movement. If there’s a correct sequence pre programmed the report also shows if the movement is right or wrong. In this “correct sequence mode” the robot only executes action in correct movements. All this data is important for further evaluation by a Pedagogue. Figure 5 shows the scheme of the system.

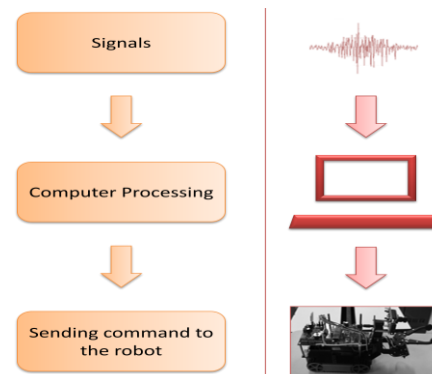


Figure 5. Scheme of the system used to capture the signals and to command the robot.

According to the child’s head movement the robot can drive ahead, backwards, to the left and to the right and other soft movements between those four main movements. To make the

tweezers' movements it is necessary to use the EMG signal, so it is possible to switch the state of the tweezers.

On the other hand, the accelerometer's signal is received continuously and its value is converted to an angle which defines where the child wants the robot to go.

Limits values (maximum and minimum) are defined and are, actually, the highest and lowest inclination in each axis. It is done throughout two axes, so it is possible to calculate the angle between them.

Each value sent by the inclination sensor is a number that will be used by the software to understand where the child wants to move the robot. Firstly, it is analyzed the vertical axis (front and back) and later the horizontal axis (left and right), which means that the vertical axis is predominant. So if the inclination is diagonal being front and right the robot will drive ahead, not to the right. This allows the execution of soft movements with participation of the two axis, which means that the robot will go in the diagonal direction.

The signals sent to the robots are, actually, characters which indicate what movement it should do. Those characters are "w" for driving ahead, "d" for driving to the right, "a" for driving to the left and "s" for driving backwards. There is also the signal used to stop the robot that is represented by the character "t".

The same idea is done with sEMG signal, which has a threshold trigger value to order the robot to switch the tweezers' state.

Thus, when the robot is on a blank paper and has a pen hold by the tweezers, it is possible for the child, with some training, to draw something on the paper.

Computer Interface

The computer interface was developed to help the evaluator and the child to achieve the goals. It resumes all the data of the tests and allows adding robots, tasks, children and auxiliary devices inside the database. It also allows searching for reports. The main screen of the program is used to better conduct the tests, once it shows all important data to the test achievement.

This computer interface can be divided, basically in six areas: main tasks, task registration, reports, children registration, robot registration, auxiliary devices registration.

The main screen is the task screen, which resume all the important data for the test achievement. It also allows the control and access of all the other parts of the program. It is necessary, before starting the test, to select a child's name, a type of test, and a robot. It is also necessary to select a camera and the communication ports of the auxiliary device and robot. The screen is shown in the Figure 6.



Figure 6. Main screen of the system.

The child’s name, robot and task is previously registered in the software database. Such information is very important once it is used to make the report.

Connection ports of sensors and robot are defined inside this part of the program. As said before, it is necessary to select a COMM port to allow communication for the robot and another one for the sensor. If the COMM port for the robot is left blank or it is not possible to communicate with, there is the option of executing the trial using the virtual robot, represented by a little yellow circle, showed on the screen. On the other hand, if there is no sensor the virtual joystick in this screen can be used as a virtual auxiliary device. The system scheme is showed in Figure 7.

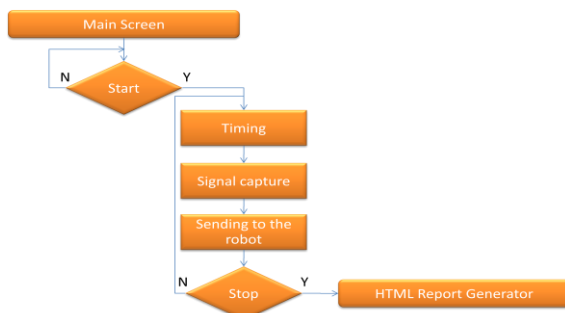


Figure 7. Simplified flowchart of software operation.

This scheme considers that a child, a test, a robot and a camera have been previously selected. If

not, the system will show a dialogbox asking for choosing what is missing. Other important thing is that inside the block “send to the robot” there is a process that will be explained further. In the system “start” and “stop”, showed in the above diagram, are, actually, the green and red buttons of control’s groupbox.

Inside this screen there is a link to “right sequence”. This part of the software allows the evaluator to choose the correct movements and the robot only will do the movement when it is correct. Wrong movements will be registered and can be used to evaluate statistically if the child has adapted well or not to the system.

Automatic Reports

After executing the trials, a report is generated, including the child’s name, the test name, the robot name, the duration of the task, the number of movements and the pre-programmed sequence, if there is any.

The list of movements done is also presented in the report. This list contains the number of the movement, excluding the movements ordering the robot to stop. Together with the number of the movement there is a picture of the child that will be followed by an arrow showing which movement the child did.

If there is no right sequence, those arrows will appear blue. If there is a right sequence, those arrows will appear green when the movement is correct and red when the movement is wrong.

Following the arrows (any kind of them) there is a little text that says the direction of the movement and finally there is the movement

time, compared with the first movement (the first movement is considered to be at moment zero).

When the system is in “right movement mode” it is possible to calculate statistically the system’s efficiency.

All this report is done to further be possible an evaluation by a Pedagogue. The pictures are very important to evaluate the emotional state of those children by looking their face expression, such as smiling or crying. Those elements are, certainly, very important, once it can make severe influence on the trials.

With some reports of those children it is possible to evaluate if they are or are not getting used to the system and if there is an improvement in behavioral-cognitive terms. A report example is shown in Figure 8.

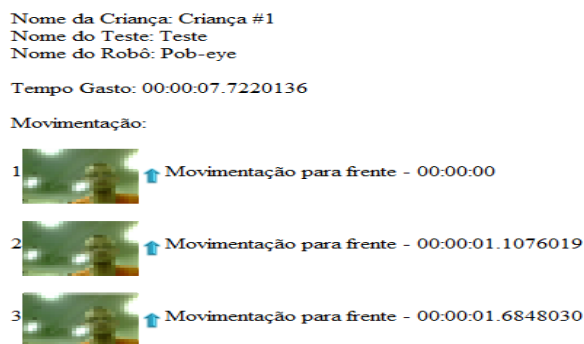


Figure 8. Report generated with the software.

Supporting the main part of the program there are the registration part (of people, robots and auxiliary devices) and the report screen.

Those registrations work similarly. They are connected to a Compact SQL Database included in Visual Studio Express Edition 2008 installation. Each registration screen has its own database. Registration and data conversion

In the child register some questions are asked, such as child’s name, birth date, which kind of disability the child has and the parent’s name. In the tasks registration just the name of task and a brief description is asked. In each case there is a unique identifier to ease the organization and searching.

In the registration of robots and auxiliary robots some more information are asked, which are very important, due its use in the translation between the auxiliary device signal and the robot signal. In other words, in those parts of the programs it is asked which signal is received when it is wanted to drive ahead, backwards, left or right. So the database knows previously which signal represents each action.

At the same time, the robot registration asks which command the robot should receive to do certain action (such as driving ahead, backwards, left and right, changing of the tweezers mode). So the software catches the signal of the auxiliary device and “translate” it to the robot. Hence, using this system, virtually any auxiliary device compatible with any robot can be used to perform the tasks. This idea is shown in Figure 9.

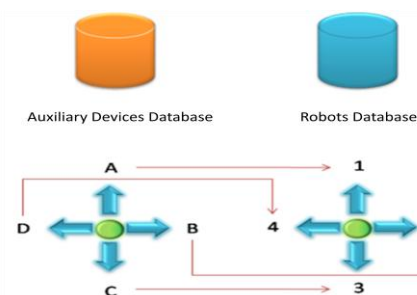


Figure 9. The correlation between the commands is done comparing equivalent items in different databases.

To illustrate this, a child would be able to control the robot with any sensor. And on the other hand with one sensor he or she can control any robot (if it is compatible).

Tasks

In order to evaluate the system developed, three tasks were performed by 14 disabled children along three weeks. The duration of each task was about 30 min. The tasks were:

INITIAL TASK (TRAINING) – MOVE THE ROBOT THROUGH A PATH WITH OBSTACLES. THIS TASK ALLOWS THE CHILDREN HAVE THE FIRST CONTACT WITH THE ROBOT AND IT WAS NECESSARY TO COMMAND THE ROBOT IN FOUR DIRECTIONS. FIGURE 10 SHOWS A PICTURE OF THE INITIAL TASK.



Figure 10. Initial task (Training) with the robot.

TASK #1 – DRAWING WITH THE ROBOT. IN THIS CASE, THE ROBOT HAS A PEN HOLD BY THE TWEEZERS AND THE CHILD SHOULD COMMAND THE ROBOT TO MOVE ON A PAPER IN ORDER TO DRAW LINES (FIGURE 11). IN THIS WORK, THE ABILITY OF MAKING FREE DRAWING WAS ALSO EVALUATED (FIGURE 12).

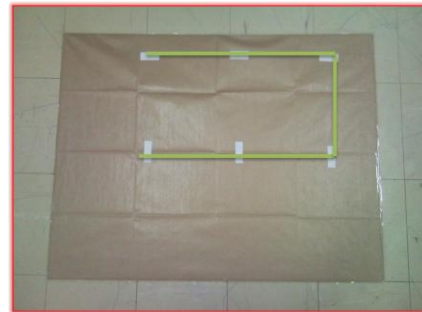


Figure 11. Drawing a path with the robot.

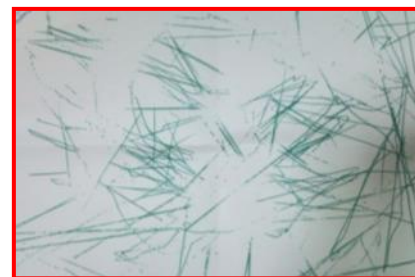


Figure 12. Free drawing made by a disabled child.

TASK #2 – COMMAND THE ROBOT THROUGH MORE COMPLEX PATHS. IN THIS CASE, THE PATH CONTAINS SOME COLOR BLOCKS USED AS OBSTACLES. THE FREE SPACE TO MOVE THE ROBOT IS REDUCED WHICH DEMAND MORE PRECISE MOVEMENTS. FIGURE 13 SHOWS THIS TASK.



Figure 13. More complex path.

Results

Several trials were carried out with 14 disabled children and it was possible to evaluate the results based on some aspects like time to finish the task, total number of movements executed by the child, number and percentage of movements that produce robot movements (valid movements), and movements by second. This evaluation was carried out after several weeks in order to find out the improvements obtained with the use of the robot to aid these disabled children.

From these aspects, movements by second and percentage of valid movements seem to represent the more important ones, because the

number of movements by second tends to diminish according to the repetition of movements with the robot made by the child. In fact, according to Table 1 and Figure 14, the number of movements by second decreased from the first to the third week, although there was an increase of these movements in the second week because in that week there was a different draw carried out by the children, needing in that case higher number of movements by second.

Table 1. Number of movements by second.

Child	Week 1	Week 2	Week 3
1	0,80	1,86	-
2	-	2,28	-
3	-	-	1,44
4	1,47	-	-
6	1,41	2,32	-
9	2,30	1,40	0,88
12	2,98	1,64	1,97
13	-	1,49	-
14	0,63	1,56	-
Average	1,60	1,79	1,43

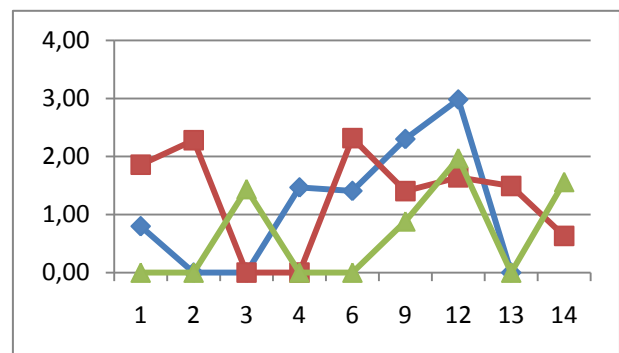


Figure 14. Moviments by second during three weeks.

In relation to the percentage of valid movements, Table 2 and Figure 15 show the increase of this parameter along the weeks, which it is expected due to the confident of using the robot by the children.

Table 2. Percentage of valid movements.

Child	Week 1	Week 2	Week 3
1	56,53%	74,78%	-
2	-	79,30%	-
3	-	-	78,37%
4	70,69%	-	-
6	89,81%	76,35%	-
9	80,43%	89,58%	85,41%
12	75,43%	73,85%	68,38%
13	-	82,49%	-
14	85,80%	87,01%	-
Average	76,45%	80,48%	77,93%

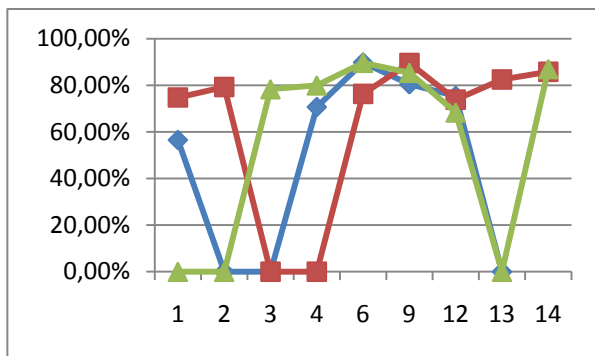


Figure 15. Percentage of valid movements.

Conclusions

The main goal of this system was to increase the communication between the child and the external world. It consequently will bring a better learning and a better social interaction as well,

which are important elements for human development.

All the system was evaluated successfully with 14 disabled children during a sequence of trials they performed.

From Table 1-2 and Figure 10-11, it is possible to find out that the children improved the learning of using the robot, which is verified comparing the number of movements by second executed along the week (decreasing of 10,6%). On the other hand, the number of valid movements also improved along the weeks (about 4%).

Using the results of the system's reports, it was possible to change and create new tasks in order to try to make those children interact even more with the environment, bringing them more independence and self- esteem.

Future works with this system include the use of this playful robot in different therapy with disabled children. This system helps also the execution of movements by these children in the field of Physiotherapy because children feel stimulated to move parts of their body when realize that their movements can command a robot.

Acknowledgments

Authors would like to thank FACITEC (Vitoria City Hall Foundation) for the funding support.

References

- [1] Thomas, R.M., *Comparing Theories of Child Development*, Wadsworth Publishing, 3^a ed., Belmont CA, 1992.
- [2] T. W. Linder,. *Transdisciplinary Play-Based Assessment; Functional Approach to Working with Young Children*. Baltimore, PH Brooks, 1990.
- [3] A. M. Cook and K. Howery, "Robot-Enhanced Discovery and Exploration for Very Young Children with Disabilities, DINF (Disability Information Resources), obtained in www.dinf.ne.jp in December 2, 1998.
- [4] R. P. Brinker and M. Lewis M, "Discovering the Competent Disabled Infant: a Process Approach to Assessment and Intervention", *Topics in Early Childhood Spec. Educ.*, 2(2), 1-15, 1982.
- [5] A. L. Scherzer and I. Tscharnuter, *Early Diagnosis and Therapy in Cerebral Palsy*, Marcel Dekker, 2^a ed., New York, 1990.
- [6] B. Todia, L. K. Irvin, G. H. S. Singer and P. Yovanoff, "The Self-Esteem Parent Program", *Disability, and Empowerment Families*, Singer GHS & Powers LE (eds), Toronto, Paul H Brookes, 1993.
- [7] Y. Swinith, D. Anson, J. Deitz, « Single-Switch Computer Access for Infants and Toddlers", *American Journal of Occupation Therapy*, 47 (11), 1031-1038, 1993.
- [8] A. M. Cook, P. Hoseit, K. M. Liu and R. Y. Lee, "Using an Arm Robotic System to Facilitate Learning in Very Young Disabled Children", *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 35, Nº 2, February 1988.
- [9] A. M. Cook, M. Meng, Dong, F.; Gu, J., "Using a Robot Arm to Facilitate the Learning in Young and Mentally Development-Delayed Children", ART (Advanced Robotics and Teleoperation) Lab, University of Alberta, Canada.
- [10] A. M. Cook, Q. H. Max, J. J. Gu and K. Howery, "Development of a Robotic Device for Facilitating Learning by Children Who Have Severe Disabilities", *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 10, Nº 3, September 2002.
- [11] A. M. Cook, P. Hoseit, K. M. Liu, R. Y. Lee and C. M. Zeteno, "Using a Robotic Arm System to Facilitate Learning in Very Young Disabled Children", *IEEE Trans Bio. Med. Engr.*, BME-35:132-137, 1998.
- [12] F. Michaud and A. Clavet, "Robotoy Contest -Designing Mobile Robotic Toys for Autistic Children", *Proc. American Society for Engineering Education (ASEE'01)*, Albuquerque, NM, 2001.
- [13] I. P. Werry. and K. Dautenhahn, "Applying Mobile Robot Technology to the Rehabilitation of Autistic Children", *Proc. 7th Int. Symp. Intelligent Robotics Systems (SIRS'99)*, Coimbra, Portugal, July 1999.
- [14] A. M. Cook, B. Bentz, N. Harbottle, C. Lynch, B. Miller, "School-Based Use of a Robotic Arm System by Children With Disabilities", *IEEE Trans Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. Vol. 13, Dec, 2005.

Improving the Accessibility at Home: Implementation of a Domotic Application using a P300-based Brain Computer Interface System

Rebeca Corralejo Palacios¹, Roberto Hornero Sánchez¹, Daniel Álvarez González¹, Laura Martín González¹

¹Grupo de Ingeniería Biomédica, E. T. S. I. de Telecomunicación, Universidad de Valladolid,
Paseo Belén 15, 47011 Valladolid, Spain
rebeca.corralejo@uva.es, robhor@tel.uva.es, dalvgon@ribera.tel.uva.es,
laura.martin.gonzalez@alumnos.uva.es

Abstract

The aim of this study was to develop a Brain Computer Interface (BCI) application to control domotic devices usually present at home. Previous studies have shown that people with severe disabilities, both physical and cognitive ones, do not achieve high accuracy results using motor imagery-based BCIs. To overcome this limitation, we propose the implementation of a BCI application using P300 evoked potentials, because neither extensive training nor extremely high concentration level are required for this kind of BCIs. The implemented BCI application allows to control several devices as TV, DVD player, mini Hi-Fi system, multimedia hard drive, telephone, heater, fan and lights. Our aim is that potential users, i.e. people with severe disabilities, are able to achieve high accuracy. Therefore, this domotic BCI application is useful to increase their personal autonomy and independence, improving their quality of life.

Resumen

El objetivo del presente estudio consiste en el desarrollo de una aplicación Brain Computer Interface (BCI) que permita controlar los principales dispositivos domóticos y electrónicos presentes en el hogar. Estudios previos han mostrado que las personas con grave discapacidad, tanto física como cognitiva, no alcanzan resultados de precisión aceptables con sistemas BCI basados ritmos sensoriomotores. Para superar esta limitación, se propone la implementación de una aplicación BCI basada en potenciales evocados P300, ya que no requiere de una etapa prolongada de entrenamiento ni de un nivel de concentración tan alto como en el caso de emplear ritmos sensoriomotores. La aplicación BCI implementada permite controlar varios dispositivos como el televisor, el reproductor de DVD, el equipo de música, un disco multimedia, un teléfono, un ventilador, un calefactor y las luces de una estancia. El objetivo consiste en que los usuarios finales, personas con grave

discapacidad, puedan controlar la aplicación y acceder a los dispositivos con precisión. Así, esta aplicación BCI domótica resultará útil para mejorar su autonomía personal e independencia en el hogar, mejorando de esta forma su calidad de vida.

1. Introduction

A Brain-Computer Interface (BCI) is a communication system that monitors the brain activity and translates specific signal features that reflect the user's intent into commands that operate a device [1]. The method most commonly used for monitoring the brain activity in BCI systems is the electroencephalography (EEG). The EEG is a non-invasive method that requires relatively simple and inexpensive equipment and it is easier to use than other methods [2], such as magnetoencephalography (MEG) or positron emission tomography (PET).

BCI systems can be classified into two groups according to the nature of the input signals. Endogenous BCIs depend on the user's control of endogenous electrophysiological activity, such as amplitude in a specific frequency band of EEG recorded over a specific cortical area [2]. BCIs based on sensorimotor rhythms or slow cortical potentials (SCP) are endogenous systems and often require extensive training. Other systems depend on exogenous electrophysiological activity evoked by specific stimuli and they do not require extensive training [2]. BCIs based on P300 potentials or visual evoked potentials (VEP) are exogenous systems.

This preliminary study proposes the implementation of a BCI application to allow disabled people to interact with the devices present at their usual environment. Thus, the application will increase their autonomy and independence at home. The proposed BCI application uses the P300 evoked potentials as control signal. In previous studies [3, 4] a domotic application was implemented using a motor imagery-based BCI system. Potential users of this kind of systems evaluated the application. People with severe disabilities, both physical and cognitive ones, from a disability and dependence reference center located in León (Spain) participated in the study. Our results showed that subjects had severe difficulties to achieve high accuracy moving the cursor to the desired targets. Probably, it was due to their cognitive problems. Motor imagery-based BCI systems require an extensive training period and subjects need a very high level of concentration. Users have to pay complete attention to the motor imagery mental tasks necessary to move the cursor. To overcome this limitation, the present preliminary study proposes the implementation of a domotic control application using a P300-based BCI system. These systems do not require extensive training. Thus, the domotic application probably is easier to control for people with severe disabilities. In a BCI system based on P300 evoked potentials, a visual stimulus evokes characteristic electrophysiological activity. It is also called the 'oddball' paradigm [2]. Many visual stimuli are presented to the subject but only one is related to the option he wants to select. Thus, this specific stimulus evokes a potential peak, approximately 300 ms after the stimulus, called P300 evoked potential. Analyzing

for what stimulus appeared the P300 potential it is possible to know what is the desired option.

Recently, several studies have analyzed the performance of P300-based BCIs with disabled people. Nijboer *et al.* reported a mean accuracy of 79% working with four subjects disabled by amyotrophic lateral sclerosis (ALS) [5]. In the study of Hoffman *et al.*, five disabled subjects with different pathologies (cerebral palsy, multiple sclerosis, ALS, traumatic brain and spinal-cord injury, and post-anoxic encephalopathy) participated [6]. Four of them were able to achieve 100% accuracy after 12 blocks of stimuli presentations. However, the other disabled subject could not obtain classification accuracies above chance level [6].

P300-based BCI systems were initially used to select letters and allow subjects to communicate with other people. Recently, other applications using P300 potentials have been proposed: browsing the Internet [7], publishing messages in the Twitter social network, controlling the movement of a wheelchair [8] or teleoperating a robot [9].

Our domotic application allows the user to control several devices usually present at home: a TV set, a DVD player, a mini Hi-Fi system, a multimedia hard drive, a telephone, the lights of a room and the heating and ventilating devices. Thus, the users can interact more easily with their common environment, increasing their independence, personal autonomy and accessibility.

This communication is organized as follows: Section 2 introduces the P300 response bases. In Section 3, EEG recording details are presented. Section 4 describes the domotic BCI application

design and in Section 5, the resultant application is shown. Finally, Section 6 contains a discussion of the preliminary results. It also includes the main conclusions and the proposed future work.

2. The 'Oddball' Paradigm and the P300-based BCI systems

A P300-based BCI has an apparent advantage. It requires no initial user training: P300 is a typical, or naive, response to a desired choice [2]. At the same time, P300 and related potentials change in response to conditioning protocols, and it is also likely they change over time and with the subjects' age [2, 10, 11].

Infrequent or particularly significant auditory, visual or somatosensory stimuli, when interspersed with frequent or routine stimuli, typically evoke in the EEG over parietal cortex a positive peak at about 300 ms [2, 12]. Thus, BCIs based on P300 evoked potentials are exogenous systems since they depend on exogenic electrophysiological activity evoked by specific stimuli. This P300 or oddball response has been used in BCI systems [2, 7, 8, 9, 13, 14].

The user faces a 6 x 6 matrix of letters, numbers and/or other characters [13]. Every 125 ms, a single row or column flashes. The rows and the columns are intensified in a random sequence in such a manner that all 6 rows and 6 columns were intensified before any was repeated [13]. Thus, in a complete trial of 12 (6 rows + 6 columns) flashes, each character flashes twice.

The user makes a selection by counting how many times the row or column containing the desired choice flashes [2, 13]. Usually, EEG over parietal and occipital cortex is recorded, the average response to each row and column is computed and P300 amplitude for each possible choice is obtained. The P300 potential is prominent only in the responses elicited by the desired choice, and the BCI uses this effect to determine the user's intent [2].

In online experiments and offline simulations, a variety of different algorithms for recognizing the desired choice have been evaluated, and the relationship between the number of trials per selection and BCI accuracy has been described [2, 13]. These analyses suggest that the current P300-based BCI could yield a communication rate of one word (i.e. 5 letters) per minute and also suggest that considerable further improvement in speed should be possible. In people with visual impairments, auditory or tactile stimuli might be used [10].

3. EEG Recordings

A g.USBamp biosignal amplifier (g.tec, Austria) of 16 monopolar channels is used to record the subjects' EEG activity. The EEG channels are recorded monopolarly with the left ear serving as reference and the right ear as ground. Signals are sampled at 256 Hz, bandpass-filtered between 0.1 and 60 Hz and Notch-filtered at 50 Hz. Impedances are kept below 5 k Ω . Eight EEG channels are recorded: Fz, Cz, CP3, CP4, Pz, PO3, PO4 and Oz, according to the modified international 10–20 system [15]. This group of

channels is selected because it is able to detect the proper P300 response around Cz and also other evoked potentials elicited by visual stimuli over the visual cortex [16]. A Common Average Reference (CAR) spatial filter is used to maximize the Signal to Noise ratio (SNR) [17].

The users start performing a calibration session. They have to select a fixed sequence of buttons from the matrix shown on the screen. The EEG activity related to the calibration session is then analyzed offline to detect the specific instants and channels where the P300 response and the other visual evoked potentials are more explicit and, therefore, easier to detect. To that purpose, we use the 'P300 Classifier' tool included in the BCI2000 general-purpose system [18]. This tool uses a Stepwise Linear Discriminant Analysis (SWLDA) [13, 14, 18] to select the best features for each subject. An LDA classifier is developed using these features. Once the classifier is defined, the domotic application can be used to control the environment.

4. Domotic Application Design

Digital homes are considered as accessibility tools, improving personal autonomy and quality of life by making easier the access to devices present at home. However, people with severe motor disabilities need a special interface to access these devices. BCI systems could be really useful for these people to control the devices present at their usual environment.

Our application will take into account the more common needs of disabled people: comfort (control of temperature, lights, etc.), communication (telephone) and entertainment (TV, DVD player, multimedia devices, etc.). Making easier the access to this kind of devices, disabled people will be able to perform by themselves common daily activities.

To implement the domotic application the BCI2000 general-purpose system will be used [18]. A friendly interface will be programmed in C++ language to show the different control options to the users. Thus, they will be able to navigate through different menus and access to most of the devices' functionalities. As the proposed devices are controlled by infrared (IR) signals, an IR emitter device will be used to send the commands to the TV, the DVD player, the telephone, etc.

After the calibration session, in the following sessions the users have to select a sequence of buttons previously proposed. For each button, if the BCI system selects the correct one, i.e. the proposed button, this trial counts as a hit,

otherwise as a miss. Thus, it is possible to assess the accuracy as the percentage of hits to the sum of hits and misses. The SWLDA classifier identifies the suitable discriminant function by adding spatiotemporal features (i.e., the amplitude valued at a particular channel location and time sample) to a linear equation based on the features that demonstrate the greatest unique variance [5]. In the initial experiments at our laboratory, a healthy person is able to achieve 90% accuracy after 15 blocks of stimuli presentations.

5. Results

Our application has been designed taking into account the needs of its potential users: people with severe disabilities. Our aim is that disabled people test and evaluate the BCI application. Users from the National Reference Center (CRE) of Disability and Dependence located in San Andrés del Rabanedo (León, Spain) will test the application.

The application is based on the P300 response to infrequent stimuli. It allows to control several devices related to domestic, comfort, communication and entertainment needs. Our application controls the following devices and their main functionalities:

- TV: switching on/off; volume control: turning up/down or muting; channel selection: up/down or selection from 0 to 9; menu configuration: accessing/exiting the menu, enter, right, left, up and down;

- accessing the teletext; and coming back to the main menu.
- *DVD player*: switching on/off; playing, pausing, stopping, going to the next or previous films or photos; exploring the DVD's contents: menu, list, up, down and enter options; muting the volume; and coming back to the main menu.
 - *Hi-Fi system*: switching on/off; volume control: turning up/down or muting; radio or CD function selection; reproduction options: play/pause and stop; next or previous track or radio station selection; and coming back to the main menu.
 - *Multimedia hard drive*: switching on/off; exploring the hard drive's contents: menu, up, down, right, left and enter; playing, pausing, stopping, going to the next or previous films, audio files, photos, etc; showing/hiding the subtitles; and coming back to the main menu.
 - *Phone*: picking up and putting down the phone; dialing a phone number: selecting from 0-9; making a phone call; accessing the contacts list; dialing a memorized phone number; and coming back to the main menu.
 - *Lights*: switching on/off; changing the light color: white, red, blue, green, orange or purple; turning up/down the intensity; flashing mode; and coming back to the main menu.
 - *Heating*: switching on/off; turning up/down the intensity; programming the sleep function, from 30 min to 4h; activating/deactivating the swing mode; and coming back to the main menu.
 - *Ventilating*: switching on/off; increasing or decreasing the speed; programming the sleep function; activating/deactivating the swing mode; activating/deactivating the desired ventilators; and coming back to the main menu.

The domotic application shows the user the main menu on the screen. The main menu consists on a 3 x 4 matrix of images that depict a specific action or device. It includes the devices previously specified and some control commands as stop, pause or resume the running application. The rows and the columns of the main menu will be randomly flashed while the user stares the desired image and counts how many times the row or column containing it flashes. Thus, as it is more likely any other image flashes than the desired one, when the desired image flashes a P300 potential is elicited, approximately 300 ms after the stimulus. Analyzing the user's EEG activity is possible to find out what row and column elicited a P300 potential. From this information it is possible to know what element of the matrix is the desired one: the intersection between the row and column that present a P300 response. Once the application knows the desired option it performs the command (pause, stop, resume) or accesses to the corresponding submenu (DVD, lights, telephone, multimedia hard drive, etc.). Every submenu shows the user a matrix of images related to different functions and options: switch on/off the device, turn up/down the volume, making a phone call, coming back to the main menu, etc. Likewise in the main menu, the rows and columns of the submenu are randomly flashed. Meanwhile, the user counts how many times the desired option flashes. Once the system identifies the desired action, it performs the corresponding command. For instance, if the user selects 'switch off the TV' the domotic application performs this command by means of an IR emitter device connected to the PC. Thus, users can navigate through the application menus and control the domotic and electronic devices.

Figure 1 shows the main menu of the domotic BCI application. The users can select the desired device or stop, pause or resume the running application. Figure 2 also shows the main menu. In this specific frame one row of the matrix, the first one, is flashed.

Figures 3 and 4 show the DVD and heating submenus, respectively. They consist on two 3 x 4 matrices of images depicting the basic options of these devices. In the frame shown in Figure 4, one of the columns of the matrix, the third one, is being highlighted.

6. Discussion and Conclusion

The aim of this preliminary study was to implement a domotic application to increase the accessibility at home of people with severe disabilities. The usefulness of the implemented application will be tested and evaluated by users from the CRE of Disability and Dependence in the upcoming months.

A group of ten users from the CRE of Disability and Dependence has been formed to test the usefulness and performance of the domotic BCI application. Four users are the same that took part in our past studies [3, 4] with a motor imagery-based BCI application. Thus, we could compare the results achieved with both kinds of BCI systems. We found that motor imagery-based BCIs had an important limitation: users with severe cognitive disabilities could not control the system suitably. As P300-based BCIs are easier to use and they do not require an extensive training

period [2], probably results using this new application could improve previous results. We also include six new subjects in the study to assess more suitably the performance of the domotic application. Comments and suggestions from these users will be taken into account to improve the application and make it as much as functional and usable as possible.

Our results will be compared with other studies [5, 6] working with disabled people. We hope to achieve similar accuracy results. Nevertheless, this study also proposes a domotic application to increase the accessibility at home, allowing the subjects to control usual devices: TV,



Figure 1. Main Menu of the domotic BCI application. The user can choose between different devices usually present at home: TV, DVD, telephone, heater, lights, etc.



Figure 2. Main Menu of the domotic BCI application while running. In this frame the first row is highlighted.

DVD player, mini Hi-Fi system, lights, fan, heater, telephone and a multimedia hard drive.

Our application could also be expanded to control any domotic device placed at a digital or intelligent home. It would be possible to add new output interfaces to the application: Bluetooth, Ethernet, Wireless LAN, etc. Therefore, disabled people could access any device placed in their usual environment decreasing their dependence on caregivers, nurses, relatives, etc.



Figure 3. DVD Submenu of the domotic BCI application.

The user can perform different commands over the DVD player: on/off, play, pause, forward, list,

etc. It also allows the user coming back to the main menu.



Figure 4. Heating Submenu of the domotic BCI application while running.

The user can select different commands of the heater: on/off, timer, increase/decrease power, activate/deactivate the swing option, etc. In this frame the third column is highlighted.

The present work is a preliminary study and it presents some limitations. Although the domotic application is already implemented, it has only been tested by healthy users from our laboratory. In the upcoming months we will carry out experiments with potential users of BCI systems, from the CRE of Disability and Dependence.

In summary, the present preliminary study proposes a BCI application based on P300 potentials to allow disabled people to control effectively the devices present at home. Potential users of these systems will test and evaluate the application performance. Accuracy will be compared with other domotic application using a motor imagery-based BCI. Our experience with healthy users suggests that the results could be higher using P300-based BCIs, as they do not require a long and extensive training period.

7. References

- [1] J.R. Wolpaw, N. Birbaumer, W.J. Heetderks, D.J. McFarland, P.H. Peckham, G. Schalk, E. Donchin, L.A. Quatrano, C.J. Robinson, and T.M. Vaughan, "Brain-Computer Interface Technology: A Review of the First International Meeting", *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, 2000, vol. 8, pp. 164–173.
- [2] J.R. Wolpaw, N. Birbaumer, D.J. McFarland, G. Pfurtscheller, and T.M. Vaughan, "Brain-Computer Interfaces for Communication and Control", *Clinical Neurophysiology*, 2002, vol. 113, pp. 767–791.
- [3] R. Corralejo, D. Álvarez, and R. Hornero, "Brain Computer Interface Aplicado al Control de una Aplicación Domótica", *Actas del Simposio CEA de Bioingeniería*, 2010, pp. 28–36.
- [4] R. Corralejo, R. Hornero, and D. Álvarez, "A Domotic Control System Using Brain-Computer Interface", *International Work Conference on Artificial Neural Networks (IWANN)*, 2011, Accepted.
- [5] F. Nijboer, E.W. Sellers, J. Mellinger, M.A. Jordan, T. Matuz, A. Furdea, S. Halder, U. Mochty, D.J. Krusienski, T.M. Vaughan, J.R. Wolpaw, N. Birbaumer, and A. Kübler, "A P300-based Brain-Computer Interface for People with Amyotrophic Lateral Sclerosis", *Clinical Neurophysiology*, 2008, vol. 119, pp. 1909–1916.
- [6] U. Hoffmann, J.M. Vesin, T. Ebrahimi, and K. Diserens, "An Efficient P300-based Brain-Computer Interface for Disabled Subjects", *Journal of Neuroscience Methods*, 2008, vol. 167, pp. 115–125.
- [7] E.M. Mugler, C.A. Ruf, S. Halder, M. Bensch, and A. Kübler, "Design and Implementation of a P300-based Brain-Computer Interface for Controlling an Internet Browser", *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineer*, 2010, vol. 18, no. 6, pp. 599–609.
- [8] I. Iturrate, J.M. Antelis, A. Kübler, and J. Mínguez, "A Noninvasive Brain-Actuated Wheelchair Based on a P300 Neurophysiological Protocol and Automated Navigation", *IEEE Transactions on Robotics*, 2009, vol. 25, pp. 614–627.
- [9] C. Escolano, J. Antelis, and J. Mínguez, "Human Brain-Teleoperated Robot between Remote Places", *Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 2009, pp. 4430–4437.
- [10] B. Roder, F. Rosler, E. Hennighausen, and F. Nacker, "Event-related Potentials during Auditory and Somatosensory Discrimination in Sighted and Blind Human Subjects", *Cognitive Brain Research*, 1996, vol. 4, pp. 77–93.
- [11] N.S. Dias, P.M. Mendes, and J.H. Correia, "Subject Age in BCI2000", *Proceedings of the 2nd International IEEE EMBS Conference on Neural Engineering*, 2005, pp. 579–582.
- [12] E. Donchin, and D.B. Smith, "The Contingent Negative Variation and the Late Positive Wave of the Average Evoked Potential", *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 1970, vol. 29, pp. 201–203.
- [13] E. Donchin, K.M. Spencer, and R. Wijesinghe, "The Mental Prosthesis: Assessing the Speed of a P300-based Brain-Computer Interface", *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, 2000, vol. 8, pp. 174–179.
- [14] L.A. Farwell, and E. Donchin, "Talking Off the Top of Your Head: Toward a Mental Prosthesis Utilizing Event-related Brain Potentials", *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 1988, vol. 70, pp. 510–523.
- [15] H.H. Jasper, "The Ten Twenty Electrode System of the International Federation", *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 1958, vol. 10, pp. 371–375.
- [16] G. Schalk, and J. Mellinger, "BCI2000 Bulletin Board: Channels for P300 Experiments", available in: <http://www.bci2000.org/phpbb/viewtopic.php?f=2&t=918&p=3263>, 2011.
- [17] D.J. McFarland, L.M. McCane, S.V. David, and J.R. Wolpaw, "Spatial Filter Selection for EEG-based Communication", *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 1997, vol. 103, pp. 386–394.
- [18] Schalk, G., and J. Mellinger, *A Practical Guide to Brain-Computer Interfacing with BCI2000*, Springer-Verlag London, 2010.

8. Acknowledgements

This work has been supported in part by “Instituto de Mayores y Servicios Sociales (IMSERSO), Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad”, under the project 84/2010 and also by a project from “Fundación MAPFRE – Ayudas a la investigación 2010”.

We thank the “CRE de Discapacidad y Dependencia” Center, located in San Andrés del Rabanedo (León), for their support and collaboration in this project.

DAI Middleware: plataforma de Hogar Digital para la provisión de servicios orientados a la vida asistida por el entorno

Miguel Cabo-Díez, Francisco Javier Ferrández-Pastor, Francisco Flórez-Revuelta, Vicente Romacho-Agud

Departamento Tecnología Informática y Computación, Universidad de Alicante, Carretera San Vicente del Raspeig s/n, Alicante, España
mcabo@dtic.ua.es, fjjferran@dtic.ua.es, florez@dtic.ua.es, vagud@dtic.ua.es

Resumen

Los servicios orientados a Entornos de Vida Asistida en el hogar requieren instalaciones capaces de ofrecer el soporte necesario para desarrollarlos. Dentro de dichas exigencias, la interoperabilidad entre las diferentes tecnologías instaladas o potencialmente instalables, se manifiesta cada vez más necesario. En este trabajo se presenta una plataforma de hogar digital que incluye un middleware distribuido para la Vida Asistida por el Entorno y Entornos de Seguridad Personal, el cual permite el intercambio de información estructurada entre los distintos servicios y una interfaz de entrada universal al sistema para garantizar la interoperabilidad con todo tipo de interfaces orientadas al usuario. Dicha plataforma integra diferentes tecnologías domóticas, permite relacionar todos los dispositivos del hogar y posibilita el acceso de forma transparente a los mismos. La plataforma DAI se ha puesto en marcha y está operativa en la casa-laboratorio construida

dentro del proyecto metalTIC Hogar Digital. En dicha instalación se muestran las facilidades ofrecidas así como el resultado obtenido tras su instalación y posterior validación.

Abstract

The Ambient Assisted Living services in a home require facilities capable of providing the necessary support to develop them. Within these requirements, the interoperability between different technologies, installed or potentially installable, is shown as an increasing necessity. In this paper a digital home platform that includes a distributed middleware for Ambient Assisted Living and safety is presented. It allows the exchange of structured information between different services and a universal input interface in order to ensure interoperability among all types of user-oriented interfaces. This platform integrates various home automation technologies that allow linking all devices in a home and a

transparent access to them. DAI's platform has been launched and is already running in a home/lab, built for the project MetaTIC Digital Home. In this place the available facilities are shown in live, as well as the results obtained after installation and subsequent validation.

1. Introducción

Los criterios de diseño en el momento de abordar una plataforma de integración definen las capacidades y las limitaciones de la misma tanto en su propia concepción como en su posterior desarrollo. Si tenemos en cuenta que se trata de integrar tecnologías de control y comunicación para ofrecer servicios avanzados en el hogar, el hecho de definir una estrategia independiente de cualquier tecnología facilita la tarea a lo largo de todo el ciclo. A esta línea de actuación le hemos incorporado un requerimiento fundamental: el diseño debe estar orientado a la provisión de servicios. Los criterios del diseño, por lo tanto, serán la independencia de tecnologías y el diseño orientado a la generación de servicios accesibles.

Con estos criterios se aborda el diseño de la plataforma donde, previamente se efectúa una revisión de diferentes proyectos que desarrollan plataformas con criterios y puntos de partida similares. En el apartado siguiente se realiza esta revisión tomando el concepto de middleware para servicios AAL como propuestas más aproximadas a este trabajo. A continuación se introduce el diseño de la plataforma y finalmente se presenta un caso de estudio a modo de ejemplo de implantación.

2. Middleware en entornos de vida asistida

Un Entorno de Vida Asistida (AAL, Ambient Assisted Living) tiene como objetivo ampliar el tiempo que las personas pueden vivir de manera independientemente en sus hogares, incrementando su autonomía y la confianza en sí mismo, asistiéndoles en el desempeño de actividades cotidianas, vigilando y cuidando a las personas mayores o enfermos, mejorar la seguridad y ahorrar recursos.

Un Entorno de Vida Asistida es una iniciativa europea basada en el artículo 169 del Tratado Europeo, el cual surgió con el fin de atender las necesidades de las personas mayores, para reducir las barreras de innovación y futuros costos de la seguridad social

Los objetivos generales del programa AAL son: por un lado, mejorar la calidad de vida de las personas mayores en sus hogares, ya que prefieren vivir en su propia casa en vez de vivir en un hogar común para personas de edad avanzada. Por otro lado, reducir los costos asociados con la atención a las personas mayores. Ya que existe un problema con el envejecimiento de la población, debido a la mayor esperanza de vida y disminución de la tasa de nacimiento.

AAL es una iniciativa europea, pero Europa no es la única comunidad que se enfrenta al problema del envejecimiento de la sociedad [1], se trata de un problema común a nivel mundial [2]. La filosofía de un Entorno de Vida

Asistida, es ayudar a las personas de edad avanzada a vivir de forma independiente en su propio hogar el mayor tiempo posible, esta filosofía se extiende a todo el mundo. En los párrafos siguientes se describen los proyectos e iniciativas que se han desarrollado o se están desarrollando en este ámbito.

La aplicación de la Inteligencia Ambiental ha llegado a numerosas áreas, como a la automatización del hogar, alumbrado urbano o al automóvil. Las soluciones anteriores, así como las investigaciones que se encuentran en curso se han concentrado en las tecnologías de las áreas de aplicación específicas de cada campo. Esto ha llevado a diversas aplicaciones aisladas y arquitecturas incompatibles entre sí, de las áreas de aplicación específica, las cuales impiden cualquier conversión tecnológica o comercial a gran escala.

Una visión de la inteligencia ambiental es que la funcionalidad embebida distribuida en los dispositivos, actuadores y sensores, deben ser utilizados sin problemas y ponerse a disposición de los usuarios mediante paradigmas de interacción natural. Por tanto, un espacio de AAL, se puede modelar como un conjunto dinámico de nodos de red, donde cada uno de los nodos puede ser un componente conectado a una red física.

Debido a la alta distribución de los sistemas basados en Inteligencia Ambiental, el diseño arquitectónico de un Entorno de Vida Asistida debe seguir una filosofía orientada hacia el uso de servicios.

El middleware de cada uno de los nodos debe de ser capaz de ofrecer y/o consumir servicios. Además los diferentes componentes lógicos que conforman el nodo, deben ser capaces de comunicarse entre sí mediante una misma capa

middleware, garantizando así que no actúen como dos nodos distintos.

El middleware de un entorno AAL debe proporcionar una comunicación completamente descentralizada entre sus componentes. Además este middleware debe ser capaz de ejecutar estrategias para la resolución de conflictos y garantizar razonablemente el flujo de datos. Jini [3], HAVi [4], JXTA [5] y UPnP [6] hacen posible la comunicación entre dispositivos de los diferentes fabricantes. Existen algunas tecnologías basadas en agentes para la gestión y comunicación de servicios como Open Architecture Agent (OAA) [7], Galaxy Communicator Architecture [8] o INCA [9]. Galaxy utiliza un componente centralizado que posee reglas de enrutamiento que determinan el flujo de datos que utiliza el OAA, el cual usa mecanismos basados en Prolog. De igual manera en el sistema Jaspis [10], se emplean agentes de evaluación para la valoración de la calidad de posibles destinatarios. INCA utiliza un componente central para el registro de componentes y para la entrega de mensajes. La arquitectura del sistema AMIGO [11] reconoce las necesidades del servicio de descubrimiento y las estrategias de la composición de servicios, pero cada componente es responsable de la aplicación de tales estrategias. Por otro lado el middleware SodaPop [12] se emplea en el proyecto DynAMITE [13]. Este ofrece la posibilidad a los componentes del grupo, de dirigir la comunicación entre los diferentes componentes, los cuales integran distintas estrategias de resolución de conflictos.

2.1. REVISIÓN DE PLATAFORMAS MIDDLEWARE

A continuación se enumeran algunos de los proyectos europeos más relevantes en el ámbito de vida asistida por el entorno.

SOPRANO: Service-oriented Programmable Smart Environments for Older Europeans [14].

Es un proyecto financiado por la Unión Europea, tiene como objeto apoyar la vida independiente de las personas mayores en su propia casa. Desarrollando servicios inteligentes y asequibles, basados en las TIC interaccionando con ellos mediante interfaces usables para estas personas y sus familiares. Los temas principales dentro de este proyecto son: el diseño y el uso de una nueva metodología de evaluación de AAL adaptada a requisitos específicos del dominio AAL, la investigación de la ecología de mercado y necesidades de los usuarios y el desarrollo de una infraestructura básica para la asistencia al usuario, desarrollador y proveedor de servicio. La versión actual de openAAL (middleware de código abierto para un ambiente de vida asistida) se desarrolló principalmente en el transcurso de las actividades técnicas de Soprano.

I2HOME: Intuitive interaction for everyone with home appliances based on industry standards [15]. Este proyecto aborda el problema de vivir de forma independiente, mediante un enfoque basado en los estándares existentes. Se centra en el uso de dispositivos en el hogar para las personas con limitaciones físicas y/o personas mayores. Al mismo tiempo, el proyecto se encarga de que las estrategias del uso de los dispositivos desarrollados y estandarizados

sean aplicables a dominios más allá de los del hogar.

MPOWER: Middleware platform for eMPOWERing cognitive disabled and elderly [16]. Este proyecto define una plataforma abierta para simplificar y acelerar la tarea de desarrollo y despliegue de servicios para personas con limitaciones físicas, cognitivas y/o de edad avanzada. Esta plataforma en particular soporta redes de sensores inteligentes garantizando la interoperabilidad entre los dispositivos del hogar e instituciones (hospitales, centros de asistencia, etc.), además garantizando una comunicación segura y privada tanto de la información médica como social.

CAALYX: Complete ambient assisting living experiment [17]. El objetivo principal de este proyecto es desarrollar un dispositivo portátil capaz de medir las constantes vitales propias de las personas de edad avanzada o enfermas, para detectar caídas y comunicar de manera autónoma en tiempo real con su médico en caso de una emergencia, estén donde estén. La información de emergencia se puede dirigir tanto al cuidador personal como al Servicio de Emergencias 112. La información de emergencia proporciona la posición geográfica y la información de salud de las personas mayores al cuidador o el servicio de emergencia.

INHOME: An intelligent interactive services environment for assisted living at home [18]. El objetivo de este proyecto es proporcionar los medios necesarios para mejorar la calidad de vida de las personas mayores en el hogar, mediante el desarrollo de tecnologías genéricas para la gestión de entorno doméstico, compuesto por electrodomésticos, equipos de

entretenimiento y sistemas de automatización del hogar, con el objetivo de aumentar su autonomía y bienestar. Este proyecto se basa en la tecnología proporcionada por el proyecto ESTIA, que se centra en el diseño y desarrollo de tecnologías para la gestión y personalización eficaz de contenidos audiovisuales y de las funciones de los electrodomésticos, a nivel local, dentro de la casa. INHOME utiliza la arquitectura ESTIA con el fin de diseñar y desarrollar un conjunto de servicios para las personas mayores, con el objetivo de mejorar su autonomía y bienestar en el hogar.

PERSONA Project: Perceptive spaces promoting independent aging [19]. Este proyecto consiste en potenciar el paradigma de la Inteligencia Ambiental mediante la armonización de un entorno de Vida Asistida. En este proyecto se integran en un mismo sistema, tecnologías y conceptos para el desarrollo de soluciones sostenibles y asequibles para la inclusión social y la vida independiente de las personas mayores. Se ha desarrollado una plataforma abierta, escalable y estándar para construir una amplia gama de servicios AAL, así probar y poder demostrar los desarrollos en la vida real, la evaluación de su impacto social, así como establecer estrategias de negocio inicial, para el despliegue futuro de tecnologías y servicios.

AMIGO: Ambient Intelligence for the Networked Home Environment [20]. Este proyecto tiene como objetivo superar los obstáculos a la aceptación generalizada de esta nueva tecnología. El proyecto desarrolla middleware abierto normalizado, interoperable y con servicios atractivos para el usuario, lo que mejora la usabilidad del usuario final. El proyecto mediante el uso de prototipos y aplicaciones demuestra la usabilidad para el usuario final y el atractivo del sistema, esto

conlleva a la mejora de la vida cotidiana, abordando todos los aspectos vitales del usuario: cuidados en el hogar y seguridad personal, la información y entretenimiento en el hogar. Todo esto sin descuidar la interoperabilidad entre todos los equipos y servicios que se encuentran en la red del hogar, utilizando tecnologías estándar cuando sea posible, haciendo que el middleware de base y los servicios básicos disponibles para el usuario sean software de código abierto.

OASIS: Open architecture for Accessible Services Integration and Standardization [21]. Este proyecto presenta una arquitectura abierta con una ontología innovadora. Esta arquitectura permite y facilita la interoperabilidad, la conectividad y el intercambio de contenido entre los distintos servicios y ontologías en todos los dominios de aplicación, correspondientes a las solicitudes de las aplicaciones de las personas mayores. Incluye un conjunto de nuevas herramientas para el contenido y la gestión de los servicios, para la creación de interfaces de usuario, la adaptación y personalización de servicios y la integración. A través de esta nueva arquitectura, más de 12 tipos distintos de servicios están conectados con la plataforma OASIS para el beneficio de las personas mayores, de esta forma se cubre las necesidades del usuario. Las aplicaciones se integran como un lote unificado y dinámico de servicios, gestionado por el centro de servicio de OASIS, apoyado por todo tipo de dispositivos móviles y entornos.

UNIVERSAAL: Open platform and reference Specification for Ambient Assisted Living [22]. Este proyecto está financiado por la Unión Europea. Se encuentra en las primeras fases de ejecución ya que ha sido iniciado recientemente, tiene como objetivo recoger los

escenarios, las necesidades y las soluciones técnicas de distintos proyectos con el fin de consolidar y estandarizar la plataforma middleware para un Entorno de Vida Asistida. Los proyectos: PERSONA, M-POWER, SOPRANO y AMIGO, junto con la plataforma openAAL, son varios de los sistemas que se están considerando para llevar a cabo la consolidación.

3. Diseño de la plataforma DAI

La revisión del estado del arte del middleware existente reafirma los criterios establecidos para el diseño planteado; a estas líneas de actuación (que tienen que ver con la capa de abstracción a partir de la cual se construyen los servicios) se le incorporan las líneas necesarias para la integración de diferentes tecnologías domóticas, de control y de comunicación, completando de ese modo una plataforma que cubre desde la instalación de los elementos de sensorización y actuación hasta los servicios automáticos de vida asistida.

Se plantean por tanto dos niveles de actuación, en el primero se deberá resolver el problema de la integración y la independencia de las tecnologías domóticas. En el segundo nivel se diseñará el middleware que incorporará el soporte necesario para la incorporación de los servicios AAL.

3.1. RED DE CONTROL: CAPA DE INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS DOMÓTICAS

El hogar digital con potencial para instalar servicios accesibles es capaz de desarrollar numerosas alternativas y de ofrecer soluciones que dependen incluso del tipo de usuario mediante interfaces accesibles. Por tanto, el punto de partida del diseño ha sido el de enfocarlo hacia los servicios.

En este sentido, cada servicio instalado o potencialmente instalable puede relacionarse a su vez con otros servicios ya existentes, estableciéndose numerosas relaciones en las que es difícil establecer una clasificación que complete todas las posibles combinaciones y propuestas.

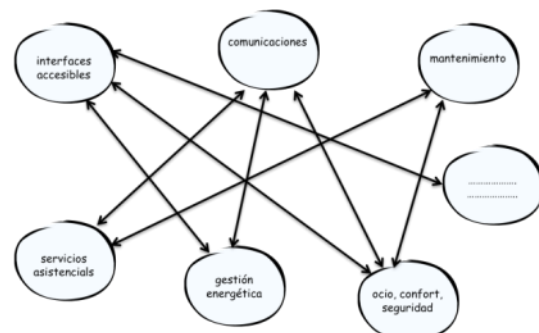


Figura 1. Interrelación entre servicios

La figura 1 muestra el escenario al que nos enfrentamos, el cual debemos resolver de forma genérica para que todos los casos que se deriven tengan solución.

Si lo enfocamos a la resolución de los servicios y queremos que la plataforma sea independiente de cualquier tecnología domótica debemos pensar en un tipo de comunicación universal que pueda resolver cualquier relación de integración entre

protocolos y que sirva de soporte a la capa middleware. Esta comunicación la conseguimos con el diseño de una intranet que denominaremos intranet de hogar digital (IHD).

Esta intranet incorpora todos los beneficios de internet en el escenario planteado y resuelve las exigencias del diseño especificadas anteriormente. La figura 2 muestra el cambio de un escenario con interrelaciones complejas (figura 1). La IHD se corresponde con una red Ethernet-WLAN a través de la cual todas las tramas de datos convergen, bien desde cualquier protocolo domótico (local), bien desde una petición externa (remota).

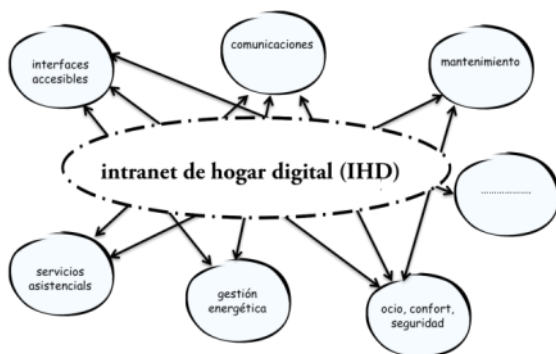


Figura 2. Intranet de hogar digital

Este soporte de comunicación permite hacer interoperable cualquier tecnología de control domótica que cuente con un módulo pasarela a Internet. Cada tecnología es compatible en la red IHD y la instalación se corresponderá a la estructura presentada en la figura 3.

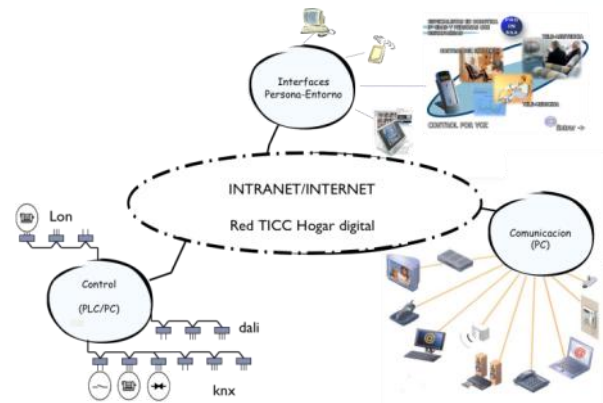


Figura 3. Interoperabilidad entre dispositivos a través de la IHD

En la figura anterior se muestra que el control de los dispositivos domóticos está resuelto en primera instancia en su propio bus. El control con PLC (Controlador Lógico Programable) o PC (Computador personal) puede estar distribuido y conectado a la intranet desde diferentes puntos de enlace, bien por tecnologías bien por servicios. Cada tecnología de control domótico puede integrarse con un control con PC, PLC o sistema embebido programable. Si la interacción es externa, a través de un servicio sobre interfaces o bien sobre un servicio de comunicación. Por tanto, la IHD se convierte en el camino sobre el que hacer interoperable cualquier dispositivo. Tanto las peticiones como las respuestas se resuelven a este nivel en la propia intranet.

La arquitectura presentada resuelve aplicaciones de nivel básico (control e interoperabilidad en el control de los sistemas), para ampliar el rango de funcionalidad a los niveles exigidos a instalaciones adaptables a las necesidades y capacidades de las personas en entornos asistidos se propone desarrollar una capa middleware que toma la IHD como soporte y que proporciona el conjunto de funciones necesarias para el desarrollo de los servicios especializados.

El middleware ofrece también la posibilidad de eliminar módulos de control por PC o PLCs ya que las tareas de control de los buses las puede asumir el propio middleware. Si el bus de control se conecta directamente con una pasarela a la intranet es el middleware el que hará de elemento controlador de la interoperabilidad. En caso contrario el control se puede encargar a elementos programables distribuidos conectados a la intranet. La flexibilidad de la propia intranet permite optar por diferentes configuraciones en función del tipo de instalación, tecnología domótica a integrar o servicios previstos en el diseño inicial.

3.2. SISTEMA DAI: CAPA DE ABSTRACCIÓN

En una arquitectura basada en capas, la capa middleware es la encargada de abstraer las características dependientes del dispositivo y proporcionar una interfaz homogénea a las capas superiores del sistema, minimizando la complejidad del software. Dado que la información de contexto se obtiene a partir de dispositivos distribuidos por el entorno, una infraestructura de software eficiente tiene que procesar los datos que provienen de estos dispositivos y extraer la información para ponerla a disposición de nivel de aplicación. Por tanto, es necesario un modelo potente y flexible para la representación de la información de contexto.

Además de la función de integrar de manera eficiente y dinámica la gestión de recursos heterogéneos y servicios, una segunda función que debe asumir esta capa, es ofrecer a los desarrolladores un marco para crear aplicaciones inteligentes.

Los servicios ofrecidos en el sistema DAI han hecho uso de la especificación Open Services Gateway Initiative (OSGi) R4 [22] y los componentes del sistema se han definido como paquetes OSGi. Esta especificación garantiza los requisitos específicos para las aplicaciones de la plataforma DAI, mencionados anteriormente.

Con el fin de distribuir los componentes y así formar una red de nodos dinámicos, se ha empleado un enfoque propuesto por Apache CXF mediante Distributed OSGi (D-OSGi) [24]. Este, implementa la funcionalidad remota utilizando Servicios Web basados en Representational State Transfer (REST), expone el servicio sobre una hoja WADL [26]. D-OSGi conserva en los nodos la interfaz de OSGi a las aplicaciones y su portabilidad. Se podría haber propuesto otros mecanismos para la comunicación distribuida como UPnP [27], Bluetooth [28] pero estas tecnologías presentan carencias de seguridad [29] a la hora de la comunicación.

Utilizando una plataforma de servicios como OSGi en los nodos, se solventa el problema de comunicación entre los diferentes dispositivos lógicos para fusionarlos con la capa middleware, ya que haciendo uso de este entorno, los dispositivos lógicos pueden estar unidos con la misma capa middleware y así comunicarse unos con otros a través de esta.

Por otra parte, dos dispositivos pueden comunicarse entre sí y publicar servicios mediante sus respectivas capas middleware OSGi, ya que estas son las encargadas de ponerse de acuerdo y establecer la comunicación.

3.3 PLATAFORMA DAI

Se necesita un sistema para albergar los distintos servicios de un entorno AAL y automatización del hogar. Para ello, se ha desarrollado la plataforma DAI, la cual se encuentra dividida en dos niveles.

En el nivel más alto se encuentra el sistema DAI middleware. Este, se halla en un PC de propósito general de dimensiones reducidas y bajo consumo. El middleware está compuesto por distintos paquetes OSGi denominados módulos, todos ellos siguen la especificación OSGi mencionada en puntos anteriores. Estos módulos están formados por:

Módulos de Automatización. En este grupo se encuentran los servicios de automatización de la vivienda.

Módulos de Servicios del Hogar. A este grupo pertenecen los servicios de AAL.

Módulos de Sistema. Están contenidos los módulos de la plataforma DAI.

Módulos de Servicio Web. En este grupo se encuentran los módulos de Distributed OSGi, para que el resto de servicios contenidos en los distintos módulos hagan uso de ellos y así poder comunicarse con otros nodos.

Módulos API AI. En este grupo se encuentran los servicios encargados de generar una interfaz de acceso a todo tipo de interfaces orientadas a usuario.

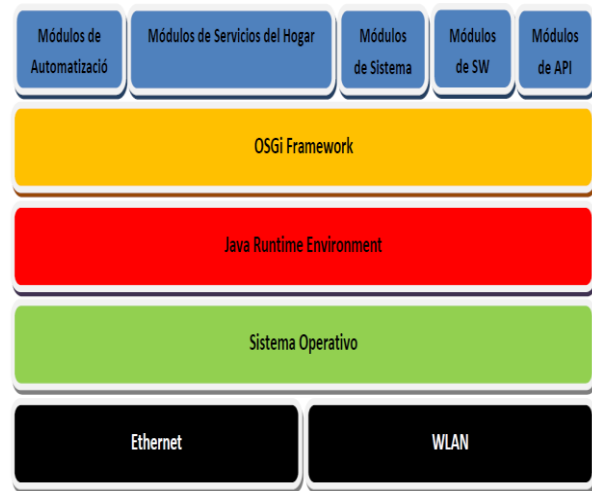


Figura 4. Arquitectura DAI middleware

En el nivel inferior se hallan los driver de los dispositivos y las diferentes redes de control, estos están contenidos en un PLC (Controlador Lógico Programable), esta máquina se encuentra conectada a la IHD y mantiene una comunicación directa con el sistema DAI mediante la capa ADS-WS.

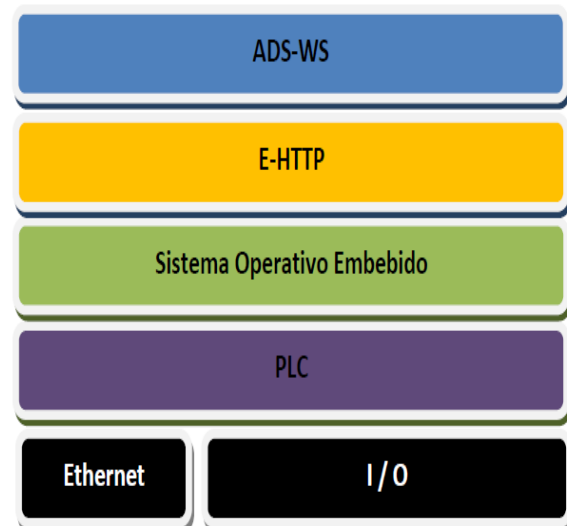


Figura 5. Arquitectura de interoperabilidad mediante autómatas

El middleware de los nodos conectados a las redes de control se halla de forma virtual en el PC de propósito general de la plataforma DAI.

Sigue la especificación OSGi mencionada en párrafos anteriores. La integración se ha llevado a cabo de esta forma para suplir el alto costo que hubiera supuesto integrar a cada uno de los dispositivos físicos este middleware.

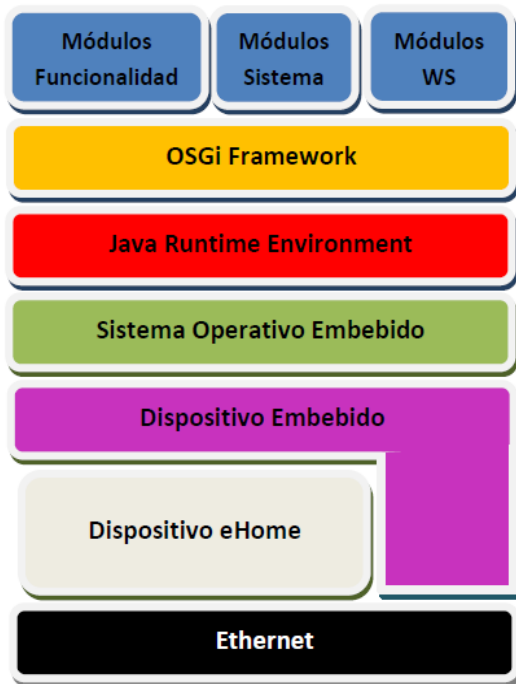


Figura 6. Arquitectura nodo red de control.

3.4 PROTOCOLO DE DESCUBRIMIENTO. DE

En cuanto a la red de nodos distribuidos se propone adoptar una arquitectura ad-hoc, basada en la comunicación mediante el paso de mensajes de forma directa entre nodos. Este tipo de arquitectura proporciona mayor versatilidad e independencia a los nodos al no tener un punto de acceso central en el que se tenga que registrar y gestionar la comunicación entre cada uno de ellos. Por tanto, se necesita un protocolo de descubrimiento, el cual sea capaz de establecer la comunicación entre los nodos vinculándolos con los servicios que necesiten del otro dispositivo.

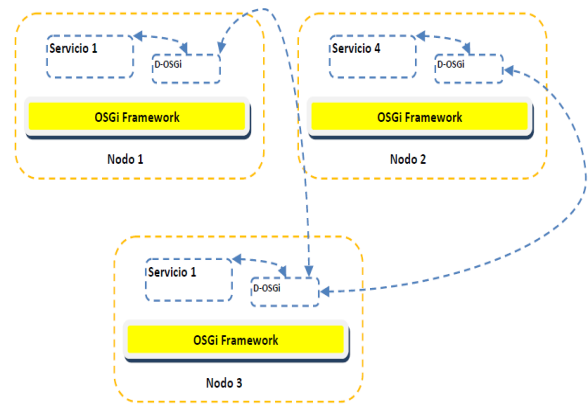


Figura 7. Descubrimiento, publicación y comunicación entre nodos.

La especificación Distributed OSGi define cómo la aplicación distribuida trata el descubrimiento de los servicios sin la imposición de un protocolo de descubrimiento concreto. Esto es beneficioso ya que proporciona total libertad a la hora de emplear un protocolo de descubrimiento, así este se puede adaptar al caso de uso.

Para esta arquitectura, se propone el uso de Apache Hadoop Zookeeper [30] como protocolo de detección. Éste, proporciona un servicio de coordinación de alto rendimiento para las aplicaciones distribuidas. Zookeeper se puede utilizar como un servicio de registro global de publicaciones exportadas de forma remota.

Actualmente se está trabajando en esta parte de la arquitectura para llevar a cabo la propuesta planteada. Ya que ahora los nodos solo son capaces de anunciar sus servicios, pero carecen de la capacidad para suscribirse por sí solos a los servicios que cubran sus necesidades. La vinculación de los servicios y dispositivos se hace de forma semiautomática, ya que es necesario darlos de alta en una base de datos y posteriormente actualizar en nodo.

3.5 API AI. INTERFAZ DE PROGRAMACIÓN DE APLICACIONES E INTERFAZ DE ACCESO.

Debido al sector de la población al que van dirigidas estas interfaces persona-entorno, surge la necesidad de que estas interfaces sean simples, intuitivas y deban adaptarse a las características de las personas.

La transparencia al usuario es una característica muy importante que permite incrementar la accesibilidad. Por ejemplo, si un usuario se conecta a la red solicitando un servicio cualquiera, o simplemente el servicio de un producto de apoyo, la red debe trabajar conjuntamente con el resto de nodos, si es necesario, con el objetivo de devolver al usuario una respuesta.

Por tanto, se debe abstraer la arquitectura de la red al usuario final. Éste debe ver la red como una “caja negra” a la cual solicita un servicio o información que ésta le devuelve de manera accesible, adaptándola según sus características. Como referencia en la línea de trabajo de adaptación de interfaces y modelado de usuario se encuentra el Proyecto INREDIS [31].

En este trabajo se ha llevado a cabo una solución de accesibilidad de alto nivel basada en una Interfaz de Programación de Aplicaciones, la cual garantice la interoperabilidad con todo tipo de interfaces. Este API proporciona una solución SOA[32] (Service Oriented Architecture) mediante Servicios Web basados en REST, así el nodo del cliente obtiene del sistema los datos necesarios para construir de forma transparente al usuario una interfaz adaptada a éste.

La interfaz de Programación de Aplicaciones se ha integrado en el middleware de la plataforma DAI como un modulo OSGi en cooperación con los Módulos WS.

4. Ejemplo de instalación y validación de la plataforma DAI Middleware

La plataforma DAI ha sido instalada y puesta en marcha a lo largo del desarrollo del proyecto metalTIC Hogar Digital. Ya en funcionamiento, la plataforma se ha utilizado en pruebas de validación del proyecto INREDIS en donde la interfaz de programación de aplicaciones de la plataforma DAI se ha utilizado como soporte para el acceso de las interfaces desarrollados en INREDIS.

El proyecto metalTIC Hogar Digital ha consistido en el diseño y construcción de una casa-laboratorio a modo de espacio demostrativo para la innovación. En dicho espacio se han instalado diferentes tecnologías domóticas de control y un prototipo middleware de integración y de soporte para utilidades basadas en la utilización de servicios web. Tanto los servicios como la integración e interoperabilidad de las tecnologías instaladas en metalTIC han sido diseñadas y puestas en marcha según las especificaciones del sistema DAI.



Figura 8. Espacio demostrativo metalTIC

4.1. INTEROPERABILIDAD ENTRE REDES DE CONTROL DOMÓTICO

Una de las principales características de metalTIC es la capacidad de integrar y hacer interoperables tecnologías especializadas en el control, seguridad, iluminación, comunicaciones, gestión energética, servicios asistenciales y cualquier tipo de red **especializada** en servicios domóticos. Siguiendo las directrices indicadas en apartados anteriores se ha instalado una Intranet de Hogar Digital a partir de la cual se han relacionado sensores, actuadores y dispositivos de los sistemas KNX [33], LON [34], DALI [35], EnOcean [36], CAN [37], Invox [38] y ModBus [39]. En la figura 9 se muestra de forma resumida los elementos principales de la red sobre la que se han implementado servicios de seguridad, confort, eficiencia energética, comunicaciones, interfaces adaptadas, pasarela residencial, todo esto gestionado por el DAI middleware incluido en una pasarela residencial.

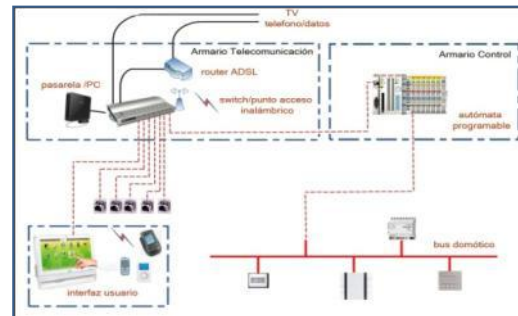


Figura 9. Elementos de metalTIC HD

MetalTIC HD se divide en cinco bloques: buses domóticos, módulos pasarela, Intranet Hogar Digital (IHD), plataforma DAI e interfaces persona-entorno. La gráfica 8 muestra de forma resumida la disposición de los bloques y el tipo de conexión a la intranet.

Los buses domóticos están constituidos por el soporte físico del propio bus (cable o red inalámbrica según protocolo), los elementos sensores y actuadores conectados y la programación de todos los elementos con las acciones que ejercen. Cada tipo de bus se programa conforme a su protocolo y se hace visible en la IHD mediante su conexión al módulo pasarela correspondiente, a modo de driver. Dicho módulo se encarga de hacer visibles los servicios disponibles realizando la conversión del protocolo de comunicación. Los dispositivos de todos los buses instalados son visibles e interoperables en la IHD.

Los buses domóticos instalados son:

Bus KNX: actuadores de salidas binarias (iluminación ON-OFF, motorización MARCHA-PARO), actuadores de salidas reguladas (iluminación regulada, ON-OFF y paso a paso), botoneras multifunción programables, motores (toldos, estores, persianas), sensores de presencia, crepuscular, temperatura interior y exterior, sensor de lluvia, viento y luminosidad.

Bus CAN: sensores de alarmas técnicas (gas, agua, fuego, presencia), control de las electroválvulas de corte y señales portadoras de fecha y hora.

Bus DALI: balastos de iluminación LED RGB, balastos de iluminación regulada.

Bus inalámbrico EnOcean: sensores de temperatura, humedad, apertura de puertas, botoneras y consumo eléctrico.

LON: Medidor de consumos e iluminación exterior con PowerLine.

Autómata PLC: Sensores de presencia y de caídas como entradas digitales. Salidas digitales para el control de apertura de puertas.

RS-485, ModBus/RTU: Dispositivos de medición de consumos, comunicación de la bomba de calor aire-agua del suelo radiante, obtención de información de los electrodomésticos Fagor.

RS-232: Controlador de la instalación fotovoltaica y envío de señales a través de una pasarela GSM.

Los módulos pasarela permiten integrarse en la IHD ofreciendo diferentes tipos de funcionalidad. Cada módulo pasarela realiza la traducción del protocolo domótico a tramas IP. En metalTIC se utilizan módulos pasarela integrados en un autómata programable [40], el cual

La red IHD está formada por el hardware de conexión a los protocolos IP (switches, router, punto de acceso inalámbrico, etc..) y todo el diseño y programación básica sobre estos elementos para garantizar la integración de protocolos. La red IHD está organizada en 4 subredes: multimedia-ocio, control, seguridad y datos.

La plataforma DAI implementa el middleware DAI y da soporte al desarrollo de aplicaciones y servicios adaptados

La Interfaz de Acceso, garantiza la interoperabilidad con todo tipo de interfaces. Proporciona una solución SOA (Service Oriented Architecture) mediante Servicios Web basados en REST, así el nodo del cliente obtiene del sistema los datos necesarios para construir de forma transparente al usuario una interfaz adaptada a éste.

Las interfaces persona-entorno desarrolladas utilizan el soporte de interoperabilidad y la Interfaz de Acceso de la plataforma DAI para implementar servicios en los que el usuario interactúa con la instalación. Pantalla táctil, consola WII, teléfono móvil, tabletas y reconocimiento del habla son algunas de las interfaces persona-entorno empleadas.

10. Conclusiones

En este trabajo se ha presentado una plataforma de hogar digital para el desarrollo de servicios e interfaces adaptadas a la vida asistida por el entorno. La plataforma consiste en un middleware distribuido con una Interfaz de Acceso basada en servicios web y una intranet (IHD) que hace interoperable cualquier tecnología de control domótico. Un prototipo de la plataforma ha sido instalada durante el desarrollo del proyecto metalTIC Hogar Digital. La puesta en marcha de la instalación y su posterior validación a lo largo de varios trabajos experimentales del proyecto INREDIS han confirmado los beneficios de la plataforma planteada. Como trabajos futuros se plantean dos líneas de actuación. La primera es la

integración en el propio middleware de la parte de interoperabilidad entre tecnologías domóticas. En el prototipo esta tarea ha sido realizada por diferentes nodos pasarela programables desde autómatas. La segunda es la de incorporar nuevos módulos que doten a la plataforma de capacidad para desarrollar servicios proactivos para la vida asistida. Estos servicios “inteligentes” adaptarán las capacidades de la instalación a los usos y características de las personas que los usan.

10. Referencias

- [1] Steg, H., et al.: Europe Is Facing a Demographic Challenge – Ambient Assisted Living Offers Solutions. In: VDI/VDE/IT, Berlin, Germany 2006.
- [2] Walter, A.: Actitudes hacia el envejecimiento de la población en Europa, Universidad de Sheffield, United Kingdom 1999.
- [3] Jini, Sun Microsystems. <http://river.apache.org>. Último acceso Marzo 2011.
- [4] HAVi, Inc., The HAVi Specification - Specification of the Home Audio / Video Interoperability (HAVi) Architecture - Version 1.1, <http://www.havi.org>. Último acceso Febrero 2001.
- [5] JXTA Project, Sun Microsystems. <http://java.net/projects/jxta>. Último acceso Marzo 2011.
- [6] Universal Plug and Play Forum, Contributing Members of the UPnP(TM) Forum, disponible en <http://www.upnp.org>. Último acceso Marzo 2011.
- [7] Martin, D.L., Cheyer, A.L., and Moran, D.B. (1999) The Open Agent Architecture: A Framework for Building Distributed Software Systems, in: Applied Artificial Intelligence, Vol. 13, No. 1-2, pp. 91-128, Marzo 1999.
- [8] Seneff, S., Lau, R., and Polifroni, J. Organization, Communication, and Control in the Galaxy-II Conversational System, in: Proc. of Eurospeech'99, pp. 1271-1274.
- [9] Khai N. Truong, Gregory D. Abowd: INCA: A Software Infrastructure to Facilitate the Construction and Evolution of Ubiquitous Capture and Access Applications. Austria 2004, pp. 140-157.
- [10] Turunen, M.; Hakulinen, J.; Raiha, K.-J.; Salonen, E.-P.; Kainulainen, A.; Prusi, P: An architecture and applications for speech-based accessibility systems. 2005
- [11] AMIGO: Specification of the abstract system architecture Deliverable D2.1: <http://www.amigo-project.org>, Marzo 2011.
- [12] Hellenschmidt, M., and Kirste T. SodaPop: A Software Infrastructure Supporting Self- Organization in Intelligent Environments, in: Proc. of the 2nd IEEE Conference on Industrial Informatics, INDIN 04, Berlin, Germany, 24 - 26. Junio 2004.
- [13] DynAMITE - Dynamic Adaptive Multimodal IT Ensembles, available from: <http://www.dynamite-project.org>. Último acceso Noviembre 2005.
- [14] SOPRANO: Service-oriented Programmable Smart Environments for Older Europeans : <http://www.soprano-ip.org>. Último acceso Marzo 2011.
- [15] I2HOME: Intuitive interaction for everyone with home appliances based on industry standards: <http://www.i2home.org>. Último acceso Marzo 2011
- [16] MPOWER: Middleware platform for eMPOWERing cognitive disabled and elderly: <http://www.sintef.no/Projectweb/MPOWER>. Último acceso Marzo 2011.
- [17] CAALYX: Complete ambient assisting living experiment: <http://ecaalyx.org>. Último acceso Marzo 2011.
- [18] INHOME: An intelligent interactive services environment for assisted living at home: <http://cordis.europa.eu/fp6/projects.htm>. Último acceso Marzo 2011.
- [19] PERSONA: Project: Perceptive spaces promoting independent aging: <http://www.aal-persona.org/>. Último acceso Marzo 2011.
- [20] AMIGO: Ambient Intelligence for the Networked Home Environment: <http://www.hitech-projects.com/euprojects/amigo>. Último acceso Marzo 2011
- [21] OASIS: Open architecture for Accessible Services Integration and Standardisation: <http://www.oasis-project.eu/>. Último acceso Marzo 2011
- [22] UNIVERSAAL: Open platform and reference Specification for Ambient Assisted Living: <http://www.universaal.org>. Último acceso Marzo 2011

- [23] OSGi Alliance Specifications. <http://www.osgi.org/Specifications>. Último acceso Marzo 2011.
- [24] The Apache CXF Distributed OSGi. <http://cxf.apache.org/distributed-osgi.html>. Último acceso Marzo 2011.
- [25] REST: Representational State Transfer. <http://www.w3.org/TR/ws-arch/>. Último acceso Marzo 2011.
- [26] WADL: Web Application Description Language. <http://www.w3.org/Submission/wadl>. Último acceso Marzo 2011.
- [27] UPnP Forum. <http://upnp.org/sdcp-and-certification/>. Último acceso Septiembre 2010.
- [28] Bluetooth. <http://www.bluetooth.com>. Último acceso Septiembre 2010.
- [29] D.Cotroneo, A. Graziano, S. Russo. Security Requirements in Service Oriented Architectures for Ubiquitous Computing. Toronto Canada 2004.
- [30] Apache Hadoop Zookeeper. <http://hadoop.apache.org/zookeeper>. Último acceso Marzo 2011.
- [31] M. Alvargonzález, E. Estayo, J.A. Gutierrez, J. Madrid. Arquitectura orientada a servicios para proporcionar accesibilidad (2010).
- [32] Proyecto INREDIS. <http://www.inredis.es>. 2007-2010. Último acceso Marzo 2011.
- [33] KNX Association, *Manual para la Gestión Técnica de Edificios y Viviendas*, KNX Association, Bruselas, 2009.
- [34] Echelon Corp., *LonMaker user's guide Manual*, KNX Association, United States of America, 2006.
- [35] DALI AG, *Digital Addressable Lighting Interface*, DALI AG, Frankfurt, Germany, 2001.
- [36] EnOcean, *EnOcean equipment profiles*, EnOcean Alliance, San Ramon, USA, 2011.
- [37] K. Etschberger, *Controller Area Network basics, protocols, chips and applications*, IXXAT Press, Weingarten, Germany, 2001.
- [38] VOCALI . INVOX. <http://www.vocali.net/invox>. Último acceso Marzo 2011
- [39] A. Jorge, J. Guerreiro, P. Pereira, J. Martins, L. Gomes P, "Energy Consumption Monitoring System for Large Complexes", *IFIP2010*, Aachen, Germany, Mayo 2010, Vol 314/2010 pp. 419-426.
- [40] BECKHOFF. <http://www.beckhoff.com>. Último acceso Marzo 2011

Dersonalización automática de interfaces de usuario para el control domótico accesible

Marta Alvargonzález¹, Fausto Sainz de Salces¹, José Antonio Gutiérrez Dueñas¹, Judit Casacuberta², Francisco Flórez Revuelta³, Miguel Cabo Díez³, Jaisiel Madrid Sánchez¹
¹Fundosa Technosite S.A., ²Universidad Politécnica de Cataluña, ³Universidad de Alicante

Resumen

En este artículo se presenta un prototipo para el control domótico accesible, desarrollado en el contexto del proyecto INREDIS, en su plataforma del

entorno del hogar digital. Este prototipo habilita nuevos canales de interacción entre los usuarios y los diferentes dispositivos y servicios tecnológicos presentes en el hogar. El sistema desarrollado permite la personalización automática de las interfaces de acceso a la funcionalidad e información de dichos servicios, según las necesidades y preferencias funcionales del usuario, así como las capacidades tecnológicas del dispositivo desde el que desea interactuar. El impacto social y sostenibilidad tecnológica de los resultados obtenidos han sido optimizados mediante un proceso de diseño dirigido por sus potenciales usuarios finales. En el artículo se exponen, adicionalmente, las principales conclusiones y líneas futuras derivadas de la validación tecnológica por parte de un grupo heterogéneo de personas mayores, así como una representación del colectivo de personas con discapacidad auditiva.

Abstract

This paper presents an accessible home automation prototype, developed within the framework of the INREDIS project, within its digital home environment platform. The prototype offers to the user new channels that allow him to interact with

different home services and devices. The system described here enables an automatic personalization of services' functionality and information interfaces, according to user's needs and preferences, and depending also on his interaction device's characteristics. Prospective users got involved throughout all development process and design solution, thus optimizing the prototype's social impact and technological sustainability. In addition, a heterogeneous group of elderly, deaf and hearing impaired people participated in the final technological solution evaluation. In this article, main conclusions from this technological validation are drawn, and future work is presented.

1. Introducción

INREDIS (Interfaces de Relación entre el Entorno y las personas con Discapacidad) es un proyecto industrial de investigación básica en el ámbito de las tecnologías accesibles e interoperables desarrollado durante el periodo 2007-2010, cuyo objetivo es “es el desarrollo de tecnologías de base que permitan crear nuevos canales de comunicación e interacción entre las personas con algún tipo de necesidad especial y su entorno tecnológico” 0. Los resultados del proyecto INREDIS tienen gran potencial de aplicación para los objetivos de la *eInclusión* según la definición que hace de este concepto la Comisión Europea 0.

La tecnología base desarrollada en el proyecto INREDIS ha sido validada a través de diversas plataformas experimentales situadas en entornos de aplicación diferenciados, a saber: entorno del hogar digital, entorno laboral y educativo, entorno urbano, entorno bancario y el entorno de compra de productos y servicios. En el entorno particular del hogar digital se han diseñado e implementado dos desarrollos específicos con impacto en el incremento de la autonomía personal y el bienestar de las personas con discapacidad y las personas mayores: uno relacionado con el control de la domótica del hogar, y el segundo relacionado con el acceso a servicios de índole socio-sanitario. En este artículo se describe de manera pormenorizada el primero de los desarrollos, esto es, el prototipo de resultante de la aplicación de la tecnología INREDIS al control domótico por parte de colectivos con diversidad funcional.

Para ello, el artículo se organiza en seis secciones. En primer lugar, se introduce la arquitectura de accesibilidad universal desarrollada en el proyecto INREDIS. A continuación, se expone la metodología de diseño y desarrollo centrada en el usuario empleada para la conceptualización inicial del activo experimental y su desarrollo tecnológico posterior. En la Sección 4 se explica la funcionalidad del prototipo implementado, y se profundiza en el proceso de integración tecnológica llevado a cabo. En la Sección 5, se especifica el método seguido para conseguir la incorporación de los usuarios finales en las diferentes fases del proceso de desarrollo tecnológico, en concreto: primero mediante sesiones de co-diseño con cuestionarios y grupos de trabajo y, posteriormente, mediante la realización de pruebas de validación experimental del prototipo en el entorno realista de la casa-demostrador *metaTIC – Hogar Digital 0* ubicada en Alicante. Finalmente, se presentan las principales conclusiones del artículo.

2. Arquitectura de accesibilidad universal

Siguiendo los resultados de la investigación desarrollada a lo largo de las cuatro anualidades del proyecto INREDIS, se ha diseñado e implementado una arquitectura capaz de adaptar la modalidad y formato de la interacción del usuario con los diversos servicios y dispositivos tecnológicos encontrados en su entorno inmediato, según las necesidades y preferencias funcionales de dicho usuario. De manera global, la tecnología

resultante del proyecto INREDIS se sustenta en la integración de tres conceptos fundamentales potenciadores de la accesibilidad, a saber: la adaptabilidad (capacidad de personalización individual de las interfaces de usuario); la interoperabilidad (uso compartido de la información entre dispositivos y plataformas); y la ubicuidad (acceso multi-dispositivo y multi-entorno).

La arquitectura desarrollada presenta al usuario los servicios tecnológicos disponibles en su perímetro inmediato (este perímetro es calculado, entre otros parámetros, en función de la ubicación del usuario), asegurando la accesibilidad de la interacción con dichos servicios. En un plano tecnológico inferior, esta arquitectura general, partiendo de interfaces de los servicios definidas según el estándar UIML 0 (*User Interface Markup Language*), presenta documentos XHTML 0 (*eXtensible HyperText Markup Language*) fácilmente procesables por casi todos los navegadores, adaptados a las necesidades y preferencias del usuario que esté solicitando el servicio. Para ello, la arquitectura almacena en una Base de Conocimiento los perfiles de usuario y, siguiendo las recomendaciones de un motor de reglas, deduce las adaptaciones más adecuadas según cada perfil de usuario y las capacidades tecnológicas del dispositivo de acceso empleado. Consecuentemente, la personalización de la interacción con el servicio es transparente al usuario y no requiere la modificación de dicho servicio objetivo. Como requisito básico, el proveedor del servicio objetivo deberá suministrar los archivos UIML que definen la distribución de la funcionalidad y estados subyacentes al servicio específico, así como los recursos gráficos que desee utilizar en las interfaces resultantes.

Las adaptaciones ofrecidas a través de la arquitectura son múltiples, lo que facilita la utilización de los servicios conectados a INREDIS a un gran número de personas con diversidad funcional, así como a través de dispositivos de usuario heterogéneos (diversos tipos de terminales con diversos sistemas operativos). Estas adaptaciones conforman, en definitiva, un servicio de personalización automática de la modalidad de comunicación del usuario con su entorno tecnológico. Por ejemplo, las personas con discapacidad visual pueden aumentar el tamaño de los elementos visuales (letra, iconos, botones), utilizar una versión en alto contraste, o activar un TTS (*Text to Speech*) que les permita la navegación por los servicios sin necesitar un lector de pantalla instalado en su ordenador. Para las personas con discapacidad auditiva se ha integrado un avatar de LSE (Lengua de Signos Española). Las personas que tengan problemas motrices pueden adaptar el tamaño de los botones o utilizar un servicio de reconocimiento de la voz. Por su parte, las personas con dificultades cognitivas podrán acceder al control y la información de los servicios a través de interfaces aumentativas y alternativas sustentadas en recursos icónicos y pictográficos. Como resulta intuitivo, la capacidad de personalización ofrecida por la arquitectura de accesibilidad universal del proyecto INREDIS mejorará el acceso a las nuevas tecnologías no sólo de las personas con discapacidad, sino de un público en general que, por su contexto social o situacional, pueda requerir de una modalidad o modalidades de interacción alternativas.

3. Metodología de diseño y desarrollo

Para el diseño y desarrollo de la plataforma del hogar digital se han seguido las siguientes fases enmarcadas en un proceso metodológico global:

Propuesta inicial de diferentes desarrollos que se podrían llevar a cabo dentro del entorno del hogar.

Estudio de diferentes proyectos enmarcados dentro del entorno del hogar en temas relacionados con la domótica y la teleasistencia (las conclusiones esquematizadas de estos estudios se recogen en 0), y propuesta concreta de los casos de uso a implementar (en el apartado 4.1 de este artículo se presenta el caso de uso de control domótico).

Identificación y análisis técnico de las diferentes casas/espacios demostradores situados en España, como potenciales espacios donde instalar y probar la plataforma experimental a desarrollar.

Intervención de usuarios a través de metodologías de participación para concretar los escenarios de prueba (en concreto, mediante la realización de encuestas y grupos de trabajo).

Diseño, desarrollo tecnológico e instalación de la plataforma del hogar digital.

Validación tecnológica por parte de los usuarios finales.

Difusión científica, tecnológica y social de la plataforma experimental:

Difusión científica mediante la elaboración de artículos y publicaciones para conferencias y revistas internacionales.

Difusión tecnológica mediante la presentación de la plataforma del hogar en diversas jornadas tecnológicas.

Difusión social mediante la preparación de material audiovisual y difusión en medios de comunicación digital, prensa escrita y plataformas 2.0.

4. Plataforma del hogar digital: prototipo de control domótico

4.1. CONCEPTUALIZACIÓN INICIAL

El objetivo principal de esta plataforma es demostrar el potencial tecnológico de la arquitectura de accesibilidad desarrollada para el fomento de la autonomía personal de las personas mayores o con algún tipo de discapacidad en el entorno del hogar.

El control de los dispositivos de la casa entraña especial dificultad para algunas personas con discapacidad. Por ejemplo, pensando en las personas con problemas de movilidad, se ha incluido la posibilidad de abrir la puerta principal de la vivienda sin necesidad de acercarse a ella, a través del dispositivo que el usuario prefiera. El sistema desarrollado informa del estado actual de los dispositivos de la casa. Esto puede ser de especial utilidad, por ejemplo, para personas ciegas, que quieran

consultar el estado de las luces de una estancia determinada. Para facilitar el día a día de las personas mayores o con discapacidad cognitiva, la usabilidad, es decir, la facilidad de uso, ha sido una característica potenciada en el diseño del prototipo. Alguna de las medidas tomadas para satisfacer este principio ha sido la agrupación por estancias de los dispositivos controlables.

En cuanto a dispositivos de usuario, se ha querido validar la plataforma con diferentes dispositivos, para garantizar de esta forma que el usuario puede elegir el dispositivo que más le gusta y que mejor se adapte a sus necesidades. En concreto, se han elegido los siguientes dispositivos para la realización de pruebas de usuario finales (desarrolladas en la Sección 5): un Ipod Touch (con sistema operativo iOS), un móvil iPhone 4 (con sistema operativo iOS), un móvil Nexus One (con sistema operativo Android), un Tobii (un ordenador con entorno Windows y sistema integrado de *eye tracking* y pantalla táctil), y una televisión con la que se interactúa a través de un mando de Wii.

4.2. INTEROPERABILIDAD DE LOS PROTOCOLOS DOMÓTICOS.

La plataforma experimental desarrollada accede a la información de diversos sistemas de control domótico instalados en la casa-demonstrador metalTIC-Hogar digital.

metalTIC – Hogar digital 0, realizado por el grupo de Domótica y Ambientes Inteligentes (DAI) de la Universidad de Alicante y la Federación de Empresarios del Metal de la Provincia de Alicante (FEMPA) es un laboratorio demostrativo que simula una vivienda con los

últimos avances en las tecnologías de la información, las comunicaciones y el control para aportar servicios en el hogar. Este espacio está desarrollado para satisfacer objetivos en las áreas de la difusión, formación, investigación e innovación en inteligencia ambiental (imagen 1).

La casa de unos 50 metros cuadrados cuenta con un salón con cocina integrada, un dormitorio y un cuarto de baño donde se han integrado las tecnologías más recientes e innovadoras que aportan servicios a la vivienda, articulando conceptos clave como el control energético, la vigilancia y la seguridad, el confort y el ocio, las comunicaciones, la accesibilidad y la administración.

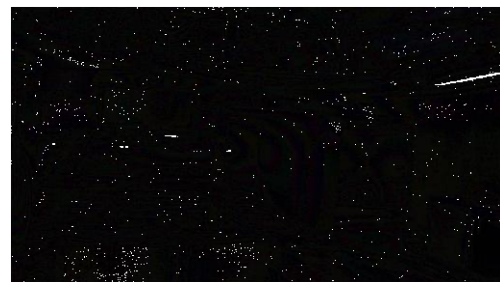


Imagen 1. metalTIC – Hogar Digital

Incorpora las últimas tecnologías tanto en interacción persona-entorno (televisión, pantalla táctil, dispositivos de visión, reconocimiento de voz, dispositivos móviles, acelerómetros, giroscopios, etc.) como en sistemas de control domótico para la realización de investigación básica y aplicada. Además se han incorporado múltiples sistemas alternativos de energía (energía solar térmica, energía solar fotovoltaica, suelo radiante, bombas de calor, etc.), por lo que también se pueden llevar a cabo proyectos en el área de la eficiencia energética.

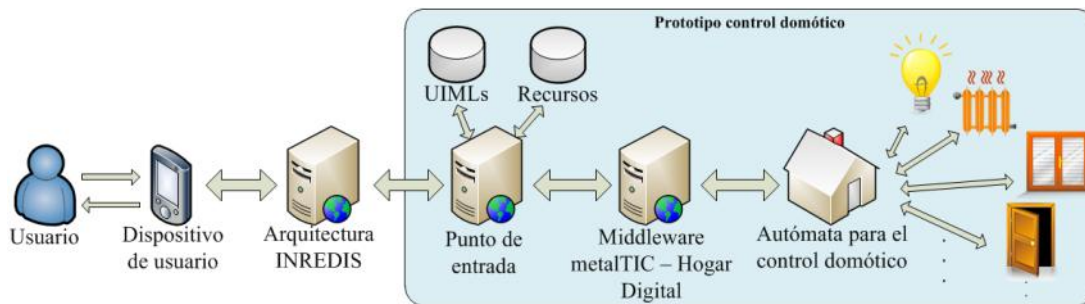


Imagen 2. Esquema de módulos y conexiones desde el usuario hacia los dispositivos de metalTIC-Hogar digital.

Integra las tecnologías abiertas KNX, LonWorks y DALI (iluminación), las tecnologías inalámbricas Zigbee y EnOcean, y las tecnologías propietarias INELI (empresa asociada a FEMPA) y Fagor (electrodomésticos). Para su integración se emplean coordinadamente un autómata programable con las prestaciones de un sistema informático basado en una arquitectura PC embebida y un sistema Windows Media Center. Incorpora un middleware destinado a independizar los aspectos más técnicos de los niveles más altos de aplicación, asegurando la interoperabilidad entre todos los sistemas de control indicados anteriormente. Asimismo, este middleware oferta toda la funcionalidad de *metalTIC-Hogar Digital* mediante servicios web, para permitir que de una forma sencilla se desarrollen nuevos servicios e interfaces persona-entorno y se validen posteriormente. En esta línea, en el siguiente apartado se desglosa el proceso de integración tecnológica llevado a cabo para asegurar la interoperabilidad de la arquitectura de accesibilidad universal de INREDIS con el middleware de gestión de sistemas domóticos de metalTIC-Hogar digital.

4.3. INTEGRACIÓN TECNOLÓGICA

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra el esquema de los módulos y conexiones que permiten al usuario final utilizar remotamente los dispositivos de la casa-demostrador metalTIC. En ella están representados el usuario, el dispositivo que utiliza, la arquitectura de accesibilidad universal de INREDIS y el prototipo de control domótico. En este apartado se explica el funcionamiento interno de este último.

El prototipo de control domótico presenta tres componentes principales:

Punto de entrada. Recibe las peticiones desde la arquitectura de accesibilidad de INREDIS, las procesa, envía al middleware las solicitudes necesarias, y devuelve a la arquitectura el resultado de su petición para que esta última pueda continuar con la generación de la nueva interfaz. Las peticiones que este componente recibe desde la arquitectura de accesibilidad de INREDIS son la ejecución de acciones sobre los dispositivos de la casa, y la solicitud de interfaces y recursos. Para poder satisfacer estos dos tipos de solicitudes, este módulo tiene acceso a un almacén de UIMLs y otro de

recursos (imágenes, iconos de los dispositivos y sus estados, etc.).

Middleware *metaTIC* – Hogar Digital.

Encapsula el autómata controlador doméstico. Su función es la de ofrecer una interfaz que facilite la interoperabilidad entre el autómata y el punto de entrada.

Autómata controlador doméstico. Gestiona la comunicación con los dispositivos de la casa, utilizando los diferentes protocolos domésticos que gobiernan a estos. En otras palabras, se encarga de ejecutar instrucciones sobre los dispositivos del hogar, además de aportar información sobre estos (por ejemplo, estado y ubicación). El punto de entrada utiliza esta información para seleccionar los recursos que aplicará la arquitectura INREDIS en la generación de la correspondiente interfaz.

Cuando un usuario accede desde su dispositivo de usuario al prototipo de control doméstico dentro de la plataforma del hogar, se le ofrece la lista de estancias de la casa. Al acceder a una de las estancias de la plataforma, se muestra una interfaz para el control de los diferentes dispositivos localizados en la estancia seleccionada. Esta interfaz contiene un conjunto botones, los cuales además de controlar los dispositivos de la estancia, muestran el estado actual de cada uno de ellos.

Cuando se accede a una estancia, el dispositivo de usuario solicita la interfaz de la estancia a la arquitectura de accesibilidad de INREDIS, y esta, acto seguido, comienza a generarla. Para esto, solicita a la plataforma el UIML que corresponde a la estancia a representar. A partir de este UIML, la arquitectura de accesibilidad de INREDIS

solicita los recursos necesarios para generar la interfaz al punto de entrada del control doméstico. Los recursos que este último devuelve dependerán del estado del dispositivo que se quiere representar, con lo que consulta al middleware *metaTIC* – Hogar Digital el estado del dispositivo. Una vez que INREDIS termina de generar la interfaz, se la envía al dispositivo de usuario para que este la muestre al usuario, ya de forma adaptada a las necesidades y preferencias del mismo.

Cuando el usuario pulsa un botón de la interfaz que representa un dispositivo del hogar, el dispositivo de usuario envía a la arquitectura de INREDIS una petición para ejecutar una acción sobre dicho dispositivo. La arquitectura envía esta petición al punto de entrada del control doméstico. Este traduce la orden enviada por la arquitectura de INREDIS al formato necesario para enviársela al middleware, y este ejecuta la orden sobre el autómata controlador doméstico, realizando este último la acción sobre el dispositivo seleccionado. Una vez ejecutada la acción, la arquitectura de accesibilidad de INREDIS procede a la generación de una nueva interfaz que muestra el estado actualizado del dispositivo sobre el que se actuó.

4.4. FUNCIONALIDAD DE LA PLATAFORMA

Como se ha comentado antes, se ha potenciado el desarrollo de un piloto experimental muy usable. Para su diseño y el de sus interfaces se ha contado con la opinión de los usuarios finales mediante cuestionarios y grupos de trabajo, cuya metodología y resultados se recogen en los apartados 5.1 y

5.2. El seguimiento de esta metodología ha tenido gran influencia en el impacto tecnológico y social del prototipo. Una de las medidas tomadas para fomentar la usabilidad de la plataforma ha sido la agrupación de los dispositivos por estancias. Entre todos los servicios ofrecidos por la casa *metaTIC – Hogar Digital*, se han elegido una serie de dispositivos que se consideran representativos, distribuidos de la siguiente forma:

- salón, en donde se puede interactuar con la calefacción, persiana y una luz;
- aseo, que permite el control de la puerta y luz;
- cocina; con persiana y luz;
- dormitorio; con persiana y luz;
- y finalmente exterior, que cuenta con la puerta principal de la casa, seguridad y luz. La seguridad activa un servicio de simulación de presencia, un servicio que sube y baja las persianas, enciende y apaga las luces a determinadas horas del día de forma automática para hacer creer a extraños de la ocupación de la casa. Este servicio está pensado para, por ejemplo, ser activado cuando los residentes de la casa se van de vacaciones.

Una vez que se accede a la plataforma del hogar digital, desde la pantalla inicial de INREDIS, aparece la interfaz inicial del prototipo de control domótico (Imagen 3). Desde esta pantalla inicial, se puede acceder a cualquiera de las estancias y, desde allí, utilizar los dispositivos. En la Imagen 4 se presenta un esquema de los pasos por los que

pasa el usuario al navegar por el prototipo de control domótico.



Imagen 3. Interfaz inicial del prototipo

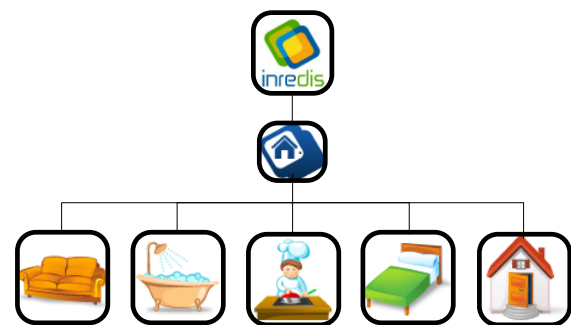


Imagen 4. Esquema de navegación del prototipo de control domótico

A continuación se muestran algunas interfaces de usuario generadas por la arquitectura de accesibilidad de INREDIS durante el acceso a los dispositivos tecnológicos de metaTIC-Hogar digital. En las imágenes 5 y 6 se presenta la interfaz del salón para un usuario que requiera una adaptación con iconos, texto y botones en tamaño estándar, sin alto contraste. Cabe señalar que los iconos de los dispositivos representan el estado de los mismos, de tal forma que se concentra más información en

un solo un icono. En este sentido, en la Imagen 5 se muestra la interfaz del salón con todos los dispositivos apagados (calefacción, persiana y luz), y en la Imagen 6 se muestra la misma interfaz, después de encender la calefacción y la luz.



Imagen 5: Salón con la calefacción y luz apagadas, y persiana subida



Imagen 6: Salón con la calefacción y luz encendidas, y persiana subida

En la Imagen 7 se presenta la interfaz del aseo para un usuario que requiera una adaptación con iconos, texto y botones en tamaño grande, y con alto contraste.



Imagen 7: Aseo con iconos, texto y botones en tamaño grande, y alto contraste activado

En la Imagen 8 se muestra la interfaz del aseo para un usuario que solicite una interfaz con avatar de LSE.



Imagen 8: Servicios exteriores del hogar digital con avatar de LSE

5. Diseño inclusivo

La validación tecnológica de la plataforma experimental llevada a cabo en el entorno del hogar se caracteriza por la integración del usuario como parte de los equipos de diseño, desarrollo, y validación final. La finalidad es conseguir sistemas eficaces a nivel tecnológico y social, que cuenten con la aprobación de sus potenciales usuarios. Para conseguir la integración de los usuarios en el proceso de diseño y desarrollo se han llevado a cabo labores de investigación orientados a conocer los intereses y preferencias de los usuarios con respecto a la tecnología, para lo que se emplearon técnicas tradicionales de extracción de información: cuestionarios y grupo de trabajo. La validación final de la plataforma se realizó mediante pruebas de usuario.

A continuación se describen las técnicas llevadas a cabo en la fase de co-diseño (apartados 5.1 y 5.2) y validación experimental (5.3).

5.1. CUESTIONARIOS

Como parte de las tareas realizadas en la fase experimental del proyecto, se entregó un cuestionario a un sector elegido como representativo dentro de la población objeto de la investigación, compuesta por personas con discapacidad auditiva, visual y motriz. La población objeto de investigación se compone por todas las personas con discapacidad. La finalidad de este cuestionario era conseguir información relevante para el diseño de la

plataforma experimental en relación a las necesidades y preferencias de los usuarios. En estos se les preguntó cuál sería la funcionalidad que les gustaría que la plataforma del hogar les ofreciera y qué dispositivos de usuario preferirían usar.

En el plano de resultados, los principales servicios de los que les gustaría disponer fueron: el encendido, control y apagado individualizado de las luces y los diferentes electrodomésticos, la calefacción y el aire acondicionado; información sobre el estado de los electrodomésticos; información sobre el consumo energético actual y acumulado; información de estado del sistema antirrobo; sistema de simulación de presencia; y acceso directo a los servicios de emergencia a través del sistema de control domótico. Otros servicios que consideraron relevantes fueron: riego automático; teléfono con vídeo, iluminación de avisador de llamada; apertura y cierre de grifos de forma controlada; apagado automático de determinados electrodomésticos; avisos automatizados al 112 en casos de emergencia; control de averías en electrodomésticos; y control de fugas de gas, agua y desconexión de electrodomésticos.

No hubo acuerdo respecto a los dispositivos de usuario con los que les gustaría poder controlar el sistema del hogar: teléfono móvil/PDA, mando a distancia genérico, pantalla táctil fija y ordenador personal; mostrando unos y otros diferentes preferencias.

Los resultados evidenciaron las diferentes prioridades de la población con discapacidad de acuerdo con sus capacidades y preferencias, y confirmó la necesidad de

adaptar los interfaces y funcionalidades según cada perfil.

5.2. GRUPOS DE TRABAJO

Con el objetivo de profundizar en el conocimiento de las necesidades y preferencias de los usuarios se realizaron tres grupos de trabajo (*focus groups*) con la población objeto de investigación. Se buscaba extraer información sobre las preferencias de los usuarios y funcionalidades que desearían tener en la casa: control de iluminación; control de puertas, ventanas y persianas; control de electrodomésticos; control de la temperatura del hogar; control del nivel de consumo energético; control de los sistemas de seguridad y acceso a los servicios de emergencia.

En los apartados 5.2.1, 5.2.2 y 5.2.3 se recogen las conclusiones más relevantes extraídas en cada grupo de trabajo. No se pretende entrar en detalle en las diferentes funcionalidades, se quiere dar una visión de alto nivel mostrando aspectos que, aunque sean más abstractos, permiten obtener los requisitos de usuario para la interfaz, la funcionalidad y los dispositivos de acceso a la plataforma. Gracias a esta información se concreta cuál es la mejor forma de interacción según cada colectivo, de forma que se puede desarrollar una solución adaptada a las necesidades y preferencias de los usuarios finales.

5. 2. 1. Grupo de trabajo con discapacidad auditiva.

La sesión de trabajo se llevó a cabo con seis personas que tenían diferente capacidad auditiva. Se encontraron los siguientes aspectos relevantes, algunos de ellos ya conocidos:

- Preocupación por la seguridad;
- Priorización de la funcionalidad sobre la estética;
- Importancia de la cobertura a la hora de depender y manejar dispositivos de usuario y programas móviles;
- Facilidad de uso;
- Información de lo que está pasando como prioridad;
- Problemas de comunicación con otras personas;
- Preocupación por la batería del móvil.

5. 2. 2. Grupo de trabajo con discapacidad visual. La jornada de trabajo se realizó con un grupo de seis participantes. Se concluyeron las siguientes ideas:

Importancia de la redundancia en la presentación y control de la información;

Interacción por voz solamente en determinadas ocasiones, solo como medio informativo no como actuador;

Quienes usan internet lo usan para gran variedad de actividades y funciones pues consideran que les ahorra mucho tiempo, por ejemplo para buscar información sobre productos, comercios, servicios, etc.

5. 2. 3. Grupo de trabajo con discapacidad motriz. En la sesión participaron seis personas, que presentaron la siguiente visión respecto a la plataforma propuesta:

- Preocupación por la duración de las baterías en los teléfonos móviles;
- Inclusión de funcionalidad y servicios siempre y cuando no encarezca el producto;
- Imprescindible ser capaz de acarrear el dispositivo de usuario. Prefieren acceder a la plataforma a través de un dispositivo pequeño que puedan llevar consigo (un móvil), a, por ejemplo, una pantalla táctil colgada en la pared.

En general la impresión es que la movilidad y el manejo de herramientas y objetos sin ayuda son prioritarios. La dependencia de tecnología para aumentar su funcionalidad es asumida de forma natural, pero intentan y les gusta hacer sin ayuda todo aquello que pueden.

5.3. VALIDACIÓN EXPERIMENTAL

El objetivo principal de la validación es comprobar la adecuación de los dispositivos de usuario y de las interfaces generados por la arquitectura de accesibilidad universal de INREDIS a las necesidades de los usuarios y del entorno de uso. También se busca validar la usabilidad del prototipo de control domótico, valorar el sistema de control y monitorización global de la casa inteligente y su adecuación a los dispositivos de usuario utilizados para el control de este sistema. Teniendo en cuenta estos objetivos, los recursos disponibles y la tendencia general a la inclusión de los usuarios en todas las etapas del desarrollo de nuevas tecnologías, se decidió validar la tecnología desarrollada por medio de pruebas

con usuarios. Se propuso una metodología para obtener información sobre el nivel de aceptación de la tecnología del sistema de control domótico (de acuerdo con riesgo percibido, el coste, la compatibilidad, la percepción de utilidad, la facilidad de uso y el comportamiento de intención de uso, la confianza y el nivel de automatización). Por otra parte, la validación de los dispositivos de usuario para el control del sistema se estableció mediante la adopción de una adaptación de la metodología P.L.I. O. Esta metodología tiene como objetivo orientar a las empresas a canalizar sus esfuerzos de desarrollo de los prototipos hacia una certificación, de forma que se garantice la efectividad tecnológica y social. Finalmente, se realizó la evaluación y validación de la interacción centrada en todas aquellas dimensiones y características esenciales que conforman la usabilidad y la accesibilidad del sistema. Entre estas se evaluó la usabilidad (eficiencia, eficacia, utilidad, seguridad, fácil aprendizaje y retención) y la accesibilidad, la transmisión de información, la navegación, configuración, entrenamiento, adecuación a requerimientos, ética y privacidad.

El procedimiento empleado para la realización de las pruebas fue, en primer lugar, una fase de familiarización y entrenamiento con los diferentes dispositivos de usuario, seguido de una fase de test en las que se realizaron las tareas propuestas. En el caso de las personas mayores, la fase de entrenamiento y familiarización se llevó a cabo entre los propios participantes para observar la transmisión de conocimiento e identificar vocabulario representativo para este colectivo. En las pruebas participaron un grupo de personas mayores y otro de discapacidad auditiva. El primer grupo estaba

compuesto por 12 personas mayores de entre 70 y 88 años, con una media de 79,33 años, de los cuales un 25% tenía experiencia previa con ordenador, y un 18,18% con Internet. En las pruebas con personas con discapacidad auditiva participaron cuatro signantes (capaces de comunicarse con lengua de signos) por la necesidad de validar la plataforma con participantes que hicieran uso del avatar de LSE.

El test se desarrolló en la casa *metaTIC – Hogar Digital*. La casa está equipada con instrumentación específica y software de observación no intrusiva, análisis del comportamiento y secuencias de interacción en laboratorio. Las características de la casa se detallan en el apartado 4.2. Para la realización de las pruebas se contó con un equipo multidisciplinar: dos expertos en usabilidad para observar todas las variables de las dimensiones del sistema y los dispositivos de usuario y registro de la prueba, además de controlar los aspectos éticos de la realización de la prueba con usuarios; y un técnico para el control del funcionamiento de los dispositivos de la casa y de la aplicación para su control.

Para la adecuada validación de los dispositivos de usuario que se pueden utilizar con INREDIS y con la plataforma del hogar, se usaron seis dispositivos diferentes para las pruebas de usuario: un Ipad, un móvil iPhone 4, un móvil Nexus One, un Tobii, un ordenador con pantalla táctil, y una televisión a través de un mando de Wii. Utilizando estos dispositivos de usuario se pidió a los voluntarios el control de diferentes dispositivos de la casa/centro demostrador *metaTIC – Hogar Digital*.

En las pruebas se obtuvieron:

- Datos empíricos sobre el funcionamiento del sistema mediante datos objetivos y subjetivos de rendimiento;
- Impresiones subjetivas de los usuarios en los comentarios espontáneos y las verbalizaciones entre participantes;
- Las observaciones de los expertos del comportamiento y registro en papel de los aspectos cognitivos de la interacción y la accesibilidad;
- La valoración de uso del sistema centrada en dimensiones representativas desde el punto de vista de los usuarios objetivos mediante cuestionarios en diferentes fases del protocolo de test.

A continuación, en los apartados 5.3.1 y 5.3.2 se describen los principales resultados obtenidos según el colectivo.

5. 3. 1. Validación de la plataforma experimental por personas mayores.

Los resultados obtenidos por el colectivo de personas mayores muestran cierta dificultad en el desarrollo de las tareas, aunque un alto nivel de satisfacción en la valoración de la experiencia.

En la fase reservada durante las pruebas para la transmisión de conocimiento, se observó cómo los usuarios utilizaron palabras poco concretas para referirse a los diferentes elementos de la interfaz o el sistema, y que la mayoría de ellos solo hicieron referencia a la funcionalidad y no a como navegar o desplazarse por la pantalla. También tendían a explicar aquellos dispositivos del hogar que,

desde el punto de vista del facilitador, habían utilizado con más destreza.

Es importante destacar, por el modo en que afecta a los resultados obtenidos, que se observó una tendencia a no valorar de forma negativa ni los dispositivos de usuario, ni las aplicaciones, ni servicios en los cuestionarios de usabilidad. Se debe considerar que los usuarios tendieron a no decir lo que piensan y a evitar hacer críticas, ya que muy pocos usuarios sugirieron cambios en la interfaz o el sistema, aun habiendo tenido problemas importantes durante su uso. Además, los participantes opinaron que todas las tareas eran fáciles de realizar, pero que necesitaban práctica o aprender a usar el sistema, ya que se auto-perciben como personas con poco conocimiento tecnológico.

Los principales problemas encontrados para la consecución de las tareas planteadas se concentraron en la navegación por los diferentes servicios de la interfaz, la exploración por la pantalla, la identificación de los elementos de la interfaz, y en la manipulación de los dispositivos de usuario utilizados para mediar con las plataformas. Este último factor afectó de forma importante al uso del sistema, ya que solo el 25% de los usuarios tenía experiencia previa con ordenador, y un 18,18% con Internet. Durante las pruebas se confirmó que el uso del Text to Speech en la interfaz ralentiza la interacción, lo que afecta de manera negativa la valoración por parte de los usuarios del prototipo.



Imagen 9: Validación experimental con personas mayores.

5. 3. 2. Validación de la plataforma experimental por personas con discapacidad auditiva.

Los resultados obtenidos por el colectivo de personas con discapacidad auditiva muestran que las tareas se desarrollaron con normalidad, y en conjunto el resultado fue satisfactorio. Se observó un alto nivel de aceptación de los iconos utilizados en el servicio de control del hogar debido a la facilidad de identificación.

Al final de la sesión se creó un grupo de trabajo donde pudieran expresar sus experiencias con los dispositivos de usuario, el avatar y el sistema. Este grupo funcionó bastante bien y los participantes aportaron comentarios interesantes para la mejora del sistema. Las pruebas sirvieron para detectar modificaciones del diseño de las interfaces para hacerlas más usables y accesibles.

Con respecto al avatar, los usuarios lo consideraron bastante ineficaz y desprovisto de cualidades esenciales, tales como expresividad.

Las principales dificultades encontradas en la realización de las pruebas se debieron a la

manipulación de los diferentes dispositivos de usuario y a problemas con la navegación y orientación en la aplicación. Se encontraron problemas por el desconocimiento del funcionamiento de los dispositivos de usuario y se identificó como esencial la familiarización con los aparatos. Se observó una preferencia clara por pantallas de mayor tamaño, si bien el teléfono también les pareció útil. La pantalla de la televisión y su manejo resultó la más compleja. Esto se debe probablemente a la disonancia dada entre los dispositivos necesarios para su manipulación y su posicionamiento, que hacían difícil y compleja su manejo (la televisión estaba en altura, pero el dispositivo receptor de las órdenes de la Wii estaba situado a una altura muy inferior).

También se recogieron muchas observaciones que, aunque no evaluaban la arquitectura de accesibilidad de INREDIS ni el prototipo de control domótico, afectaron de forma indirecta a la percepción de la plataforma por parte de los usuarios, por ejemplo observaciones relacionadas con la variabilidad de la conexión, o características inherentes a los dispositivos de usuario y no al sistema.

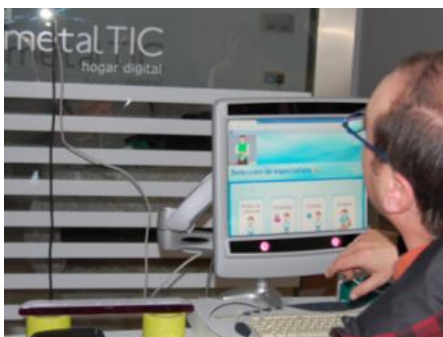


Imagen 10: Validación experimental con personas con discapacidad auditiva

6. Conclusiones

Se ha presentado un prototipo de control domótico que, mediante el empleo de la arquitectura de accesibilidad universal desarrollada en el proyecto INREDIS, permite la interacción con diferentes dispositivos de la casa de forma adaptada a las necesidades y preferencias de los usuarios, de tal forma que estos podrán gobernar la configuración del hogar desde un gran número de dispositivos de usuario y sin necesidad de tener ningún producto de apoyo instalado en ellos.

En el artículo se explica la funcionalidad del prototipo, se expone a alto nivel cómo funciona por dentro y cómo se realiza la conexión del usuario con los dispositivos de la casa, pasando por la arquitectura de accesibilidad de INREDIS y por el prototipo implementado.

Los usuarios finales han sido un punto central en el desarrollo de este caso de uso de control domótico, primero a través de sesiones para fomentar el co-diseño de la plataforma, y después a través de una validación experimental de los desarrollos. Esta última consistió en unas pruebas de usuario que fueron realizadas en un entorno real, en la casa/centro demostrador *metaTIC – Hogar Digital*, ubicada en Alicante. En estas sesiones de validación cabe destacar la aceptación generalizada de los usuarios, tanto de los servicios de control domótico como la personalización de interfaces de acceso ofrecida por la arquitectura de accesibilidad de INREDIS. Estas sesiones sirvieron también para identificar pequeños problemas existentes, que nos indican la dirección a seguir para mejorar los desarrollos y las

diferentes líneas de investigación futuras en aras de extender la accesibilidad a un mayor número de personas.

Agradecimientos

Este artículo ha sido realizado en el contexto de la investigación llevada a cabo por el proyecto CENIT INREDIS (Interfaces de Relación entre el Entorno y las Personas con Discapacidad), inscrito en la iniciativa del gobierno español INGENIO 2010 y que es gestionada por el CDTI (Centro de Desarrollo Tecnológico Industrial). Las aproximaciones técnicas expresadas en este artículo no coinciden necesariamente con aquellas mantenidas en el consorcio INREDIS.

Asimismo, se agradece la colaboración de la Federación de Empresarios del Metal de la Provincia de Alicante por la cesión de *metalTIC* – *Hogar Digital* para la validación en el entorno doméstico de este proyecto, así como de la Universidad Autónoma de Madrid (grupo HTCLab), en la provisión del servicio de apoyo de síntesis de lengua de signos en castellano, y

del Portal Aragonés de la Comunicación Aumentativa y Alternativa (ARASAAC).

Referencias

Proyecto INREDIS (INterfaces de Relación entre el Entorno y las personas con DIScapacidad), www.inredis.es, 2007-2010, Consulta: 30 de marzo de 2011.

Comisión Europea, “Europe’s Information Society, eInclusion”, http://ec.europa.eu/information_society/activities/einclusion, Consulta: 30 de marzo de 2011.

Casa/centro demostrador metalTIC – Hogar Digital, www.metaltic.org, Consulta: 6 de abril de 2011.

UIML “Home of the User Interface Markup Language”, www.uiml.org, Consulta: 30 de marzo de 2011.

World Wide Web Consortium, “XHTML Basic 1.1, W3C Recommendation”, 29 de Julio de 2008.

Consorcio INREDIS (INterfaces de Relación entre el Entorno y las personas con DIScapacidad), Entregable 78.6.3. Informe sobre la plataforma experimental del entorno doméstico: caso 1, Madrid, 2010.

Instituto de Innovación para el Bienestar Ciudadanos (i2BC), “Referencial P.L.I.”, disponible en <http://www.i2bc.es/inicio/pli/>, 15 de diciembre de 2008.

Generación automática de interfaces de usuario para el hogar digital.

Caso de uso: Accesibilidad de personas con discapacidad visual.

José Ramón Padilla López
Universidad de Alicante
jpadilla@dtic.ua.es

Francisco Flórez Revuelta
Universidad de Alicante
florez@dtic.ua.es

Resumen

Este artículo presenta un nuevo lenguaje para describir interfaces de usuario, con un alto nivel de abstracción y basadas en una representación textual, para el desarrollo de aplicaciones del hogar digital. El objetivo de este lenguaje es describir la funcionalidad y servicios ofrecidos por el hogar facilitando el desarrollo de aplicaciones para la vida asistida por el entorno. Utilizando este lenguaje se ha desarrollado una aplicación móvil capaz de controlar diferentes aspectos de la vivienda: iluminación, control de puertas y persianas, aire acondicionado y calefacción, etcétera; la cual persigue aumentar la autonomía de las personas dentro de sus hogares. Esta aplicación es presentada en este artículo como caso de estudio.

Abstract

This paper introduces a new text-based user interface description language, with a high degree of abstraction, designed for the development of digital home applications. The main goal of the language is to describe all functionalities and services offered by a digital home, providing an easy-way to develop ambient assisted living applications. Using this language, we have developed a mobile application which is able to control several home features like: lighting, control of doors and blinds; air conditioning, heating, and so forth. This application allows increasing the personal autonomy of somebody living in his home. In this paper this application is presented as a study case.

1. Introducción

Las interfaces de usuario (UI) son una cuestión crucial en el desarrollo de las Tecnologías de la Información, las Comunicaciones y el Control (TICC). En ellas se recogen toda la interacción que ocurre entre el usuario y el computador, por lo que conceptos como: la eficacia de la interfaz para llevar a cabo operaciones, a

usabilidad, o la retroalimentación en forma de información útil que ésta aporta al usuario; son de vital importancia. Estos conceptos cobran todavía más fuerza en aplicaciones del campo de la Vida Asistida por el Entorno (AAL). En estos entornos las aplicaciones deben ser accesibles y usables para todas las personas, por lo que se debe tener en cuenta desde el primer momento el perfil de cada tipo de usuario, considerando sus capacidades para acceder a tecnologías y servicios. El desarrollo de este tipo de aplicaciones se puede englobar dentro del paradigma del Diseño Universal [1]. Sin embargo, los principios del diseño universal todavía no se aplican de forma generalizada. Prueba de ello es que la interfaz de usuario gráfica (GUI) es la más común en el desarrollo de aplicaciones en la actualidad. Como puede intuirse, debido a su naturaleza gráfica, las personas con discapacidad visual no pueden manejar adecuadamente este tipo de interfaces.

Para hacer frente a este problema existen diferentes aproximaciones. La más utilizada consiste en el empleo de lectores de pantalla que leen los elementos gráficos presentes en la interfaz de usuario, como por ejemplo, botones, etiquetas y cuadros de texto, entre otros. Otro modo consiste en enriquecer los

elementos de la interfaz gráfica con información auditiva o táctil para poder representar esos elementos en otros dispositivos no gráficos [2]. Por último, en lugar de intentar añadir características a las GUIs para que sean accesibles, el paradigma de interfaz de usuario dual contempla el diseño de dos tipos de UI, visuales y no visuales, que se adapten a las características del usuario [3], aumentando de esta manera la usabilidad.

Para el desarrollo del presente trabajo se ha decidido seguir el paradigma de interfaz de usuario dual. Sin embargo, el desarrollo de una UI específica para cada modalidad es una tarea que demanda muchos recursos, esto sin considerar la cuestión de la portabilidad. En la actualidad existen una gran cantidad de plataformas, tanto móviles como de escritorio, para las cuales se pueden desarrollar aplicaciones. Las diferencias visibles entre cada una de ellas obliga a desarrollar la interfaz de usuario en cada plataforma soportada por la aplicación, provocando que el desarrollo de la UI se haya convertido en una tarea que consume muchos recursos. Debido a esto, se están dedicando importantes esfuerzos a la creación de lenguajes de descripción de interfaces de usuario (UIDL) que capturen la esencia de las UI. Por medio de estos lenguajes es posible independizar la interfaz de usuario de la plataforma y de la modalidad: gráfica, textual, voz, etcétera; facilitando la portabilidad de la aplicación y la generación de diferentes tipos de UI con la consiguiente reducción tanto en tiempo como en esfuerzo durante la fase de desarrollo [4,5].

El lenguaje que se presenta en este trabajo está diseñado para describir interfaces de usuario con un alto nivel de abstracción,

teniendo en cuenta las cuestiones mencionadas y los requisitos impuestos por el entorno desde etapas tempranas del diseño. El uso hacia el que se enfoca este UIDL ha marcado también el diseño del mismo. Principalmente, las aplicaciones que hagan uso de este lenguaje serán aquellas que actúen como interfaz remota de los servicios disponibles dentro de un hogar inteligente. En ese sentido, se ha desarrollado una aplicación móvil para personas ciegas que, utilizando una interfaz descrita con el lenguaje que se presenta en este trabajo, permite controlar todos los servicios del hogar. El trabajo presentado en este artículo se estructura de la siguiente manera: en la sección 2 se realiza una revisión del estado de la cuestión sobre UIDL y generación automática de interfaces de usuario. En la sección 3 se introducen los principios de diseño considerados a la hora de diseñar el UIDL. La especificación del lenguaje se encuentra en la sección 4. En la sección 5 se presenta un caso de estudio sobre el desarrollo de una interfaz para controlar los servicios del hogar inteligente, accesible para personas ciegas. En la sección 6 se presenta el prototipo de hogar digital donde se ha validado la interfaz. Por último, en la sección 7 se concluye el presente trabajo destacando los principales aspectos del mismo y los trabajos futuros.

2. Trabajos relacionados

La idea de definir la interfaz de usuario mediante una descripción de la misma se remonta a mediados de la década de los 80, más concretamente, al concepto de Sistemas de Gestión de Interfaces de Usuario (UIMS)

[6]. El objetivo de estos sistemas es la separación de la UI de la lógica de la aplicación utilizando modelos. Sin embargo, la necesidad de diseñar UIs independientes del dispositivo y automatizar, en parte, el proceso de implementación, ha dado paso a los Lenguajes de Descripción de Interfaces de Usuario (UIDL).

Mediante estos lenguajes se define la interfaz de usuario de forma descriptiva. Posteriormente esta descripción es procesada en tiempo de desarrollo o ejecución para producir la interfaz de usuario. Las descripciones que ofrecen estos lenguajes consideran aspectos como la independencia de la plataforma, la independencia de la modalidad y el nivel de abstracción. En [7] se presenta un marco que estructura el ciclo de vida de las UIs sensibles al contexto en cuatro niveles de abstracción: i) tareas y conceptos, ii) interfaz de usuario abstracta (AUI), iii) interfaz de usuario concreta (CUI) y iv) interfaz de usuario final (FUI). Así, la AUI es independiente de la plataforma y la modalidad, la CUI es independiente de la plataforma y la FUI es dependiente de la plataforma y la modalidad. Esta clasificación ha sido tomada en cuenta en los desarrollos posteriores de muchos UIDL, por lo que es posible encontrar en sus especificaciones estos niveles de abstracción de forma implícita o explícita. Muchos de los lenguajes UIDL basan su sintaxis en XML debido a la facilidad de edición, soporte software y multitud de analizadores y procesadores disponibles para este lenguaje. Son muchos los lenguajes que existen para describir interfaces de usuario. A continuación se presenta una visión general de aquellos UIDL basados en XML que consideramos más relevantes por su frecuente aparición en la literatura [4,5].

UIML [8] es un UIDL que tiene como propósito el soportar el desarrollo de UIs para varias plataformas utilizando una descripción independiente de la misma. Permite describir la apariencia de la aplicación, la interacción y la conexión de la UI con la lógica de la aplicación. DISL [9] es una extensión de UIML, un subconjunto que extiende este último, para habilitar la descripción de diálogos independientes de la modalidad.

XIML [10,11] es un lenguaje de propósito general para almacenar y manipular datos procedentes de interacciones. Puede almacenar muchos tipos de modelos de UI, al igual que las relaciones existentes entre los modelos y los datos. Este lenguaje se compone principalmente de cuatro tipos de componentes: modelos, elementos, atributos y relaciones entre los elementos.

UsiXML [12] se estructura de acuerdo a los cuatro niveles de abstracción definidos en [7], siendo capaz de moverse entre ellos hasta llegar a la FUI mediante transformaciones. El objetivo de UsiXML es soportar todas las características de los UIDL desarrollados antes que él y, por tanto, cuenta con muchas de ellas. Permite la especificación de muchos tipos de modelos de UIs como: tareas, dominios, presentaciones y contextos de uso; con un soporte importante para describir relaciones entre todos los modelos soportados.

WSXL [13] es un lenguaje destinado al desarrollo de interfaces de usuario web para aplicaciones de Internet. Los dos objetivos principales de WSXL son: ofrecer un modelo de construcción de aplicaciones web que funcionen a través de una amplia variedad de canales; permitir la creación de aplicaciones web a partir de otras ya creadas. Este lenguaje

se basa en estándares abiertos ya establecidos y es independiente de la plataforma, del navegador web y de los lenguajes de presentación.

Los UIDL revisados pueden describir el tipo de UI requerida por las aplicaciones que acceden remotamente a los servicios de un hogar inteligente, pero continúan añadiendo complejidad al lenguaje.

Además de los UIDL mostrados, se han considerado también otros lenguajes desarrollados por compañías y organizaciones de software que están bastante extendidos en la actualidad: MXML (Adobe) [14], XAML (Microsoft) [15], XUL (Mozilla) [16] y QML (Nokia) [17]. MXML es un lenguaje declarativo empleado en aplicaciones Adobe Flex para describir interfaces gráficas y su comportamiento. XAML es empleado en aplicaciones .NET para describir los elementos gráficos que se muestran por pantalla, así como los cambios de estado de éstos debido a la interacción con el usuario. XUL es un lenguaje basado en los estándares web existentes que es empleado en muchas aplicaciones de Mozilla, entre ellas el conocido navegador web Firefox. Finalmente, QML es un lenguaje basado en JavaScript para describir interfaces de usuario gráficas que forma parte del framework Qt de desarrollo de aplicaciones multi-plataforma. No obstante, estos lenguajes tienen un fuerte acoplamiento con sus propias plataformas y, además, están diseñados para describir, principalmente, interfaces de usuario gráficas.

Podemos encontrar también en la literatura otros trabajos más alineados con el tema del presente trabajo. En [18] se presenta el concepto de Consola Remota Universal (URC), como un dispositivo capaz de acceder a otros

dispositivos o servicios compatibles para manejarlos a través de una UI generada de forma automática. Para llevar a cabo este proyecto proponen AAIML, un UIDL que permite describir interfaces independientes de la modalidad. El URC fue adoptado como estándar en 2008 por el organismo ISO/IEC JTC1 y publicado como ISO/IEC 24752. Otro trabajo similar es el presentado en [19], donde se introduce el concepto de Controlador Universal Personal (PUC), que guarda mucha relación con URC. En [20] se presenta el lenguaje UIDL que utiliza PUC para describir las UIs de acceso remoto a los dispositivos.

3. Principios de diseño

Durante el diseño de la especificación de nuestro UIDL se han tenido en cuenta los siguientes requisitos y principios de diseño. Por un lado, puesto que el lenguaje debe ser interpretado por las aplicaciones, se hace necesario el mantener una sintaxis fácil de analizar e interpretar. Por otro lado, el mismo lenguaje debe ser fácil de manipular, sin necesidad de recurrir a aplicaciones específicas. Estos requisitos han motivado el uso de una sintaxis basada en XML, la cual puede ser manipulada con cualquier editor de textos, contando además con un buen soporte para su procesamiento por parte de los lenguajes de programación de alto nivel.

Otro aspecto que se ha tenido en cuenta ha sido el de no incluir información alguna sobre la posición de los elementos dentro de la UI ni de la modalidad del tipo de interfaz. El objetivo es diseñar un lenguaje que se centre única y exclusivamente en la descripción de la funcionalidad que puede encontrarse en los

servicios disponibles dentro del hogar inteligente. La modalidad de la interfaz será determinada en tiempo de ejecución por la aplicación encargada de interpretar la descripción, a la que denominamos intérprete. Por tanto, en lugar de sobrecargar al lenguaje añadiéndole complejidad, se ha optado por trasladar esa sobrecarga al intérprete. De esta manera, una misma descripción puede instanciarse como una interfaz basada en voz o una interfaz gráfica dependiendo del soporte ofrecido por el intérprete.

De lo anterior se deriva otro principio de diseño, la independencia del lenguaje sobre la plataforma. En la especificación del lenguaje no se encuentran, por tanto, elementos específicos de ninguna plataforma. Sin embargo, estos pueden ser deducidos por el intérprete a partir de la descripción. A pesar de tener que implementar un intérprete para cada modalidad de interfaz y plataforma, este enfoque añade mayor flexibilidad, ya que las descripciones de las UIs ya definidas no necesitan modificarse.

A la hora de describir la funcionalidad se ha optado por mantener un alto nivel de abstracción que sea independiente de la presentación. Por ese motivo, no se emplean abstracciones de elementos como botones, cuadros de texto, etiquetas, etc. El tipo de aplicaciones hacia el que va dirigido este lenguaje son aquellas que actúan como interfaz de acceso remoto a los servicios de un hogar digital. Estos servicios son: control de iluminación; apertura y cierre de puertas, ventanas y persianas; control de temperatura; activación de escenarios; consultas del estado de ciertos dispositivos; etc. La funcionalidad que encontramos en este tipo de servicios puede modelarse como entradas y salidas de datos, o en otras palabras, como acciones del

usuario que provocan respuestas por parte de los servicios del hogar. Por tanto, uno de los principios de diseño ha sido el poder describir toda la funcionalidad de los diferentes servicios disponibles en forma de acciones y respuestas.

A pesar del alto nivel de abstracción desde el punto de vista de la UI, al describir la funcionalidad en forma de acciones y respuestas existe una relación directa con la funcionalidad real. Debido a esto, uno de los requisitos del lenguaje es el de poder asociar a cada acción la funcionalidad real sobre la que se va a actuar para ejecutar la acción. El intérprete es el encargado de establecer los mecanismos de comunicación necesarios entre la UI y la funcionalidad.

4. Especificación del lenguaje

El UIDL que presentamos en este trabajo está basado en XML y permite describir la funcionalidad que se encuentra en los servicios del hogar en forma de acciones y respuestas. Este lenguaje contiene la suficiente capacidad descriptiva como para generar automáticamente la UI de acceso a los servicios sin incluir información sobre la apariencia de la misma. La especificación del lenguaje se divide en dos apartados: la descripción de la funcionalidad y la descripción de la UI. Esta separación se encuentra de forma explícita en el propio lenguaje, conteniéndose cada descripción en un fichero distinto. Encontramos muy interesante la idea de separar ambos aspectos ya que, dentro de una UI, una misma funcionalidad puede ser activada desde varios

caminos. Separando ambos aspectos evitamos tener que especificar de forma redundante la misma funcionalidad.

4.1. DESCRIPCIÓN DE LA FUNCIONALIDAD

La funcionalidad que ofrece un servicio se encuentra distribuida entre los dispositivos electrónicos que forman parte del hogar. Desde el punto de vista de los dispositivos, la funcionalidad permite activar el funcionamiento de una característica del dispositivo o leer información relacionada con su estado. Dado que los dispositivos asociados con un mismo servicio comparten la misma funcionalidad, se hace posible en este punto el describir la funcionalidad considerando únicamente el servicio sin tener en cuenta el dispositivo electrónico.

Para describir la funcionalidad que se encuentra dentro de un servicio del hogar se utilizan una serie de elementos que expresan las acciones y respuestas asociadas. A continuación se listan los diferentes elementos que aporta el lenguaje para describir la funcionalidad:

Tabla 1. Elementos del lenguaje para describir la funcionalidad

Acciones	Respuestas
action	query
selectAction	simpleResponse
optionAction	responseRange
numericInputAction	response

Las acciones modifican el estado de la funcionalidad implicada. Cada acción tiene asociado un nombre, la información necesaria para activar dicha funcionalidad y un mensaje. Es muy importante que el nombre de la acción sea lo más descriptivo posible, ya que este nombre trascenderá hacia la UI durante la generación automática y, por tanto, será el que acabe llegando al usuario de la aplicación. En cuanto al mensaje, este va dirigido completamente al usuario y debe ofrecer información sobre la acción que se acaba de realizar. Para especificar la funcionalidad asociada a una acción se emplea una pareja de atributos que contienen el nombre de la misma y el valor con el que se activa. La definición de acciones puede ser vista como una forma de dotar de información semántica a funcionalidades que no la tienen, de tal manera que un usuario inexperto pueda hacer uso de ella.

Al contrario que las acciones, las respuestas conservan el estado de la funcionalidad implicada. Las respuestas son empleadas para obtener información sobre el estado en que se encuentran los elementos presentes dentro del hogar. Aportan información directamente al usuario por lo que durante su descripción debe tenerse muy presente a éste último.

Los elementos que componen las acciones y las respuestas se engloban dentro de lo que denominamos servicio. Un servicio puede ser visto, desde el punto de vista del lenguaje, como un espacio en el que la funcionalidad real adopta un significado semántico diferente dependiendo del servicio en que se encuentre. Por ejemplo, dos funcionalidades que compartan el mismo nombre pueden ser descritas de forma diferente en servicios

distintos. Desde el punto de vista de la generación automática de la UI, un servicio puede ser visto como una agrupación de acciones y respuestas dentro de un contexto: servicio de iluminación, servicio para el control de puertas, servicio para el control de la calefacción, etc.; las cuales serán accesibles desde la UI.

4.2. ACCIONES

Como puede observarse en la Tabla 1, existen varios tipos de acciones. El tipo de acción más simple es *action*. Éste aporta información semántica sobre la funcionalidad subyacente, permitiendo activar dicha funcionalidad sin depender del estado actual en que se encuentre. El resto de acciones, más complejas, consisten en la agrupación de elementos *action* con algún tipo de refinamiento.

Al contrario que *action*, el elemento *selectAction* depende completamente del estado actual de la funcionalidad. Debido a esto, este elemento resulta muy útil cuando la activación de la funcionalidad subyacente solo tiene sentido según el estado actual. Por ejemplo, si una luz está encendida, que la interfaz de usuario muestre una acción para encender la luz no tiene ningún sentido bajo esas condiciones, siendo la acción más natural la de apagar la luz. El elemento *selectAction* está compuesto por dos o más elementos *action*. Sin embargo, durante la instanciación de la interfaz, solo uno de los dos elementos *action* será accesible por la interfaz dependiendo del estado en que se encuentre la funcionalidad indicada.

Hay ocasiones en que la funcionalidad subyacente puede activarse empleando un amplio rango de valores. Supongamos que la funcionalidad de una persiana permite establecer su posición numéricamente empleando un valor comprendido entre 0 y 255, que determine, respectivamente, si la persiana está bajada o subida completamente. En un caso como este, donde la persiana puede situarse en cualquiera de esas posiciones, es posible reducir el número de posiciones a sólo unas cuantas que resulten útiles en la práctica: bajada, subida o a media altura. Esto es justo lo que se pretende conseguir con el elemento *optionAction*. Dada una funcionalidad con soporte de un amplio rango de valores, con este elemento se pueden especificar los valores que son más utilizados en la práctica, agrupando las opciones que actúan sobre la misma funcionalidad para no perder la relación existente entre los elementos.

Sin embargo, también hay ocasiones en que es necesario poder activar una funcionalidad empleando cualquier valor dentro de su rango permitido, como por ejemplo, en el caso de un regulador de temperatura. El elemento *numericInputAction* permite activar la funcionalidad con cualquier valor del rango mediante incrementos y decrementos del valor actual de la misma. Este elemento está compuesto por dos elementos *action*, uno para incrementar el valor actual y otro para decrementarlo. La cantidad en que se incrementa o decrementa el valor actual se especifica en la descripción del elemento. No obstante, puede darse el caso de que a la funcionalidad subyacente no se le pueda indicar el incremento de forma relativa al valor actual, es decir, indicar como valor de activación un valor numérico que se suma al valor actual de la funcionalidad. En esos casos,

es necesario que la propia UI recupere el valor actual de la funcionalidad para luego calcular el valor absoluto tras el incremento y, posteriormente, emplearlo como valor de activación. Previendo la falta de soporte por parte de la funcionalidad subyacente del dispositivo, el elemento *numericInputAction* recoge en su descripción esta información para determinar si es necesario calcular el valor absoluto antes de activar la funcionalidad.

Cabe destacar que el modo de funcionamiento del elemento *numericInputAction* es reactivo, es decir, tan pronto el usuario realiza cambios en el valor de la funcionalidad, ésta se activa inmediatamente. Para retrasar la activación real de la funcionalidad, evitando que los cambios en el valor se apliquen inmediatamente, se puede alterar el modo de funcionamiento para que una vez seleccionado el valor adecuado, la UI solicite confirmación al usuario.

4.3. RESPUESTAS

Aunque todas las acciones revisadas hasta el momento ofrecen una respuesta al usuario aportando información sobre el estado de la acción realizada, hasta ahora no se ha presentado ningún mecanismo que de forma explícita permita recuperar información real sobre los elementos presentes en el hogar. El elemento *query* aporta al lenguaje este mecanismo. A través de este elemento es posible realizar consultas sobre el estado de luces, persianas, puertas, sensores de temperatura, etc., presentes en el hogar.

El elemento *query* contiene el nombre de la consulta y la funcionalidad que necesita para

realizar la misma. El nombre debe describir la consulta que realiza de la mejor manera posible ya que, al igual que ocurre en el elemento *action*, éste formará parte de la UI tras la generación automática. La funcionalidad empleada para realizar la consulta devuelve como respuesta un valor numérico que debe ser interpretado. Por este motivo, todo elemento *query* lleva asociado un elemento respuesta que contiene la información necesaria para interpretar correctamente el valor devuelto como respuesta. La interpretación consiste en mapear o relacionar los valores numéricos obtenidos como respuesta con cadenas de texto. Por tanto, estas cadenas de texto deben ser muy descriptivas pues será ésta la información que acabe recibiendo el usuario.

La respuesta más simple viene dada por el elemento *simpleResponse*. Este elemento es un contenedor de respuestas que relacionan valores numéricos con cadenas de texto. Cuando la misma respuesta puede darse dentro de un dominio se emplea el elemento *responseRange*. Este elemento permite relacionar rangos numéricos no solapados con cadenas de texto. Algunos tipos de consulta emplean funcionalidades que devuelven como resultado una respuesta numérica que no necesita interpretación, como por ejemplo, la consulta de la temperatura. En esos casos es necesario encapsular la respuesta dentro de una cadena de texto para que el mensaje sea más amigable para el usuario. El elemento *response* permite encapsular la respuesta obtenida dentro de un mensaje. Para ello, utiliza dentro del mensaje una variable que recibe su valor real en el momento de ejecutarse la consulta.

4.4. DESCRIPCIÓN DE LA INTERFAZ DE USUARIO

Para describir la interfaz de usuario se emplea lo que denominamos listas de navegación. Una lista de navegación es un contenedor de elementos navegables a través de los cuales se puede acceder a otras listas de navegación. Es posible visualizar en forma de árbol la estructura que se forma al emplear estas listas. Entre los elementos empleados para describir la interfaz de usuario hacemos una distinción entre aquellos que en tiempo de ejecución no modifican la estructura del árbol y aquellos que sí la modifican. Los primeros reciben el nombre de elementos estáticos, mientras que a los segundos nos referimos como elementos dinámicos.

Tabla 2. Elementos del lenguaje para describir la Interfaz de Usuario

Elementos Estáticos	Elementos Dinámicos
navigation menu launcher	loadLaunchers

4.5. ELEMENTOS ESTÁTICOS

Dentro de los elementos estáticos se encuentra el elemento *navigation* para describir listas de navegación. Cada lista de navegación tiene asociada una descripción que aporta información al usuario sobre el contenido de la misma. Existen variables predefinidas que pueden ser empleadas en la

descripción de la lista para indicar, por ejemplo, el número de elementos que ésta contiene. Las listas de navegación son identificadas de forma unívoca por medio de un identificador, el cual es empleado por los elementos navegables como se verá más adelante.

Un elemento navegable tiene asociado un nombre. Este nombre es empleado en la generación de la UI y, por tanto, es muy importante que transmita de forma concisa la información que puede encontrarse si se navega por el mismo. Un elemento navegable puede ser considerado de dos formas distintas según sea un nodo intermedio del árbol o un nodo hoja. En el primer caso, el elemento navegable es considerado un menú (elemento *menu*). Mientras que en el segundo caso, el elemento navegable es considerado un lanzador (elemento *launcher*).

Como menú, un elemento navegable actúa como punto de acceso hacia otra lista de navegación. Así, un menú se asocia con una lista de navegación por medio del identificador de la misma. Un menú, de forma opcional, puede contener argumentos, cadenas de texto que son transmitidas a la lista de navegación asociada cuando el usuario entra en ella. Estos argumentos pueden ser empleados por la lista de navegación en su descripción o en los elementos navegables que contiene. El poder comunicar cierta información entre listas de navegación hace posible la descripción de UIs que no sería posible de otra manera. Por ejemplo, con esta comunicación entre listas, es posible crear listas de navegación genéricas que, dependiendo de los argumentos recibidos, describan UI distintas.

Cuando el elemento navegable es considerado un lanzador, éste actúa como punto de entrada a uno de los servicios definidos previamente. Sin embargo, falta especificar una relación muy importante para que el lanzador realice su función correctamente. Como ya se ha comentado, la funcionalidad descrita en los servicios realmente reside en los dispositivos electrónicos que se encuentran dentro del hogar. Por tanto, se hace necesario vincular el lanzador con el dispositivo real. Utilizando argumentos predefinidos en los lanzadores se realiza la asociación con los dispositivos y, cuando el usuario ejecuta el lanzador, esta información es transmitida al servicio. De esta manera, la funcionalidad del servicio que fue definida independientemente del dispositivo, contiene en tiempo de ejecución toda la información necesaria para ser activada. Puesto que hay dispositivos que a pesar de pertenecer al mismo servicio no soportan toda la funcionalidad disponible, los lanzadores pueden contener esta información también en sus argumentos para que a través del servicio esas funcionalidades no estén presentes.

4.6. ELEMENTOS DINÁMICOS

Con el objetivo de hacer más potente y flexible la forma en que se describe la interfaz de usuario, se ha incorporado al lenguaje un mecanismo que permite añadir lanzadores a las listas de navegación en tiempo de ejecución. Este mecanismo es el elemento *loadLaunchers*. A través del mismo se pueden agregar lanzadores, previamente definidos, que satisfagan correctamente un criterio de búsqueda.

Los lanzadores son definidos a parte, en otro fichero, junto a etiquetas que los clasifican. Para añadirlos a una lista de navegación, empleando el elemento *loadLaunchers*, se especifica el fichero donde se encuentran definidos y el filtro o condición de búsqueda que debe satisfacerse.

Manteniendo la definición de los lanzadores separada de la definición de la UI, se permite la reutilización de los mismos en diferentes UIs. Además, este mecanismo hace factible la creación de procesos que mantengan una base de datos actualizada de los lanzadores disponibles. De esta manera, una UI se pueda mantener actualizada sin realizar cambios en la descripción de la misma.

5. Caso de estudio: interfaz para personas ciegas

Como parte del presente trabajo se ha realizado un caso de estudio en el que se ha desarrollado una interfaz móvil para personas con discapacidad visual. A través de esta interfaz se permite el acceso remoto a toda la funcionalidad y servicios ofrecidos por el hogar digital, aumentando, de este modo, la autonomía de las personas dentro de sus hogares.

El desarrollo de esta interfaz se ha realizado empleando el lenguaje de descripción de interfaces de usuario introducido en la sección 4. Por tanto, un paso previo al desarrollo de la interfaz ha sido la implementación del intérprete que la genera. Cabe destacar que una vez se cuenta con una implementación funcional del intérprete, el desarrollo de UIs

accesibles para el hogar inteligente se reduce a describir el modo de navegación y la funcionalidad de los servicios a los que acceder.

5.1. DETALLES DEL INTÉRPRETE

El intérprete ha sido desarrollado para la plataforma móvil Android de la Open Handset Alliance (OHA), liderada por Google. Esta plataforma ha sido escogida frente a otras por diversos motivos. Por un lado, su filosofía abierta hace que prácticamente no tenga barreras de entrada para comenzar a desarrollar. Mientras que por otro, su fuerte crecimiento y rápida expansión, nos asegura la existencia de una gran base de usuarios procurando que las aplicaciones desarrolladas para esta plataforma lleguen a un gran número de ellos.

Debido a que Android funciona, principalmente, en teléfonos inteligentes, el intérprete se ha diseñado teniendo en cuenta las características más comunes que se encuentran en estos dispositivos. Por tanto, se hace uso de la conectividad inalámbrica y la pantalla táctil. La pantalla es utilizada, en lugar de para la visualización de la UI, para la interacción del usuario con la aplicación. A tal efecto, se ha implementado el soporte para cuatro gestos (ver Tabla 3) que el usuario puede emplear para desplazarse entre las listas de navegación y los elementos navegables. Los gestos han sido diseñados para que sean fáciles de recordar y de realizar sin tener referencias visuales.

Cada uno de los gestos se puede realizar manteniendo el dedo pulgar sobre la pantalla, deslizándolo en cualquiera de las cuatro

direcciones que aparecen en la Tabla 3. El gesto puede iniciarse desde cualquier punto de la pantalla, por lo que no es necesario que el usuario aprenda una posición inicial a partir de la cual iniciar el gesto.

Tabla 3. Gestos de navegación

Gesto	Acción asociada
Derecha	Siguiente elemento
Izquierda	Elemento anterior
Arriba	Volver a la lista anterior
Abajo	Entrar / Ejecutar

La interacción entre la aplicación y el usuario se realiza convirtiendo los mensajes textuales en voz mediante alguno de los sintetizadores de voz disponibles. En este caso de estudio se han implementado tres modos diferentes de sintetizar voz. El primero de ellos utiliza el sintetizador de voz ofrecido por la plataforma Android. Sin embargo, en algunos terminales móviles la conversión de texto en voz no se realiza lo suficientemente rápido como para emplearse en una aplicación de este tipo. Por este motivo, se ha realizado una segunda implementación que accede a un sintetizador de voz externo a través de la conexión inalámbrica. Finalmente, la última implementación consiste en ofrecer como servicio del hogar la conversión de texto a voz. De esta manera, los mensajes auditivos de la aplicación se reproducen por el sistema de sonido del hogar inteligente.

Por tanto, utilizando los mecanismos descritos de interacción, el intérprete ofrece al usuario el soporte de accesibilidad necesario para

manejar la UI mediante gestos y recibir información auditiva sobre las acciones que realiza mediante voz.

El intérprete implementado emplea como entrada la descripción de la UI y la descripción de la funcionalidad disponible en los servicios del hogar inteligente. A partir de estas descripciones es capaz de generar de forma automática la interfaz que utilizará el usuario. La UI que produce internamente el intérprete se basa en una representación textual, pensada para que sea accesible utilizando cualquiera de las tres implementaciones de sintetizadores de voz. Una vez construida la UI, el intérprete reacciona ante las acciones del usuario de dos modos distintos: permitiendo que el usuario se desplace a través de las listas de navegación y elementos navegables; o realizando acciones directamente sobre los dispositivos del hogar.

En el primer caso, cada vez que el usuario visita un elemento o pasa de una lista de navegación a otra, el intérprete reproduce una locución transmitiendo al usuario el mensaje correspondiente a la navegación que está realizando. Además, puesto que el intérprete es consciente del número de elementos navegables presentes en cada lista de navegación, cuando el usuario alcanza el último elemento navegable y pretende ir más allá, se le avisa mediante un mensaje de voz predefinido, volviendo al primer elemento navegable. Lo mismo ocurre en el sentido contrario, cuando el usuario alcanza el primer elemento navegable y pretende visitar el anterior.

En el segundo caso, cuando el usuario activa una funcionalidad desde la UI, el intérprete ejecuta esa acción en el dispositivo real. Tras la ejecución, el usuario recibe el mensaje de

voz asociado a la acción que acaba de realizar y que está previamente definido en la descripción de la funcionalidad.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes"?>
<userinterface start="main" version="0.1">
  <navigation
    id="main"
    desc="Welcome to DAI Home.
        There are ${count} available options">
    <menu
      name="1) Home Devices"
      goto="devices"
      argc="1"
      argv="home devices">
    </menu>
    <menu>
      name="2) Scenes"
      goto="scenes">
    </menu>
    <menu
      name="3) Application Settings"
      goto="settings">
    </menu>
  </navigation>
  <navigation
    id="devices"
    desc="There are ${count} available ${1}">
    <loadLaunchers file="launchers.xml" filter="none" />
  </navigation>
  // Other navigation lists
</userinterface>
```

Imagen 1. Descripción de la UI

5.2. DESCRIPCIÓN DE LA INTERFAZ

La interfaz para personas con discapacidad visual se ha desarrollado utilizando el UIDL presentado en este trabajo. La descripción realizada define una UI que puede controlar toda la funcionalidad presente en los servicios del hogar inteligente. En ese sentido, algunas de las guías para diseñar UIs para personas ciegas presentadas en [21] han sido tenidas en cuenta. La descripción de la UI contiene cuatro listas de navegación. En la Imagen 1 se encuentra, a modo de ejemplo, un extracto donde se muestra la descripción de la primera. Esta lista es considerada la principal y es la que el intérprete presenta inicialmente al usuario mediante un mensaje de voz que describe su contenido. La lista principal

contiene tres elementos navegables: dispositivos, escenas y configuración. A través del primer elemento se alcanza una lista de navegación que contiene lanzadores para todos los dispositivos presentes en el hogar. Mediante el segundo elemento se alcanza otra lista con lanzadores para cada una de los escenarios configurados en el hogar inteligente. Finalmente, utilizando el tercer elemento se alcanza una lista con lanzadores para configurar aspectos de la propia aplicación.

Cuando el usuario visita un lanzador, el intérprete presenta a éste las acciones que pueden realizarse desde el mismo. Las acciones que puede realizar el usuario vienen recogidas en la descripción de la funcionalidad del servicio (ver Imagen 2). En la descripción de esta funcionalidad se ha empleado un vocabulario breve y conciso en los nombres, normalmente empleando un verbo y un sustantivo. Así, por ejemplo, para describir la funcionalidad que enciende la luz dentro del servicio de iluminación, se ha empleado como nombre “encender luz”.

Un aspecto que se ha tenido en cuenta en el intérprete es el siguiente. Puesto que un lanzador contiene información sobre la funcionalidad que puede emplear, el intérprete no debe presentar al usuario aquellas acciones cuya funcionalidad no está presente en el lanzador. De esta manera, aunque el servicio sea capaz de realizar una gran cantidad de acciones, a través del lanzador únicamente se presentarán aquellas que realmente éste último es capaz de realizar.


```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes"?>
<services version="0.1">
  <service
    id="Lighting"
    name="Lighting Service">
    <selectAction func="dataSwitch">
      <action
        name="Turn light on"
        func="switch"
        value="1"
        compare="0"
        onSuccess="The light is on" />
      <action
        name="Turn light off"
        func="switch"
        value="0"
        compare="1"
        onSuccess="The light is off" />
    </selectAction>
    <query
      name="Inquire light state"
      func="dataSwitch">
      <simpleResponse>
        <response value="1" message="The light is on" />
        <response value="0" message="The light is off" />
      </simpleResponse>
    </query>
    // Other services
  </service>
</services>
```

Imagen 2. Descripción de funcionalidad

En la Imagen 3 se muestra una descripción para tres lanzadores que se corresponden con dispositivos del hogar. Como se observa, cada lanzador está asociado a un servicio y tiene especificada la funcionalidad que necesita para realizar su función. El papel de los lanzadores dentro del UIDL es fundamental. La función del lanzador es la de vincular la descripción de la UI con la descripción de la funcionalidad de los servicios del hogar inteligente, facilitando así la reutilización de descripciones por otras UI.

Debido al lenguaje UIDL y el soporte ofrecido por el intérprete, a partir de la descripción de la interfaz para personas con discapacidades visuales se genera automáticamente una interfaz accesible para acceder de forma remota a los servicios del hogar inteligente.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes"?>
<launchers version="0.1">
  <launcher
    id="1"
    name="Bedside Light"
    service="Lighting"
    tag="Sittingroom"
    func="switch,dataSwitch,toggle">
  </launcher>
  <launcher
    id="8"
    name="Blind"
    service="Blinds"
    tag="Kitchen"
    func="moveBlind,dataPosBlind,posBlind">
  </launcher>
  <launcher
    id="11"
    name="Door"
    service="Doors"
    tag="Bathroom"
    func="switch,dataSwitch,toggle">
  </launcher>
</launchers>
```

Imagen 3. Descripción de lanzadores

6. Prototipo

Este trabajo ha sido incorporado al proyecto metalTIC – Hogar digital (<http://www.metaltic.org>), realizado por el grupo de Domótica y Ambientes Inteligentes (DAI) de la Universidad de Alicante y la Federación de Empresarios del Metal de la Provincia de Alicante (FEMPA). Este es un laboratorio demostrativo que simula una vivienda con los últimos avances en las tecnologías de la información, las comunicaciones y el control para aportar servicios en el hogar (ver Imagen 4).

La casa de unos 50 metros cuadrados cuenta con un salón con cocina integrada, un dormitorio y un cuarto de baño donde se han integrado las tecnologías más recientes e innovadoras que aportan servicios a la vivienda, articulando conceptos clave como el control energético, la vigilancia y la seguridad, el confort y el ocio, las comunicaciones, la accesibilidad y la administración. Incorpora las

últimas tecnologías tanto en interacción persona-entorno (televisión, pantalla táctil, dispositivos de visión, reconocimiento de voz, dispositivos móviles, acelerómetros, giroscopios, ...) como en sistemas de control domótico para la realización de investigación tanto básica como aplicada.



Imagen 4. metaTIC – Hogar Digital

Integra las tecnologías abiertas KNX, LonWorks y DALI (iluminación), las tecnologías inalámbricas Zigbee y EnOcean, y las tecnologías propietarias INELI (empresa asociada a FEMPA) y Fagor (electrodomésticos). Para su integración se emplean coordinadamente un autómata programable con las prestaciones de un sistema informático basado en una arquitectura PC embebida y un sistema Windows Media Center. Incorpora el middleware destinado a independizar los aspectos más técnicos de los niveles más altos de aplicación asegurando la interoperabilidad entre todos los sistemas de control indicados anteriormente. Asimismo, este middleware oferta toda la funcionalidad de metaTIC mediante servicios web, para permitir que de una forma sencilla se desarrollen nuevos servicios e interfaces persona-entorno y se validen posteriormente. En conclusión, este espacio ofrece importantes facilidades para

realizar en ella nuevos desarrollos y pruebas de usuario.

7. Conclusiones y trabajos futuros

En este trabajo se ha presentado un lenguaje para describir UIs que son empleadas en aplicaciones de la vida asistida por el entorno. El lenguaje ofrece mecanismos diferentes para describir, por un lado, la funcionalidad de los servicios del hogar digital, y por otro, la UI que accede a esos servicios; estando ambas descripciones conectadas mediante lo que se ha denominado lanzador. En el caso de estudio presentado, este lenguaje ha mostrado ser suficiente para desarrollar rápidamente una interfaz para personas con discapacidad visual. A través de esta interfaz se puede acceder a los servicios del hogar inteligente utilizando un teléfono inteligente. Sin embargo, la validación por usuarios reales en metaTIC – Hogar digital, es una tarea pendiente.

Un aspecto sobre el que puede profundizarse para aumentar la usabilidad de las UI es el estudio de modos de locución automática en el intérprete para leer automáticamente todos los elementos de navegación de cada lista. Estudiar el impacto de estos modos sobre la usabilidad es un aspecto a tener en cuenta. En cuanto al lenguaje, estudiar nuevas abstracciones independientes de la modalidad se hace necesario para enriquecer y aumentar su capacidad para describir UIs. Con la especificación actual, el UIDL presentado permite describir UIs empleando la metáfora de las listas. Sin embargo, se podrían

incorporar de forma alternativa recursos gráficos, como pictogramas, abriendo la puerta de esta manera a nuevas representaciones gráficas. Finalmente, un trabajo interesante sería el portar a otras plataformas el intérprete implementado en este trabajo, o igualmente, crear otros intérpretes para otras modalidades.

8. Agradecimientos

Se agradece la colaboración de la Federación de Empresarios del Metal de la Provincia de Alicante (FEMPA) por la cesión de metaTIC – Hogar Digital para la validación de este trabajo.

10. Referencias

- [1] B.R. Connell, M. Jones, R. Mace, J. Mueller, A. Mullick, E. Ostroff, J. Sanford, E. Steinfeld, M. Story y G. Vanderheiden, "The Principles Of Universal Design", The Center for Universal Design, NC State University, USA, 1997, pp. 2-4.
- [2] A. Hardwick, S. Furner y J. Rush, "Tactile display of virtual reality from the World Wide Web – a potential access method for blind people", *Displays*, vol. 18, 1998, p. 153–161.
- [3] A. Savidis y C. Stephanidis, "The HOMER UIMS for dual user interface development: Fusing visual and non-visual interactions", *Interacting with Computers*, vol. 11, Dec. 1998, pp. 173-209.
- [4] N. Souchon y J. Vanderdonckt, "A review of xml-compliant user interface description languages", *Interactive Systems. Design, Specification, and Verification*, 2003, p. 391–401.
- [5] J. Guerrero-García, J.M. Gonzalez-Calleros, J. Vanderdonckt y J. Muñoz-Arteaga, *A Theoretical Survey of User Interface Description Languages: Preliminary Results*, IEEE, 2009.
- [6] G.E. Pfaff, *User Interface Management Systems*, Berlín: Springer-Verlag, 1985.
- [7] G. Calvary, "A Unifying Reference Framework for multi-target user interfaces", *Interacting with Computers*, vol. 15, 2003, pp. 289-308.
- [8] M. Abrams, "UIML: an appliance-independent XML user interface language", *Computer Networks*, vol. 31, 1999, pp. 1695-1708.
- [9] K. Coninx, K. Luyten y K.A. Schneider, eds., "Task Models and Diagrams for Users Interface Design", 5th International Workshop, TAMODIA 2006, Hasselt, Belgium, Revised Papers, TAMODIA, Springer, 2007.
- [10] J. Eisenstein y J. Vanderdonckt, "Adapting to mobile contexts with user-interface modeling", 2000, pp. 83-92.
- [11] A. Puerta y J. Eisenstein, *XIML*, New York, New York, USA: ACM Press, 2002.
- [12] Q. Limbourg, J. Vanderdonckt y B. Michotte, "UsiXML: A user interface description language for context-sensitive user interfaces", *Interface Description*, 2004, p. 55–62.
- [13] A. Arsanjani, D. Chamberlain, D. Gisolfi, R. Konuru, J. Macnaught, S. Maes, R. Merrick, D. Mundel, T. Raman, S. Ramaswamy, T. Schaeck, R. Thompson, A. Díaz, J. Lucassen y C.F. Wiecha, (WSXL) Web Service Experience Language Version 2, IBM, 2002.
- [14] A.S. Incorporated, "Developing applications in MXML", *Using Flex 4*, 2010, pp. 10-27.
- [15] Microsoft, "XAML Overview (WPF)" MSDN. disponible en <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms752059.aspx> (acceso 02/04/2011)
- [16] N. Deakin, "XUL Tutorial", Mozilla. disponible en https://developer.mozilla.org/en/XUL_Tutorial (acceso 02/04/2011)
- [17] Nokia, "Introduction to the QML Language" 2010. disponible en <http://doc.qt.nokia.com/4.7-snapshot/qdeclarativeintroduction.html> (acceso 02/04/2011)
- [18] G. Zimmermann, G. Vanderheiden y A. Gilman, "Universal remote console - prototyping for the alternate interface access standard", *Universal Access Theoretical Perspectives, Practice, and Experience*, 2003, p. 524–531.
- [19] J. Nichols, B. a Myers, M. Higgins, J. Hughes, T.K. Harris, R. Rosenfeld y M. Pignol, "Generating remote control interfaces for complex appliances", *Proceedings of the 15th annual ACM symposium on User interface software and technology - UIST '02*, 2002, p. 161.

[20] J. Nichols, B.A. Myers, K. Litwack, M. Higgins, J. Hughes y T.K. Harris, “Describing appliance user interfaces abstractly with xml”, Workshop on Developing User Interfaces with XML: Advances on User Interface Description Languages, Citeseer, 2004, p. 9–16.

[21] S. Leuthold, J. Bargasavila y K. Opwis, “Beyond web content accessibility guidelines: Design of enhanced text user interfaces for blind internet users”, International Journal of Human-Computer Studies, vol. 66, Apr. 2008, pp. 257-270.

Detección de obstáculos mediante sonidos acústicos virtuales

Guillermo Peris Fajarnés, Larisa Dunai, Víctor Santiago Praderas
Camino de Vera s/n, 46022, Valencia, Centro de Investigación en Tecnologías Gráficas
ladu@upv.es

Resumen

El presente artículo describe un sistema capaz de reconocer el entorno real mediante sonidos acústicos virtuales. Los sonidos acústicos virtuales utilizados en este trabajo son sonidos binaurales de unos 48ms, que permite una representación del entorno en tiempo real. Además, para generar sonidos que puedan representar el entorno, se han convolucionado con un mapa de Head Related Transfer Functions para cada posición espacial, dando la posibilidad de obtener una mejor interpretación del entorno. De las pruebas experimentales, podemos observar que las personas invidentes que han participado en el experimento, han aprendido de forma fácil el modo de funcionamiento e interpretación del sistema, dando unos resultados sorprendentes, tanto en tiempo como en precisión.

Abstract

The present paper describes a new veritable device able to transform the real environment into acoustical sounds. Binaural sounds are used in order to create virtual sounds. Due to the sound length which is 48ms, the device is able to represent the environment in real time. In order to create virtual sounds, the previously generated sound was convolved with non-individual Head-Related Transfer Functions for each spatial position. From the experimental results, can be observed that the participants learned easily and without difficulties how to use the device, to represent the environment and navigate.

1. Introducción

Los humanos utilizan los 5 sentidos (vista, oído, olfato, tacto y gusto) para percibir el entorno. Así detectamos obstáculos, la presencia de otras personas o seres vivos y también prevenimos peligros. Cuando uno de los sentidos se pierde, el cerebro humano desarrolla los otros sentidos de manera que compense y mantenga el equilibrio de percepción. Lo mismo pasa cuando los humanos pierden la visión. En este caso, el oído se desarrolla de manera que la persona invidente es capaz de percibir el entorno mediante sonidos.

Los sonidos tienen una gran importancia en la vida cotidiana, permitiendo a los humanos disfrutar de la música, comunicarse entre sí, detectar y localizar obstáculos y peligros, etc. Los sonidos acústicos permiten detectar y localizar peligros en áreas donde la visión no alcanza. Como ejemplo, si en una ciudad se está reparando la cera de la calle que viene perpendicular a la se circula, sin la posibilidad de oír el funcionamiento de las maquinas, las personas seríamos incapaces de detectar las obras, debido a que esta fuera del alcance visual. Lo mismo pasa con el tráfico, los seres humanos podemos oír los vehículos que vienen de espalda sin necesidad de girar la cabeza para ver si viene un coche o no.

Desde la antigüedad los seres humanos han utilizado el oído para percibir el peligro, permitiéndoles esconderse o cazar.

Debido a las impresionantes ventajas y propiedades del oído humano, los investigadores han mostrado un gran interés en analizar los métodos de funcionamiento del

oído humano, y las propiedades y las características psicoacústicas de los sonidos. De hecho, se han definido los parámetros más importantes de la localización de sonidos acústicos. Conforme la Teoría Duplex [1] sobre localización de sonidos de Lord Rayleigh, la localización se facilita mediante la integración de la Diferencia Interaural de Tiempo (ITD) y la Diferencia Interaural de Intensidad (IID), donde la forma de la onda sonora es corta y la cabeza humana actúa como una sombra acústica. Se ha demostrado que para sonidos de baja frecuencia el parámetro que influye en la localización de sonidos es la Diferencia Interaural de Tiempo (ITD), ya que representa la diferencia de tiempo en que un sonido emitido por una fuente sonora llega a un oído y al otro [2]. En cuando en la localización de los sonidos de alta frecuencia se utiliza la diferencia Interaural de Intensidad. Los dos parámetros nos permiten localizar los sonidos acústicos en dirección es decir a la derecha o a la izquierda del punto de visión.

Otra propiedad acústica es la propiedad espectral que permite la localización de sonidos en posición vertical.

Por otro lado, un factor muy importante es el modo de medir o generar los sonidos para su posterior uso, tanto en la investigación como en el análisis offline. En este caso se ha desarrollado una nueva técnica de medida de sonidos llamada Funciones de Transferencia (HRTF) [3], [4]. Los HRTFs representa la Transformada Fourier de la Respuesta del Impulso con Respecto a la Cabeza (HRIR de la noción en Ingles), en otras palabras representa los sonidos registrados en unas coordenadas especiales del espacio tanto para el oído izquierdo como para el oído derecho en el dominio temporal [5].

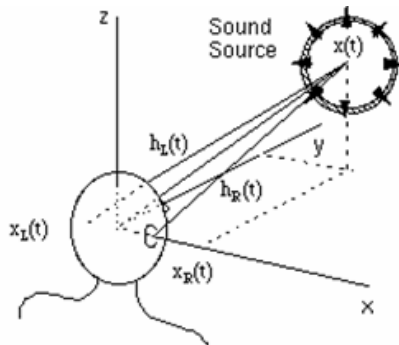


Figura 1 Representación gráfica del método de llegada de los sonidos del entorno a los oídos humanos. Mediante $x_L(t)$ se refleja la señal que llega al oído izquierdo y mediante $x_R(t)$ se representa la señal llegada al oído derecho.

Conociendo la gran habilidad de los seres humanos de percibir y localizar sonidos provenientes del entorno, desde los años 50 se ha apostado por el desarrollo de dispositivos que ayuden a detectar los obstáculos del entorno mediante sonidos acústicos. Hasta hoy en día, la mayoría de los sistemas de detección de obstáculos desarrollados han implementado los sonidos monaurales, es decir, sonidos mono donde la señal acústica tiene solamente un canal audio. Para poder manejar este tipo de sonidos es muy importante tener una buena habilidad acústica. Partiendo de esta desventaja, el presente artículo presenta un nuevo sistema de detección de obstáculos mediante sonidos binaurales, es decir, mediante sonidos estéreo. Dichos sonidos son los que se oyen mediante auriculares como si procedieran desde el entorno.

2. Desarrollo del sistema acústico

Cuando se trata de diseñar un dispositivo de detección de objetos del entorno, es muy importante tener en cuenta y tener bien definidos los objetivos que se quieren conseguir y la tecnología a usar. Es decir, que es de vital importancia plantearse las siguientes preguntas: "¿Que se quiere detectar?", "¿Cómo y qué métodos utilizar para la detección de objetos?", "¿Cómo representar la información percibida y procesada?" [6]. En nuestro caso lo tenemos bien claro, necesitamos detectar los obstáculos del entorno real e interpretarlos mediante sonidos acústicos estéreo. También el sistema propuesto en el presente artículo, a diferencia de los otros dispositivos desarrollados hasta el momento, es que no está diseñado para detectar y, de forma autónoma, evitar los obstáculos, sino que el propio usuario sea el encargado de tomar decisiones de esquivar, o ir directamente hacia el obstáculo. Es decir, que el sistema es cognitivo, y que proporciona acústicamente la información del entorno, mientras que el propio usuario se encarga de la tarea de decisión. Además, el sistema utiliza un sonido acústico de alta frecuencia, que por sus propiedades no interfiere con el ruido y los sonidos del entorno, así como los ruidos de los coches, señales acústicas de las estaciones de transporte público, señales de tráfico o conversaciones humanas.

Como previamente se ha mencionado, el sistema acústico tiene como objetivo representar mediante sonidos acústicos la siguiente información:

- Distancia de los objetos, que representa la distancia entre el sistema (el usuario) y el objeto detectado. En este caso la distancia esta representada mediante intensidad del sonido, es decir, cuánto más lejanos los objetos están, más baja es la intensidad del sonido.
- Dirección del objeto, que representa la dirección del objeto en coordenadas cartesianas, es decir, a la izquierda o a la derecha del punto de mira. En este caso influye las propiedades acimutales de los sonidos acústicos.
- Complejidad del escenario, nos indica el número de sonidos emitidos para representar el espacio y el número de obstáculos detectados por el sistema. Es decir, el número de sonidos percibidos por el usuario para poder de forma clara y precisa representar el entorno.
- La velocidad de los objetos, la cual representa la velocidad de funcionamiento del sistema en un segundo. Por el movimiento de los objetos, se entiende el número de sonidos emitidos por el sistema para que el usuario perciba en tiempo real el movimiento de los obstáculos del entorno sin perder información.
- Altura de los objetos. Los sonidos utilizados en el sistema son medidos para un plano situado al nivel de los ojos. En este caso, el usuario debe mover la cabeza arriba y abajo para detectar los obstáculos situados a diferentes alturas.

El principio de funcionamiento del sistema acústico se basa en el sistema de sonidos

binaurales, porque es el más parecido al sistema auditivo humano. Para la generación de sonidos acústicos se ha prestado especial importancia a todos los parámetros acústicos binaurales, así como el ITD, el IID y el tiempo de reproducción del sonido, el tiempo de silencio etc.

Los HRTFs se han medido para cada posición espacial en un área de 0,5 a 5m en distancia y 30º en azimut, tanto para la izquierda, como para la derecha del centro de la cabeza humana.

De este modo se ha creado un banco de sonidos virtuales sintéticos.

3. Desarrollo del sistema de percepción del entorno

El sistema de percepción del entorno está compuesto por una matriz lineal de 1x64 láseres infra-rojos y un sensor 3D CMOS implementados en un par de gafas.

El principio de funcionamiento es muy sencillo. El sistema emite impulsos infra-rojos al entorno. Cuando los impulsos chocan con la superficie de los obstáculos, estos vuelven y rebotan hacia el dispositivo. Mediante el sensor 3D CMOS, el sistema calcula la distancia entre el usuario y el obstáculo, enviando al sistema acústico los datos en distancia y azimut. Mediante auriculares el usuario percibe unos sonidos acústicos virtuales que representan las coordenadas espaciales del obstáculo. El dispositivo desarrollado es a nivel de prototipo.

4. Parte experimental

4.1. PARTICIPANTES

En las pruebas experimentales han participado más de 25 personas con discapacidad visual. Los resultados se han recogido de 20 participantes de Alemania e Italia. Los participantes tenían distintas edades, comprendidas entre 25 y 60 años, y con ceguera desde los 5 años hasta ceguera de nacimiento. Todos los participantes que han colaborado en las pruebas, tienen experiencia de navegación y orientación en el espacio, habiendo pasado los cursos de entrenamiento de las Organizaciones de Ciegos de su país.

4.2. Método experimental

Los experimentos se han desarrollado en entorno de laboratorio en una sala de unos 180m², siendo supervisados por los investigadores que han desarrollado el sistema y por los entrenadores y supervisores de las Organizaciones de Ciegos de su país de origen. Los escenarios diseñados para los experimentos, han sido construidos por obstáculos de cartón para evitar daños y lesiones. Los experimentos han durado un mes.

La estrategia experimental consistió en una serie de ejercicios de detección de obstáculos en el área de visión del sistema de 0 a 5m en distancia y de 60º en dirección, es decir 30º a la parte derecha y 30º a la izquierda del centro de visión. Los primeros ejercicios tenían como objetivo de aprendizaje, el percibir los sonidos acústicos e interpretarlos como si procedieran

desde el entorno y desde los propios objetos, empezando con pruebas de un obstáculo, y llegando a escenarios complejos, donde los participantes tenían que detectar los obstáculos y encontrar el pasillo libre entre los obstáculos sin la ayuda del bastón. Se han diseñado seis ejercicios de entrenamiento: detección de un solo obstáculo representando una columna de unos 70cm en ancho y 1,8m en alto, detectar dos columnas situadas a la misma distancia con un espacio entre ellas de 1m; percibir el hueco entre las dos columnas y pasar al otro lado de los objetos; detectar dos columnas juntas creando un objeto más ancho, detectar una pared y finalmente detectar una columna frente a una pared.

Las pruebas de aprendizaje duraron alrededor de una semana, donde al final los participantes pasaron a la prueba de navegación mediante un laberinto creado por ocho columnas idénticas situadas a de 2,5m en distancia y dirección, creando un laberinto de 14m que finaliza con una pared (Ver Figura 2).

Durante las pruebas experimentales se han estudiado los resultados del aprendizaje al externalizar los sonidos escuchados mediante auriculares, la interpretación de dichos sonidos, el tiempo de detección de obstáculos y el tiempo de navegación por el escenario.

Para definir la distancia percibida por el usuario, durante el experimento, por un lado, se preguntaba al participante la distancia entre él y el obstáculo, y para interpretar el volumen de los objetos los participantes enseñaban con las dos manos abiertas el inicio y el final de las señales percibidas, por otro lado se medio la distancia, el tiempo y el número de errores, colisiones etc.

4.3. Resultados experimentales

El error máximo registrado en el volumen de los objetos ha sido de unos 10-15cm. El error medio por los participantes en distancia es de unos 50cm y en azimut de 5º.

Para las pruebas con los escenarios complejos se ha medido el tiempo de navegación, el número de choques con los objetos y el número de correcciones sobre el trayecto (Ver Figura 2).

Las pruebas de navegación se han realizado en un promedio de 5,10 min para el primer trayecto de 14m de distancia. Para el segundo trayecto que representaba la vuelta de la misma ruta, se empleó 3,48 min, lo que significa que el participante obtuvo una mejora en la detección de obstáculos y navegación. También se ha percibido una gran mejora en el número de choques y correcciones durante la repetición del mismo trayecto (Figura 3).

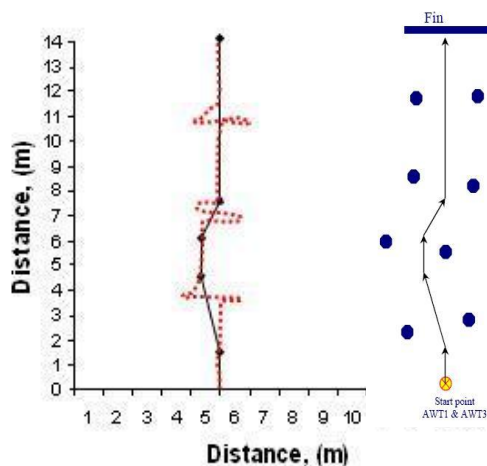


Figura 2 Resultados de la navegación en entorno complejo. Mediante la línea de puntos roja se representa el trayecto realizado por el participante y mediante la línea negra se representa el trayecto más óptimo a realizar.

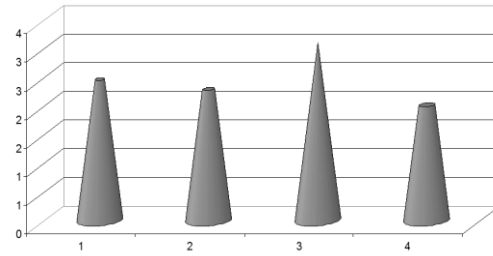


Figura 3 Resultados gráficos de la prueba de navegación mediante un laberinto de 14m de distancia. En el eje x el 1 y 3 representa dos trayectos distintos y el número 2 y 4 representan la repetición del mismo trayecto. El eje y representa el tiempo promedio de navegación.

Comparando con los dispositivos acústicos previamente desarrollados, CASBlIP tiene la ventaja de utilizar sonidos binaurales creando al usuario una imagen espacial, donde cada sonido suena como si procediera de un punto del espacio no de los auriculares; que los sonidos utilizados son únicos, placidos que no molestan al oído humano y no interfieren con el ruido exterior y tampoco los elimina, es decir que el usuario oye perfectamente los sonidos del entorno; interpreta las distancias precisa sin errores de desviación para toda la superficie frontal, creando una imagen sonora del entorno. Si bien en los otros dispositivos la información viene de forma escaneada de izquierda a derecha mediante unos sonidos bastante molestos, así como el The vOICe [7], el SWAN [8], en el presente dispositivo toda la información del entorno se presenta en el mismo tiempo y en tiempo real, de este modo el usuario no pierde ninguna información. La importancia del dispositivo es crear un dispositivo de navegación capaz de dar al usuario la máxima información posible bien estructurada respetando todas las normas de un dispositivo de movilidad para personas invidentes.

5. Conclusiones

El presente artículo describe un nuevo método de representar el entorno real y localizar obstáculos mediante sonidos acústicos virtuales. El sistema acústico se ha creado mediante la convolución de un sonido acústico y un mapa de HRTFs medido para posiciones específicas del espacio.

Los resultados obtenidos en las pruebas experimentales, nos demuestran que la aplicación de sonidos acústicos en la localización de objetos del entorno aporta sustanciales mejoras y asegura una rápida interpretación por parte del usuario final, debido a su corto tiempo de reproducción. Además, estos resultados demuestran la validez del sistema, ya que los participantes han obtenido grandes mejoras en el aprendizaje en un tiempo record, y han entendido el funcionamiento del sistema y la representación del espacio mediante sonidos acústicos, dándoles la posibilidad de navegar con más rapidez y seguridad.

10. Referencias

- [1] J.W. Strutt, "On our perception of sound direction," *Philos. Mag.*; 13, pp. 214-232, 1907
- [2] J. Blauert, "Spatial Hearing: The Psychophysics of Human Sound Localization," revised edn, The MI Press, Cambridge, MA, USA, 1997
- [3] A. Kulkarni, S.H. Colburn, "Role of spectral detail in sound-source localization," *Nature*, 396, 747-749, 1998
- [4] G. Versenyi, "Localization in a Head-Related Transfer Function-based virtual audio synthesis using additional high-pass and low-pass filtering of sound sources," *Acoust. Science & Technology*, 28 (4), pp. 244-250, 2007
- [5] D.J. Kistler, F.L. Wightman, "A model of head-related transfer functions based on principal components analysis and minimum-phase reconstruction a, b)," *J. Acoust. Soc. Am.* 91 (3), pp. 1637-1647, 1996
- [6] L. Dunai, G. Peris-Fajarnés, V. Santiago Praderas, B. Defez, I. Lenguas, "Real-Time Assistance Prototype – a new Navigation Aid for blind people", *IECON 2010 Conference, Arizona EEUU*, pp. 1173-1178, 2010
- [7] P. B. L. Meijer, "A Modular Synthetic Vision and Navigation System for the Totally Blind," *World Congress Proposals*, 2005
- [8] B. N. Walker, J. Lindsay, "Navigation performance with a virtual auditory display: Effects of beacon sound, capture radius, and practice" *Human Factors*, Vol. 48, No. 2, pp. 265-278, 2006

Wavelet Based Algorithm for Image Processing in Visual Prosthesis

A. Barriga-Rivera, G. J. Suaning

*School of Biomedical Engineering, University of New South Wales, Australia
a.barrigarivera@alumniunsw.com, g.suaning@unsw.edu.au*

Abstract

Electrostimulation of the surviving retinal ganglion cells may restore partial vision to the blind. Spots of light, known as phosphenes, have been elicited in human trials as the constitutive elements of a visual scene. Prosthetic vision is expected to have low resolution, big gaps between phosphenes and a restricted number of brightness levels. Therefore, new image processing algorithms are required that present the information contained in a visual scene in a fashion that is readily understandable by humans. This ideally would facilitate rehabilitation programs providing a better performance of these devices. This study suggests a multiscale-multifrequency algorithm to adapt the vision derived from electrical stimulation to different situations. Its performance has been contrasted in psychophysical experiments. Volunteers were required to complete different tasks adapting the filter settings for processing of simulated prosthetic vision. A filter bank based on wavelet analysis has been developed for digital image processing.

Resumen

Es posible reestablecer visión parcial en algunos tipos de ceguera mediante la electroestimulación de las células ganglionares de la retina. Así, se ha conseguido inducir la percepción de unos puntos de luz, conocidos como "phosphenes", en ensayos clínicos, a modo de elementos constitutivos de las escenas visuales. Se espera que la visión protésica tenga una baja resolución, grandes espacios entre phosphenes, y un número limitado de niveles de brillo. Por tanto, es necesario desarrollar nuevos algoritmos de procesado de imágenes que ayuden a presentar la información contenida en una escena, de modo que ésta sea fácilmente comprensible por las personas receptoras del implante. Con ello se facilitaría el desarrollo de programas de rehabilitación y se mejorarían los resultados conseguidos con este tipo de dispositivos. Este estudio sugiere el uso de un algoritmo multiescala-multifrecuencia para adaptar la visión derivada de la neuroestimulación a diferentes situaciones. Su resultado puede contrastarse con experimentos psicofísicos. Así, los voluntarios reclutados en este experimento completaron diferentes tareas, adaptando la configuración del filtrado empleado en la

simulación de visión prostética. Para ello, se ha desarrollado un banco de filtros basado en análisis wavelet.

1. Introduction

In the first twenty years of this century, the prevalence of blind people will increase by 70% [11]. Of the 314 million visually impaired people in the world, about 45 million are blind [30]. Retinitis pigmentosa, related macular degeneration and trauma are eye diseases with no effective cure with current medical treatments. Thus, it is hoped that visual prosthesis will restore partial vision for those who lost sight after birth, as cochlear implants have done for the deaf.

First experiments in humans [4, 14, 20] show that electrical stimulation may produce a visual perception: dots of light known as "phosphenes". Scientific literature has reported that phosphenes are round dots whose intensity decays outwards from its centre. Chen et al. [9] suggest Gaussian profiles, spline curves or windowed cosines to model a phosphene map for simulated prosthetic vision (SPV) experiments. This idea can be contrasted with computational models developed by Dokos et al. [15] and Lovell et al. [21, 22]. Phosphenes can be modulated in luminance and size simultaneously [9]. It has been reported that the field of view of the phosphenes can vary between 0.5° [19] and 2° [13]. Consequently, it is expected to elicit 32 different phosphenes with a 5 bit DAC controller, as designed by Dommel et al [16]. A vectorial space can be represented by means of a phosphene map in order to generate the SPV.

Thus, every phosphene can be defined as a 2-dimensional (2D) Gaussian discrete function $G(x, y)$:

$$G(x, y) = A \exp\left(-\frac{x^2}{\sigma^2}\right) \exp\left(-\frac{y^2}{\sigma^2}\right) \quad (1)$$

where A and σ represent the phosphene luminance and size respectively. The reconstructed image $\hat{I}(x, y)$ can be described as a linear combination of the elements of the phosphene map:

$$\hat{I}(x, y) = \sum_i A_i \exp\left(-\frac{(x-x_i)^2}{\sigma_i^2}\right) \exp\left(-\frac{(y-y_i)^2}{\sigma_i^2}\right) \quad (2)$$

The occurrence of a phosphene is represented by the subscript i in equation 2. Different algorithms have been used to determine the brightness and the size of phosphenes in SPV: Gaussian smoothing and mean filtering were used by Chen et al. [7], whereas in a later study [5], a low pass filtering scheme was used to measure learning rate. Srivastava et al. [27] established four grayscale levels, and thus, four thresholds values to compare with. However, multiresolution analysis [23] allows one to represent the information of different areas of different dimensions around the phosphenes [24], as filter banks for cochlear implants [3].

Researchers are working towards a functional retinal neuroprosthesis [25]. It is known that SPV is a useful technique to investigate the bionic vision [8-10, 12]. Nevertheless, the perception derived from neurostimulation is expected to be limited, as prosthetic vision has low resolution and reduced field of view. Therefore, rehabilitation programs will play an

important role in improving the performance of recipients [8].

Psychophysical experiments have been conducted to evaluate visual acuity [7], eye-hand coordination and navigation [27], head movement [6], etc. This study shows the performance of a wavelet based filter bank [28] for SPV in motion tracking, pattern recognition, hand-eye coordination and reading. Multiscale analysis provides compromised information between space and frequency resolution.

2. Materials

The experiments were conducted in a controlled room at the University of New South Wales under the supervision of a researcher. A personal computer (PC) was used to generate the SPV by means of a headset (camera + display), having a resolution of 640 x 480 pixels and covering a field of view of approximately 25° x 19.2°. Participants were given a custom-made USB control pad to configure the filter settings for the multiscale analysis. The virtual reality software was designed using Qt 4.3 under Linux Kubuntu 8.10. Another PC was used to generate the sequences of images that were shown to the participants. These sequences were displayed on a 14 inch screen while the subjects were sitting. The illumination of the room was controlled to avoid variations that could affect the experiments, and a black A2 cardboard was provided as a working area. The working area contained an embossed white cross in the centre providing tactile and visual feedback as a reference for the participants. The phosphene lattice was arranged in a hexagonal pattern, having a

distance between phosphenes (centre to centre) of 20 and 30 pixels, corresponding to 0.8° and 1.2° respectively. Every phosphene was represented by a 64 x 64 array to avoid a pixellated perception. The brightness of the centre of the phosphene was modulated linearly in 8 discrete levels, whereas the size of the phosphene was modulated in 4 levels by changing the σ of the Gaussian profile ($\sigma = 8, 16, 32, \text{ and } 64$). A customised USB control pad was designed using a ATmega8/168 microcontroller to change the filtering settings.

3. Methods

3.1. IMAGE PROCESSING SCHEME.

First of all, the image was converted from a RGB into a gray-scale image (luminance):

$$I(x, y) = 0.30R(x, y) + 0.59G(x, y) + 0.11B(x, y) \quad (3)$$

where, $R(x, y)$, $G(x, y)$ and $B(x, y)$ are the red, green and blue component of the RGB image respectively. An orthogonal linear phase finite impulse response (FIR) filter bank was designed to extract the information from the image. In other words, the analysis was carried out by projecting the image into an inner product space, considering a separable multiscale approximation [23]: it allows a one-dimensional (1D) analysis along the x and y axes for a bidimensional problem.

$$\langle h_{lp}[n], h_{hp}[n] \rangle = \sum_i h_{lp}[n] \cdot h_{hp}[n] = 0 \quad (4)$$

where $h_{lp}[n]$ and $h_{hp}[n]$ represent the low pass (LP) and the high pass (HP) filters respectively. Both filters have been represented in the frequency domain in figure 1.

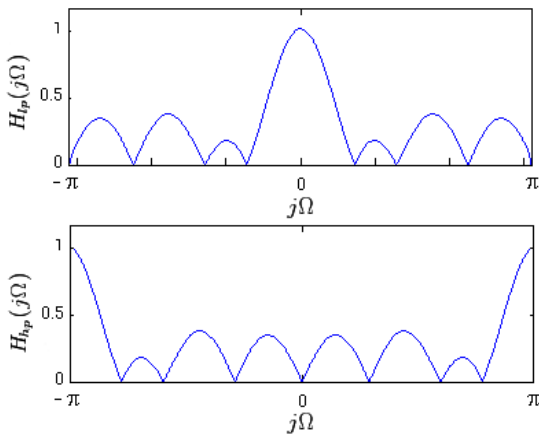


Figure 1. Fourier Discrete Transform of LP filter on top panel, and HP filter in the bottom panel.

The HP filter was derived from the LP filter as described by Mallat et al. [23]. The LP filter was chosen symmetric of order 10, and the HP filter antisymmetric.

$$h_{hp}[n] = (-1)^{1-n} h_{lp}[1-n] \quad (5)$$

The bandwidth of the filter bank can be modified according to Fourier scaling property. Thus, by up-sampling the filter bank it is possible to reduce the bandwidth of the filtering, extracting information from different bands.

$$h_{lp}[2n] \Leftrightarrow 0.5H_{lp}(j\Omega/2) \quad (6)$$

Where $H_{lp}(j)$ is the Discrete Fourier Transform (DFT) of the LP filter, and the same is applicable for the HP filtering. In other words, when the filter is up-sampled, it collects information from a larger vicinity around the centre of the phosphene, as shown in figure 2.

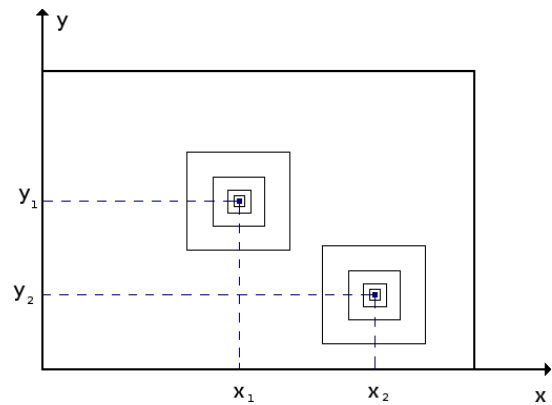


Figure 2. Representation of the occurrence of two different phosphenes, (x_1, y_1) and (x_2, y_2) , and the different vicinities that can be analysed varying the scale factor k .

For the location of every simulated phosphene, the image was filtered obtaining two coefficients, the LP analysis coefficient and the HP analysis coefficient. Subjects were allowed to change the scale factor ($k = 1, 2, 4, 8$) and the filtering weight ω by adjusting the settings on the USB control pad.

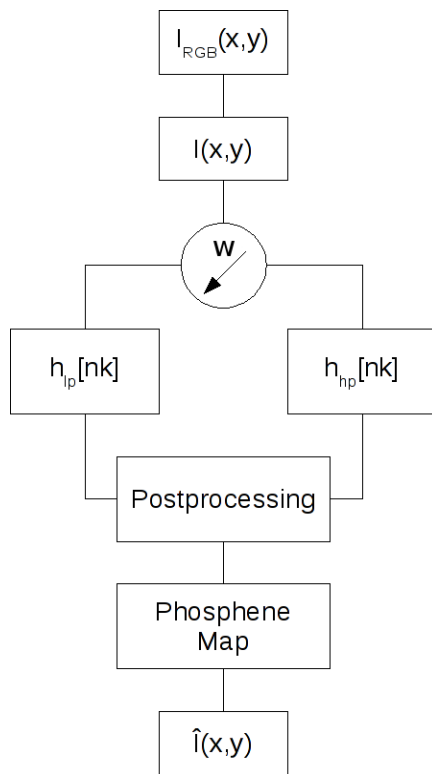


Figure 3. Schematic of digital image processing.

3.2. PHOSPHENE MAP.

Gaussian 2D profiles were used to generate the phosphene map, as described in equation 1. Phosphenes were modulated in size (4 levels) and in brightness (8 levels), producing a total of 32 different phosphenes, corresponding to 32 settings in a DAC.



Figure 4. Phosphene map. Note it has been color inverted for printing.

3.3. PSYCHOPHYSICAL EXPERIMENTS.

Six normally sighted subjects (20/20), three females (X1, X3, X4) and three males (Y2, Y5, Y7), aged 18-33 years participated in this study. Candidates had not participated in previous SPV experiments. Prior to undertaking this study, participants were sight tested (Snellen test) and signed an informed consent form approved by the Ethics Committee of the University of New South Wales, Australia (HREC10135).

Subjects participating in this study were divided into two groups: group A and B, consisting of three participants each. Groups A and B had the SPV phosphene spacing set to 30 and 20 pixels respectively. All participants were asked to attend 3 sessions, each of 1 hour duration, scheduled on different days. Every meeting was structured in four sections, with a 5 minute break between each section to reduce fatigue. At the beginning of the experiment, instructions about how to use the filtering control pad were given. Subjects were allowed to change the filtering settings at all times, so they were able to adapt the phosphene image to different situations.

3.3.1. Motion tracking. A moving spot of light was presented to the participants. They were asked to identify the direction of motion (up, down, right or left). A total of 6 sets of 20 repetitions were carried out, 2 sets per session. The number of correct answers was accounted as a performance measurement.

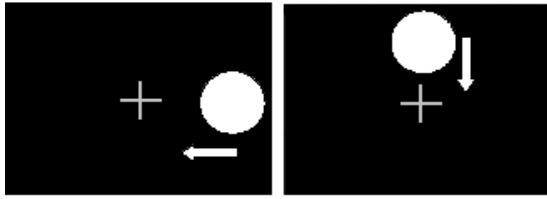


Figure 5. Motion tracking example.

3.3.2. Pattern recognition. Participants were asked to distinguish between simple figures: cross, circle, square and triangle. To measure their performance, the time and the number of correct answers were recorded in a total of 6+6 sets of 20 repetitions each. In order to measure the influence of the texture of the objects, in half of the sets the objects were filled with a texture, with a mean and a standard deviation varying between 152 and 248, and 22 and 35 respectively.

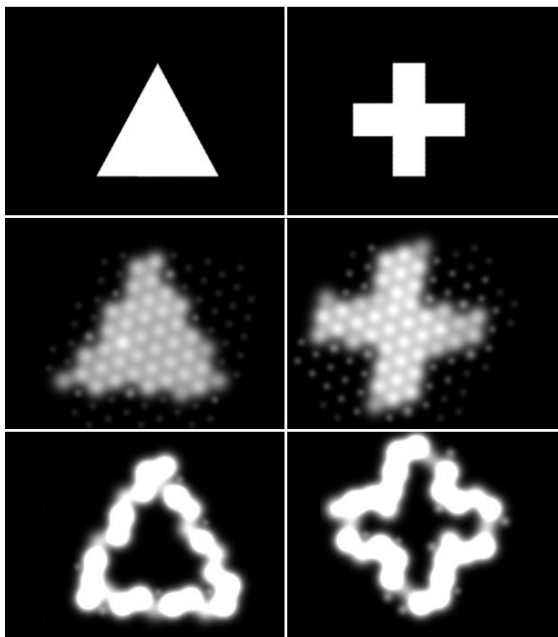


Figure 6. Example of different patterns displayed during the study. In the top, the original patterns, in the middle the LP phosphenized image, and in the bottom panel, the HP phosphenized version.

3.3.3. Hand-eye coordination. A given object was printed in different sizes in four cards. Participants were required to order them according to the size of the object. A total of 4 sets of 4 cards were given in every visit. The objective of this task was the manipulation of the objects to measure size in visual perception. Time and the correct completion of every task were recorded as an assessment of the performance.

3.3.4. Text reading. A sequence of, numbers first, then only letters and finally numbers and letters, were given to participants in session 1, session 2 and session 3 respectively. Every sequence contained 5 characters and was accompanied by 5 cards in which every character was printed individually. Participants were asked to organise the cards according to the sequence given. Time and the correct completion of the task were recorded as an assessment of the performance.

5. Results

Two parameters have been assessed in this study: the number of correct answers and the time needed to complete every task. For movement perception, a score between 0 and 100 was given, considering only the number of right and wrong answers. The total score for each trial, S , was calculated according to the following expression:

$$S = \frac{n_r - n_e(1/c)}{n_q} \quad (7)$$

where n_r is number of correct answers, n_e is the number of errors and c is the number of options for each question. On the other hand, in those tasks in which the time was used as a measurement of performance, the total time T_t was adjusted,

$$T_t = T \cdot \left(1 + \frac{n_e}{n_q} \right) \quad (8)$$

being T the recorded time for the task, n_e the number of wrong answers and n_q the number of questions. All subjects were able to identify a moving spot of light irrespective of phosphene spacing. Participants having a greater phosphene spacing performed slightly better due to a greater field of view.

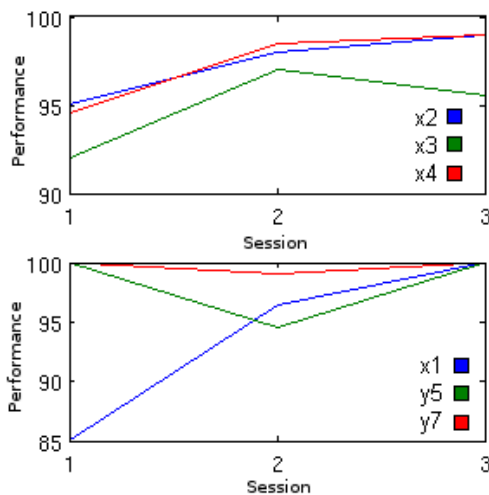


Figure 7. Plot of the performance measurement S. The graph on the top corresponds to group B whereas the one in the bottom corresponds to group A.

In contrast, a lower resolution produced in this second group a slower learning rate and a poorer performance in those tasks in which

visual acuity was important: pattern recognition, size measurement and reading.

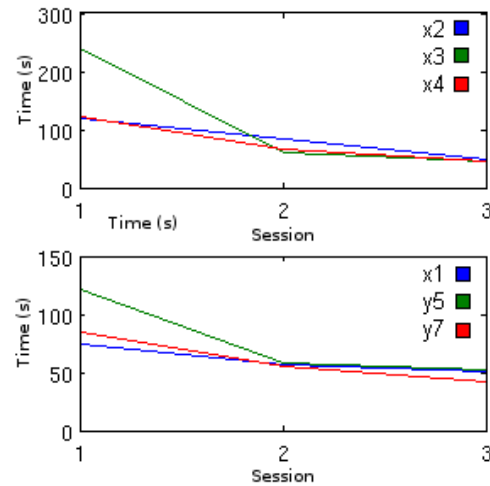


Figure 8. Plot of the averaged time required by each subject for the pattern recognition tasks.

In particular, the addition of a different texture to the pattern recognition task reduces the overall contrast and increases the spacial high frequency components of the image. For example, participant Y5 used HP filtering for pattern recognition, as this strategy provides information about the edge of the object, achieving a better score in those objects filled with a non-flat texture.

With regards to hand-eye coordination and reading, subject X1 used LP filtering, achieving the best performance. In particular, subject X1 and Y5 discovered how to use their hands as a feedback to compare the dimension of the objects. Subject Y7 was alternating between LP and HP filtering for a better understanding of the objects.

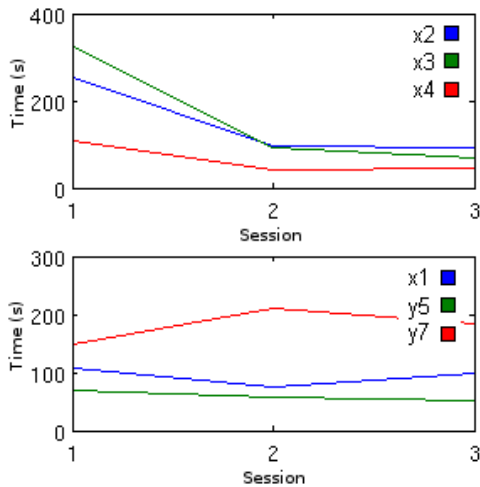


Figure 9. Average time required for every subject to complete the hand-eye coordination tasks.

Finally, subjects were able to read text and organise letters in the space to compose the words given. The following graph shows how they reduced the time to complete the task as they learnt in each session.

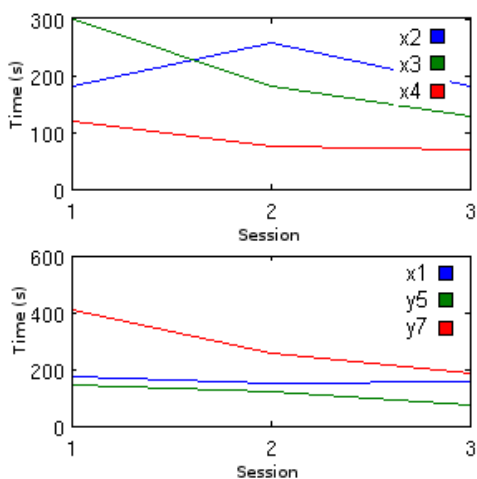


Figure 10. Average time in reading task.

6. Discussion

Simulated prosthetic vision is a common instrument to test image processing algorithms for visual prosthesis. In order to normalize the experiment, all subjects must have normal vision. The brain's method of supporting the image processing depends on the duration of the rehabilitation program. Thus, longer term and more intensive experiments need to be carried out in order to develop smarter algorithms that assist the recipients of visual implants. It is also important to point out the fact that a greater sample would make these results more relevant. Nevertheless, six subjects are sufficient to prove that image compression techniques and multi-resolution analysis yield good performance in day-to-day tasks.

This study connects multi-resolution analysis with retinal neurostimulation by training volunteers in different tasks. Motion tracking has been richly documented in the scientific literature, and, specifically analyzed by Dagnelie [12] in prosthetic vision. Training in this task is important in order to adapt the subject to a reduced field of view. Despite of this limitation, all the participants in this study were able to correctly indicate the direction of the motion. Errors in this task were caused by a misalignment between the screen and the participants' visual space.

All the subjects distinguished accurately between the patterns presented during the experiments. Those having a phosphene spacing of 1.2° , scored this task worse, particularly at the beginning. Nevertheless, at the end of the study, all the subjects achieved a

similar performance in this task. According to Chen et al. [8], identifying the contour of the object is the main goal of this task. Edge detection plays an important role in understanding the shape of the patterns. Subject Y7 used a medium scale and HP settings to generate a clear profile of the objects obtaining the lowest time in pattern recognition despite having configured a greater phosphene to phosphene gap. On the other hand, the addition of texture increases the spacial frequency, as the brightness varies much quicker from point to point. LP filtering smooths the image providing a perception of a lower brightness and definition. In contrast, HP filtering with a narrow bandwidth produces bright phosphenes for sharp textures. Subjects reported that a combination of both helped them to understand the size and profile of different objects, when chosen appropriately. Participants developed different strategies to classify objects according to their size. For example, X1 compared the cards by piling them up and removing one at a time, Y5 alternated between HP and LP to contrast objects, and Y7 used his hands to measure distances. Those having a greater phosphene spacing reduced the distance between the card and the camera. At the end of the third visit, all participants achieved approximately the same results. Nevertheless, reading results differ. Subjects X1, Y5 and Y7 required less time to compose a 5 characters sequence than subjects with a greater phosphene spacing. It is expected that after more sessions of training, both groups achieve similar results.

7. Conclusion

The amount of information contained in a 98 phosphene array, modulated in 32 levels (brightness and size), is fixed, independent of the phosphene spacing and equal to 490 bits. Representing this information in an understandable manner remains as an open problem. It suggests that there is a need of new image processing algorithms for prosthetic vision that allow a better understanding of the information contained in the visual scene, which may vary significantly in different situations. SPV and cochlear implants [18] have shown that the plasticity of the brain can improve visual prosthesis performance. Furthermore, it is hoped that visual inertia [1] combined with head motion can help to cover the gaps between phosphenes [7]. Multiresolution analysis has been broadly used in pattern recognition and image compression [26, 29, 31], as it extracts the essential information from the image. Filter bank based algorithms have been reported in the scientific literature for cochlear neuroprosthesis [3]. Multiresolution analysis allows the subjects to adapt the image analysis to their needs, providing a more understandable image. Other mathematical transforms such as Hough transform might be utilised to enhance the edges of the scene derived from visual prosthesis [2]; it would assist in navigation and mobility [17].

8. References

- [1] Anstis, S., Ramachandran, V., "Visual inertia in apparent motion", *Vision Research*, 27 (5), 1987, pp. 755–764.
- [2] Ballard, D., "Generalizing the Hough transform to detect arbitrary shapes", *Pattern recognition* 13 (2), 1981, pp. 111–122.
- [3] Ben Hamida, A., Mouine, J., Samet, M., Drira, M., "A speech treatment algorithm based on a programmable filter bank for cochlear prostheses", *ITBM-RBM* 21 (4), 2000, pp. 217–226.
- [4] Brindley, G., Lewin, W., "The sensations produced by electrical stimulation of the visual cortex", *The Journal of Physiology* 196 (2), 1968, pp. 479.
- [5] Chen, S., Hallum, L., Lovell, N., Suaning, G., "Learning prosthetic vision: a virtual-reality study", *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering* 13 (3), 2005, pp. 249–255.
- [6] Chen, S., Hallum, L., Suaning, G., Lovell, N., "Head movement behaviour under prosthetic vision simulation" *Journal of Neural Engineering* 4, 2007, S108–S123.
- [7] Chen, S., Lovell, N., Suaning, G., "Effect on prosthetic vision visual acuity by filtering schemes, filter cut-off frequency and phosphene matrix: a virtual reality simulation", *Engineering in Medicine and Biology Society*, 2004. IEMBS'04. 26th Annual International Conference of the IEEE. Vol. 2., 2004
- [8] Chen, S., Suaning, G., Morley, J., Lovell, N., "Rehabilitation regimes based upon psychophysical studies of prosthetic vision", *Journal of Neural Engineering* 6, 2009, 035009.
- [9] Chen, S., Suaning, G., Morley, J., Lovell, N., "Simulating prosthetic vision: I. Visual models of phosphenes", *Vision research* 49 (12), 2009, pp. 1493–1506.
- [10] Chen, S., Suaning, G., Morley, J., Lovell, N., "Simulating prosthetic vision: II. Measuring functional capacity", *Vision research*, 2009
- [11] Congdon, N., O'Colmain, B., Klaver, C., et al "Causes and prevalence of visual impairment among adults in the United States", *Archives of ophthalmology* 122 (4), 2004, pp. 477.
- [12] Dagnelie, G., "Psychophysical evaluation for visual prosthesis", *Annual Reviews*, 2008.
- [13] Dagnelie, G., Keane, P., Narla, V., Yang, L., Weiland, J., Humayun, M., "Real and virtual mobility performance in simulated prosthetic vision" *Journal of Neural Engineering* 4, 2007, pp. 92.
- [14] Dobbela, W., "Artificial vision for the blind by connecting a television camera to the visual cortex", *ASAIO journal* 46 (1), 2000, pp. 3.
- [15] Dokos, S., Suaning, G., Lovell, N., "A bidomain model of epiretinal stimulation", *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering* 13 (2), 2005, pp. 137–146.
- [16] Dommel, N., Wong, Y., Lehmann, T., Dodds, C., Lovell, N., Suaning, G., "A CMOS retinal neurostimulator capable of focussed, simultaneous stimulation", *Journal of Neural Engineering* 6,v2009, 035006.
- [17] Dowling, J., Maeder, A., Boles, W., "Intelligent image processing constraints for blind mobility facilitated through artificial vision", *Proceedings of the 8th Australian and New Zealand Intelligent Information Systems Conference (ANZIIS)*. Citeseer, 2003, pp. 109–114
- [18] Giraud, A., Truy, E., Frackowiak, R., "Imaging plasticity in cochlear implant patients", *Audiology and Neurotology* 6 (6), 2000, 381–393.
- [19] Hayes, J., Yin, V., Piyathaisere, D., Weiland, J., Humayun, M., Dagnelie, G., "Visually guided performance of simple tasks using simulated prosthetic vision", *Artificial Organs* 27 (11), 2003, pp. 1016–1028.
- [20] Humayun, M., de Juan Jr, E., Dagnelie, G., Greenberg, R., Propst, R., Phillips, D., "Visual perception elicited by electrical stimulation of retina in blind humans", *Archives of Ophthalmology* 114 (1), 1996, pp. 40.
- [21] Lovell, N., Dokos, S., Cheng, E., Suaning, G., "Simulation of parallel current injection for use in a vision prosthesis", *Neural Engineering*, 2005. Conference Proceedings. 2nd International IEEE EMBS Conference on. pp.458–461.
- [22] Lovell, N., Dokos, S., Cloherty, S., Preston, P., Suaning, G., "Current Distribution During Parallel Stimulation: Implications for an Epiretinal Neuroprosthesis", *Engineering in Medicine and Biology Society*, 2005. IEEE-EMBS 2005. 27th Annual International Conference of the. pp. 5242–5245.
- [23] Mallat, S., et al., "A theory for multiresolution signal decomposition: The wavelet representation", *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence* 11 (7), 1989, pp. 674–693.

- [24] Navarro, R., Taberero, A., "Gaussian wavelet transform: two alternative fast implementations for images", *Multidimensional Systems and Signal Processing* 2 (4), 1991, pp. 421–436.
- [25] Schiller, P., Tehovnik, E., "Visual prosthesis", *Perception* 37 (10), 2008, 1529.
- [26] Serrano, A., de Diego, I., Conde, C., Cabello, E., "Recent advances in face biometrics with Gabor wavelets: A review", *Pattern Recognition Letters*, 2009
- [27] Srivastava, N., Troyk, P., Dagnelie, G., "Detection, eye–hand coordination and virtual mobility performance in simulated vision", *Journal of Neural Engineering* 6, 2009, 035008.
- [28] Vetterli, M., Herley, C., "Wavelets and filter banks: Theory and design", *IEEE Transactions on Signal Processing* 40 (9), 1992, pp. 2207–2232.
- [29] Villasenor, J., Belzer, B., Liao, J., "Wavelet filter evaluation for image compression" *IEEE Transactions on image processing* 4 (8), 1995, pp. 1053–1060.
- [30] WHO, "Visual impairment and blindness", Tech. rep., World Health Organization, 2009
- [31] Wong, Y., Seng, K., Ang, L., "Dual optimal multiband features for face recognition", *Expert Systems with Applications*, 2009.

ATAD: una Ayuda Técnica para la Autonomía en el Desplazamiento. Presentación del Proyecto.

Pablo Revuelta Sanz, Belén Ruiz Mezcuca, José M. Sánchez Pena.
Universidad Carlos III de Madrid, Centro Español de Subtitulado y Audiodescripción
(CESyA)
prevuelt@ing.uc3m.es, bruiz@inf.uc3m.es, jmpena@ing.uc3m.es

Resumen

La movilidad es uno de los principales problemas para las personas invidentes. El bastón blanco o el perro-guía ayudan cotidianamente a muchas de ellas. No obstante, hay obstáculos no detectables por estas técnicas. Para evitar este tipo de obstáculos, así como tener una mayor comprensión espacial del entorno que les rodea, se presenta una ayuda técnica que ayude a la movilidad de este colectivo. Esta ayuda procesa el entorno que rodea a la persona, convirtiendo los volúmenes en un juego de sonidos que son percibidos por transmisión ósea al usuario o usuaria. El proyecto está actualmente en fase de desarrollo.

Abstract

Mobility is one of the main problems of visual impaired people. The white cane or the dog-guide use to help this collective, however, there are some obstacles undetectable by these techniques. To avoid these obstacles, as well as to help this people to have a better spatial comprehension of their environment, we are designing an assistive product to help this collective to travel. This assistive product process the environment which surrounds the user, and converts the volume of the bodies into a set of sounds. These sounds are perceived by the user by bone transmission. This project is nowadays in a developing state.

1. Introducción

El conjunto de habilidades y estrategias utilizadas por las personas ciegas para desplazarse de forma independiente y segura se conoce como Orientación y Movilidad (O&M) [1-4]. Más específicamente, orientación significaría “saber dónde se está y a dónde se pretende llegar” y movilidad “poder llevar a cabo un plan para desplazarse a un lugar dado” [5].

Atendiendo a la movilidad, podemos entender claramente cómo afecta la capacidad de visión:



Figura 1. Cono de percepción para una persona vidente y para una invidente usando un bastón blanco [6].

Las ayudas técnicas son definidas por la Organización Mundial de la Salud como “cualquier producto (incluyendo dispositivos, equipos, instrumentos y software), especialmente producido o disponible de forma generalizada, usado por o para personas con discapacidad” [7]. Estas, pues, han sido usadas desde hace mucho tiempo para ayudar a las personas con algún tipo de discapacidad a llevar una vida más independiente. Además, algunas de estas ayudas técnicas han llegado a convertirse en el símbolo de ciertos colectivos (como el bastón blanco para las personas invidentes o la silla de ruedas para las que tienen movilidad reducida). Sin embargo, las ayudas técnicas disponibles no solucionan

todos los problemas que las personas discapacitadas encuentran en su vida cotidiana. En este estudio, nos centraremos, específicamente, en la movilidad de las personas ciegas.

Este colectivo lo componen unos 314 millones de personas, de las cuales 45 millones son totalmente ciegas [8], de ellas, alrededor del 87% vive en países empobrecidos [8]. Buena parte de las causas de la ceguera (el mismo informe lo estima en el 85% de los casos) es fácilmente solucionable si existen los medios adecuados. Este último dato no exime de la responsabilidad social que tienen Estado, centros de investigación demás tipos de organizaciones en dar soluciones a las personas que no pueden ejercer sus derechos, por ejemplo, de movilidad, con normalidad.

Esta comunicación presenta la propuesta de diseño de una ayuda técnica para ayudar a la movilidad de las personas ciegas en entornos desconocidos, basada en la sustitución de la percepción visual por sonidos, proporcionándolas un conocimiento del entorno que las rodea, así como permitiéndolas evitar obstáculos que mediante los sistemas más tradicionales como el bastón blanco o el perro-guía no son fácilmente detectables (por ejemplo, obstáculos a media altura o a la altura de la cabeza).

2. Estado del arte

Desde hace años se trabaja en el desarrollo de ayudas técnica y Podemos encontrar especulaciones sobre el uso de las mismas desde los albores de la humanidad [9]. Cuando la tecnología comenzó a democratizarse en los países más desarrollados económicamente, las ayudas técnicas se beneficiaron de la tecnología disponible comercialmente.

La tecnología aplicada a la movilidad viene siendo aplicada desde finales de los años 60 y 70 [10;11].

Atendiendo específicamente a las ayudas a la movilidad basadas en procesado de imagen y codificación en sonidos, podemos encontrar, entre otras, las siguientes: Sonic Pathfinder [12], Tyflos [13], Echolocation [14], VoIce [15], FIU Project [16], 3-D Space Perceptor [17], NAVI [18], SVETA [16;19;20], AudioMan [21], CASBlIP [22], EAV [23;24], 3-D Support System [25], Brigham Project [26], The Optophone [27] o The Cross-Modal ETA [28].

La idea general de todas estas ayudas técnicas es la misma: un sistema de captura de imágenes o información del entorno (en algunos casos, es multimodal, como en [13] o basado en ultrasonidos, como el proyecto descrito en [29] o el Pathfinder), transmite esa información a un módulo de generación de sonidos.

Podemos dividir los paradigmas mediante los cuales se generan dichos códigos de sonidos en dos grandes grupos:

Mediante función de transferencia (Head Related Transfer Function, o HRTF).

Mediante código arbitrario.

En el primer caso, los dispositivos calculan la forma en la que la cabeza percibe los sonidos espaciales según distintas atenuaciones y filtros producidos en el sistema auditivo, junto con la estructura craneal. Este procedimiento obtiene sus mejores resultados cuando se usan fuentes de gran ancho de banda con un 10% de error en elevación y en torno a un 6% en azimut [30]. El motivo por el cual el error en azimut es menor que en elevación reside en que el estéreo es una fuente de información mucho más precisa que las sutiles reverberaciones en el cráneo cuando se trata de evaluar la elevación de una fuente sonora. En este grupo podemos encontrar el EAV, CASBlIP o el 3-D Support system.

En otros casos se implementan códigos de sonidos arbitrarios, de forma que su utilización requiere un entrenamiento previo. Los principales inconvenientes de estas propuestas son la necesidad de entrenamiento, así como el no sacar partido de la percepción psicoacústica natural, por ejemplo en cuanto al estéreo. En este grupo podemos englobar proyectos como VoIce o el Optophone.

Un ejemplo extremo de dicha arbitrariedad en la correlación “escena-sonido” lo podemos encontrar en el Tyflos, donde la información transmitida al usuario consiste en instrucciones verbales [13].

Para aprovechar las ventajas de cada una de estas aproximaciones se han propuesto sistemas mixtos, donde la ordenada de la imagen (elevación) se implementa mediante una variable arbitraria (que, mediante entrenamiento, espera obtener resultados más precisos que mediante HRTF), mientras que para el azimut, se explota la percepción estéreo

del oído, con una exactitud natural mayor que en elevación. De esta forma, el entrenamiento queda simplificado. Ejemplos de este tipo de implementación mixta son los presentados en [12;18;19;31].

Un último problema encontrado en el estudio del estado del arte, es la complejidad y poca portabilidad de la mayoría de los sistemas propuestos. Un ejemplo algo extremo es el aparataje de sistemas como el SVETA [19], presentado en la figura 2.



Figura 2. Sistema SVETA [19].

3. Material y métodos

3.1. ENTREVISTAS

Una queja habitual realizada por los y las usuarias de ayudas técnicas es que el proceso de diseño se realiza a sus espaldas, con lo que sus reclamaciones (que son, en última instancia, las que determinarán si la ayuda técnica se utiliza de forma generalizada o no y el grado e utilidad de las mismas) no se ven atendida. Asimismo, la norma ISO 13407 recomienda la participación activa de los usuarios [32]. Por ello, se ha decidido tomar en

consideración, desde el primer momento, la opinión de expertas y expertos, así como usuarios potenciales, para una primera aproximación a la cuestión. Estas entrevistas de acercamiento, cuyos resultados se detallan a continuación, deberán ser completadas por un estudio sistemático en el futuro. Para ello, se preparó una entrevista con tres preguntas abiertas:

Qué falla en la movilidad cotidiana (pregunta para personas invidentes y/o expertas en invidencia).

Qué ayudas técnicas a la movilidad se conocen, y qué críticas se les puede realizar.

Qué advertencias se quieren expresar ante el proyecto que están realizando los responsables de ATAD.

3.1.1. ESPACIO MUESTRAL

Durante la fase de diseño, se realizaron 11 entrevistas con expertas y expertos en distintos perfiles de interés para el proyecto:

- 5 ingenieras e ingenieros especializados en sonido, música y acústica.
- 2 psicólogas especialistas en atención temprana a niños con discapacidad visual.
- 1 músico.
- 1 técnica de rehabilitación especializada en ayudas técnicas para la movilidad de personas ciegas.
- 2 directoras de organismos de ayudas técnicas para la discapacidad (CEPAT y CIDAT-ONCE).

De estas personas, 6 son ciegas y 5 no presentan ninguna discapacidad visual.

Las entrevistas fueron realizadas entre octubre y diciembre de 2010, durando cada una de ellas entre 40 minutos y 1h30.

3.1.2. RESULTADOS DE LAS ENTREVISTAS

Sobre estas entrevistas, se extrajeron conclusiones acerca de los principales problemas que afrontan las personas con discapacidad visual cuando tratan de desplazarse por entornos desconocidos, o conocidos pero cambiantes de forma imprevista. Asimismo, todos y todas las entrevistadas dieron su opinión acerca de qué información es relevante mostrar, así como la mejor forma en la que, consideran, esto debe hacerse.

Los resultados más relevantes pueden agruparse en los siguientes términos:

3.1.2.1. Usabilidad. Cabe destacar la necesidad de comodidad en el uso, tanto en su portabilidad, peso como en el funcionamiento final. Por otro lado, se ha repetido la advertencia acerca de la posible población, haciendo hincapié en las personas sordociegas y mayores. Dichas personas presentan necesidades y capacidades cognitivas específicas, que deben ser tenidas en cuenta si se pretende su integración.

Por otra parte, el entrenamiento o aprendizaje también ha resultado ser un punto importante, pues entrenamientos complicados o largos

pueden producir un rechazo a la hora de la implantación de una ayuda técnica.

3.1.2.2. Información y Canales. El oído en las personas con discapacidad sensorial es considerado de manera unánime como su principal fuente de información. Ante ello, el rechazo a auriculares que puedan limitar su capacidad es, igualmente, unánime. Sin embargo consideran que el uso de transmisión ósea, así como a la utilización de otros canales de información puede significar una nueva fuente de información. En este sentido, se han resaltado las ventajas posibles que tendría el uso e implementación de vibraciones para distintos tipos de información, especialmente en algunos contextos (para el colectivo sordociego o para ambientes muy ruidosos, por ejemplo).

Por otra parte, cabría destacar la imperiosa necesidad de seleccionar correctamente la información a mostrar, así como su forma de presentación. La mayor incertidumbre se da en relación a la dificultad de interpretación de la información que provee el sistema, así como a la posibilidad de saturación del canal y, por tanto, del usuario o la usuaria.

Además, las personas entrevistadas se han mostrado favorables a una cierta capacidad de reconocimiento de formas del sistema, para diferenciar ciertos obstáculos (semáforos, mesas, etc.).

3.1.2.3. Codificación en sonidos. En primer lugar, encontramos ciertas contradicciones en las propuestas, por ejemplo, a raíz de la utilización de las notas musicales para codificar las imágenes.

También se ha hecho énfasis en la posibilidad de aprovechar patrones y estímulos culturalmente asumidos (como voces humanas, orquestas...), dada la familiaridad que presentan.

A su vez, todas y todos los entrevistados parecen coincidir en las posibilidades amplias de la frecuencia como factor transmisor de información, así como de los distintos timbres (que, por otra parte, están estrechamente relacionados con las frecuencias).

3.1.2.4. Requerimientos sugeridos de índole general. La posibilidad de combinar vibraciones y sonidos ha sido reiterada en numerosas ocasiones. La necesidad de estridencia en el sonido, con la posibilidad de combinarlo con alarmas de vibración, parece inapelable, desde el momento que la prioridad es evitar accidentes, y no tanto “ver” pequeños detalles, más bien irrelevantes para la movilidad.

Por otro lado, encontramos algunas advertencias generales: no mezclar muchos sonidos, pues puede terminar estorbando y ocultando la información de verdad relevante. Se proponen, en esta línea, no más de 17 sonidos para “visión” ni más de 6 para movilidad. Estos datos determinarán la precisión de la “observación” experimentada por las personas que lo utilicen.

Por último, se aconseja la utilización de muestras o “samples” de sonidos reales, en lugar de su síntesis.

4. Propuesta de diseño final

Para el diseño del sistema propuesto, se ha dividido el mismo en varias secciones tecnológicamente independientes, que son analizadas a continuación.

4.1. ESQUEMA FUNCIONAL DEL SISTEMA

La ayuda técnica propuesta procesa el entorno que rodea a la persona que la usa para codificar la información relevante del mismo en un juego de sonidos que den cuenta de su organización. Esto requiere los siguientes bloques funcionales:

- Etapa de captura y procesado de imagen.
- Etapa de conversión a sonido.
- Etapa de transmisión.

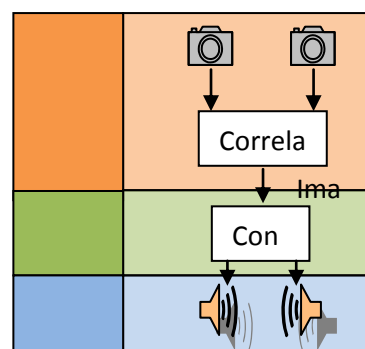


Figura 3. Esquema del sistema propuesto.

Dicho sistema debe funcionar en tiempo real, esto es, con una tasa de procesado en torno a las 20-30 imágenes por segundo, o “fps” de sus siglas en inglés, y presentar una fiabilidad en la detección de obstáculos suficiente, siendo este punto uno de los más críticos, como sucede siempre que tratamos con sistemas de seguridad.

Para ello, se detalla en esta sección una propuesta esquemática del sistema, con sus distintos bloques funcionales. La estructura en la que dichos bloques se relacionan está representada en la siguiente figura.

4.2. PROCESADO DE IMAGEN

Una parte esencial del sistema es el procesado del entorno que rodea al futuro usuario.

El subsistema de captura y procesado de imagen propuesto trabaja según el paradigma de la visión estéreo. Dicha estructura obtiene la profundidad del entorno a partir de la comparación (o correlación) de dos imágenes tomadas desde posiciones ligeramente distintas.



Figura 4. Imágenes izquierda y derecha de un escenario real (obtenidas del portal de estereovisión <http://vision.middlebury.edu/stereo/>)

El sistema de correlado propuesto procesa dicho par de imágenes obteniendo una tercera imagen en escala de grises, cuya intensidad indica la distancia de cada pixel a las cámaras, tal y como se muestra en la figura 5. Dicha imagen es denominada imagen en 2.5D, pues siendo una imagen plana (2D), tiene algo de información de la tercera dimensión (+0.5D).

No se implementará, asimismo, reconocimiento alguno de objetos como tal (el sistema no identifica si lo más claro es la lámpara naranja de la figura 4, sino “algo” con determinada forma, en determinada posición y a determinada distancia).

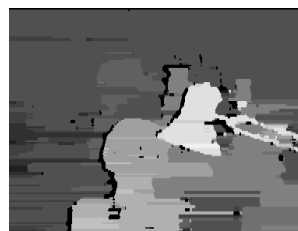


Figura 5. Imagen en 2.5D obtenida mediante un algoritmo propio a partir del par de imágenes de la figura 4.

Como puede apreciarse en la anterior imagen, cada objeto y cada punto de la figura 3 adquieren un tono de gris que representa su distancia.

Las principales razones para la elección de un sistema en estéreo son las siguientes:

- Bajo consumo. La estereovisión es una técnica pasiva, es decir, que no emite energía (como luz infrarroja, ultrasonidos, laser, etc.), a diferencia de las técnicas de estimación de profundidad activas. Por ello, su consumo es mucho menor, de forma que las baterías necesarias son

menores en tamaño y su autonomía mayor.

- Bajo precio. Se pueden implementar sistemas de estereovisión “low-cost”, debido al abaratamiento de cámaras como las incorporadas en los modernos teléfonos móviles. Dichas cámaras presentan resoluciones suficientes para esta propuesta.
- Medida absoluta de distancia. Las distancias obtenidas mediante estereovisión no son relativas, sino absolutas. Esto significa que una vez calibrado el sistema, podemos saber con certeza que un cierto nivel de gris identifica puntos situados a “x” metros de las cámaras. Esto no sucede con otras medidas pasivas como la basada en desenfoque o en estructuras y evolución temporal de las imágenes capturadas.
- El procesado puede llegar a ser bastante ligero en términos computacionales. La imagen mostrada en la figura 2 puede ser calculada en un ordenador estándar a tasas de hasta 150 fps. Esto significa que el procesado es pequeño y, por tanto, el hardware necesario consumirá menos y será más barato aún manteniendo tasas de procesado muy por encima de los requisitos del tiempo real.

No obstante, como objetivo final, no se pretende diseñar un sistema de reconocimiento y reconstrucción de imagen, sino un sistema de detección de obstáculos que puedan interferir en el camino de la persona con discapacidad visual.

4.3. CONVERSIÓN A SONIDO

Este bloque de la figura 3 es el encargado de procesar la imagen en 2.5D a un código de sonidos que permita a la persona que lo utilice entender qué escenario tiene delante de ella.

4.4. TRANSMISIÓN

Una vez obtenido un conjunto de sonidos que define la estructura del entorno más inmediato que la persona tiene enfrente, dicha información debe ser transmitida.

De las entrevistas, podemos extraer claramente la necesidad de las personas ciegas de no interferencia de ningún sistema con su oído, pues este sentido es el que más información les aporta para su orientación y movilidad habituales.

Debido a esta restricción, se ha optado por utilizar la transmisión ósea. Este tipo de sistemas utilizan las propiedades de transmisión de los huesos para transmitir sonidos al usuario, sin tapar ni suplantar los sonidos percibidos de forma natural por el oído. A tal efecto, se ha optado, en primera aproximación, por utilizar un prototipo comercial, el Vibraudio Sunglasses, de Temco.



Figura 6. Prototipo utilizado (imagen extraída de <http://gadgetix.com/2010/02/08/new-all-in-one-bluetooth-headset-handsfree-and-sunglasses-2/>)

5. Conclusiones y Trabajos futuros

En esta comunicación se ha presentado la arquitectura de un sistema que facilitará la movilidad y la independencia de las personas con discapacidad visual.

Con la presente propuesta, se pretende dar solución a algunos de los problemas encontrados en el estado del arte, principalmente:

- Usabilidad: La usabilidad ha demostrado ser uno de los principales problemas con los que se encuentran las personas ciegas, a la hora de utilizar este tipo de ayudas técnicas. En la mayoría de los casos, los sistemas se implementan con aparatosos dispositivos (ver, por ejemplo, [20]), aunque también hay otros proyectos más discretos (como el VoICEe que, aunque las gafas de captura son como unas gafas de sol, requiere no obstante de una computadora para el procesamiento).
- Precio: Es difícil encontrar precios en este tipo de ayudas técnicas, pues muchas de ellas no pasan de ser prototipos de investigación sin implementación comercial. En cualquier caso, sistemas que requieran una computadora ya presentan un precio elevado. Un ejemplo de esta limitación es el caso del Sonic Pathfinder antes referenciado, cuya empresa manufacturera vendía el sistema, en 1995, por 1.675\$. Este suele ser uno de los motivos de rechazo

por parte de organismos como la ONCE para la aceptación y financiación de este tipo de ayudas técnicas.

- Sencillez: En relación con la usabilidad, pero en su sentido más psicológico, la necesidad de sencillez ha salido a relucir en numerosas entrevistas. Este aspecto ha sido, entre otros, uno de los factores determinantes de varias ayudas técnicas que han encontrado un uso generalizado, tales como el bastón blanco o, por citar algunas de perfil más tecnológico, el ColorTest [33].

De lo trabajos con usuarios y expertos se ha derivado una propuesta metodológicamente cohesionada con los requisitos de usuario que es novedosa en cuanto a la aproximación de una ayuda técnica para las personas con discapacidad sensorial, que trata de resolver los problemas que las ayudas técnicas evaluadas presentan, tratando de aprovechar las ventajas de las mismas.

El proyecto, como se ha podido comprobar, está en este momento en fase de diseño y prototipado. La sección de procesamiento de imagen puede considerarse completa. Sin embargo, la sonificación y el diseño hardware final aún está pendiente de tomar forma, así como de tener especificaciones detalladas para su diseño y posterior implementación.

Cabría la posibilidad de implementar otros perfiles tanto cognitivos como perceptuales, dado el aumento de personas ciegas con problemas auditivos aparejados (como en personas mayores), así como sordociegos. Para dichos perfiles, el sistema se puede ampliar por medio de canales vibracionales que, sacrificando exactitud de la información representada y transmitida, sean capaces, no

obstante, de ayudar a estos colectivos a evitar obstáculos inminentes u otras situaciones de peligro.

Por otro lado, es necesario también realizar un estudio sobre la tecnología disponible en el mercado, sobre los sistemas de procesamiento de información de bajo coste (como DSPs, FPGAs, microcontroladores), que permitan mantener el precio final tan bajo como resulte posible con los niveles requeridos de precisión, seguridad y fiabilidad.

Un último trabajo pendiente de realizar será la evaluación con usuarias y usuarios, así como con expertos en rehabilitación. Para ello, será conveniente contactar con organismos oficiales y asociaciones de potenciales usuarios, tales como la ONCE, solicitando apoyo técnico y humano para la correcta evaluación del sistema.

En resumen, los trabajos futuros están orientados al diseño de algunos de los subsistemas necesarios para la realización del sistema completo, a su implementación hardware y a la realización de ensayos y pruebas de validación con los usuarios.

6. Referencias

- [1] S.J. La Grow, "Orientation to Place", International Encyclopedia of Rehabilitation, In: J.H. Stone, M. Blouin, (eds). International Encyclopedia of Rehabilitation. Available online: <http://cirrie.buffalo.edu/encyclopedia/en/article/3/> 2010, pp. 1-8.
- [2] E. Hill, P. Ponder, *Orientation and mobility techniques: A guide for the practitioner*, American Foundation for the Blind Press, New York, 1976.
- [3] W. Jacobson, *The art and science of teaching orientation and mobility to persons with visual impairments*, American Foundation for the Blind Press, New York, 1993.
- [4] S.J. La Grow, M. Weessies, *Orientation and mobility: Techniques for independence*, The Dunmore Press, Palmerston North (New Zeland), 1994.
- [5] C. Martinez, *Orientation and Mobility Training: The Way to Go*, Texas Deafblind Outreach, Austin, 1998.
- [6] E. Pissaloux, "A Characterization of Vision Systems for Blind People Mobility", *Systems, Man & Cybernetics, IEEE International Conference on*, 2002, pp.6, vol.4.
- [7] Y.F. Heerkens, T. Bougie, M.W.d.K. Vrankrijker, "Classification and terminology of assistive products", *International Encyclopedia of Rehabilitation*, J.H. Stone, M. Blouin (eds), Center for International Rehabilitation Research Information and Exchange (CIRRIE), 2010. Available online: <http://cirrie.buffalo.edu/encyclopedia/en/article/265/>
- [8] WHO, *Visual impairment and blindness*, <http://www.who.int/entity/mediacentre/factsheets/en/>. 2009.
- [9] A. Ocklitz, "Artificial respiration with technical aids already 5000 years ago?", *Anaesthetist*, 45 (1), 1996, pp. 19-21.
- [10] D. Bolgiano, E.J. Meeks, "A laser cane for the blind", *IEEE Journal of Quantum Electronic*, 3 (6), 1967, p. 268.
- [11] A.D. Heyes, *Auditory Information and the mobile*, Ph.D. Thesis, 1979.
- [12] T. Heyes, *The domain of the sonic pathfinder and an increasing number of other things*, from <http://www.sonicpathfinder.org>, 2004.
- [13] G. Bourbakis, D. Kavradi, "An intelligent assistant for navigation of visually impaired people", *Proceedings of the IEEE 2nd International Symposium on Bioinformatics and Bioengineering Conference*, 2001, pp. 230-235.
- [14] T. Ifukube, T. Sasaki, C. Peng, "A blind mobility aid modeled after echolocation of bats", *IEEE Trans. Biomed. Eng.* 38 (5), 2001, pp. 461-465.
- [15] P. Meijer, "An experimental system for auditory image representations", *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 3 (2), 1992, pp. 112-121.
- [16] D. Aguerrevere, M. Choudhury, A. Barreto, "Portable 3D sound / sonar navigation system for blind individuals", *Proceedings of Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*, Miami (Florida, USA), 2004, pp. 2-4.

- [17] E. Milios, B. Kapralos, A. Kopinska, S. Stergiopoulos, "Sonification of range information for 3-D space perception", *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 11 (4), 2003, pp. 416-421.
- [18] G. Sainarayanan, R. Nagarajan, S. Yaacob, "Fuzzy Image Processing Scheme for Autonomous Navigation of Human Blind", *Applied Soft Computing*, 7 (1), 2007, pp. 257-264.
- [19] G. Balakrishnan, G. Sainarayanan, R. Nagarajan, S. Yaacob, "Fuzzy Matching Scheme for Stereo Vision based Electronic Travel Aid", *IEEE Region 10 Annual International Conference, Proceedings / TENCON*, Melbourne, 2007.
- [20] G. Balakrishnan, G. Sainarayanan, R. Nagarajan, S. Yaacob, "Stereo Image to Stereo Sound Methods for Vision Based ETA". 1st International Conference on Computers, Communications and Signal Processing with Special Track on Biomedical Engineering, CCSP, Kuala Lumpur, 2005, pp. 193-196.
- [21] J. Xu, Z. Fang, "AudioMan: Design and Implementation of Electronic Travel Aid", *Journal of Image and Graphics*, 12 (7), 2007, pp. 1249-1253.
- [22] D. Castro Toledo, S. Morillas, T. Magal, G. Peris-Fajarnés, "3D Environment Representation through Acoustic Images. Auditory Learning in Multimedia Systems", IV International Conference on Multimedia, Information and Communication Technologies in Education, Sevilla (Spain), 2006.
- [23] J.L. González Mora, A. Rodríguez Hernández, E. Burunat, F. Martín, M.A. Castellano, "Seeing the World by Hearing: Virtual Acoustic Space (VAS) a New Space Perception System for Blind People", *Information and Communication Technologies, ICTTA '06 2nd*. 2006, pp. 837-842.
- [24] L.F. Rodríguez Ramos, J.L. González Mora, *Creación de un espacio acústico virtual de aplicación médica en personas ciegas o deficientes visuales*, from: www.iac.es/proyect/eavi/documentos/EXPBEAV_25v1.DOC, 1997.
- [25] Y. Kawai, F. Tomita, "A Support System for Visually Impaired Persons Using Acoustic Interface - Recognition of 3-D Spatial Information", *Proceedings of the Ninth International Conference on Human-Computer Interaction*, 2001, 1, pp. 203-207.
- [26] D.J. Lee, J.D. Anderson, J.K. Archibald, "Hardware Implementation of a Spline-Based Genetic Algorithm for Embedded Stereo Vision Sensor Providing Real-Time Visual Guidance to the Visually Impaired", *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, 2008, pp. 1-10.
- [27] M. Capp, Ph. Picton.: The Optophone, "An Electronic Blind Aid", *Engineering Science and Education Journal*, 2000, 9(3), pp. 137-143.
- [28] F. Fontana, A. Fusiello, M. Gobbi, V. Murino, Rocchesso, D, L. Sartor, A. Panuccio, "A Cross-Modal Electronic Travel Aid Device", *Mobile HCI 2002, Lecture Notes on Computer Science*. 2411, 2002, pp. 393-397.
- [29] S. Shoval, J. Borestein, Y. Koren, "Auditory Guidance with the Navbelt-A Computerized Travel Aid for the Blind", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 28 (3), 1998, pp. 459-467.
- [30] M. Pec, M. Bujacz, P. Strumillo, A. Materka, "Individual HRTF Measurements for Accurate Obstacle Sonification in an Electronic Travel Aid for The Blind", *ICSES 2008 Int. Conf. on Signals and Electr. Syst. Krakow*, 2008, pp. 235-238.
- [31] A. Fusiello, A. Panuccio, V. Murino, F. Fontana, D. Rocchesso, "A Multimodal Electronic Travel Aid Device", *Proceedings of the Fourth IEEE International Conference on Multimodal Interfaces*, Pittsburgh, Pennsylvania, 14-16 October 2002, pp. 39-44.
- [32] ISO 13407, *Human-Centred Design Processes for Interactive Systems*, ISO/TC159/SC4, International Standard, 1999.
- [33] M.A. Hersh, M. Johnson, "Assistive Technology for Daily Living", in: Marion A.Hersh and Michael A.Johnson (Eds.), *Assistive Technology for Visually Impaired and Blind People*, Springer, 2008, pp. 615-657.

Accessibility of upcoming user interaction technologies

Alejandro Rodriguez-Ascaso¹, Martin Böcker²,
Helge Hüttenrauch³, Michael Pluke⁴, Matthias Schneider², Erik Zetterström⁵
aDeNu research group / UNED¹, Böcker & Schneider GbR², Södertörns University (SH)³, Castle Consulting Ltd.⁴, Omnitor AB⁵
arascaso@dia.uned.es, boecker@humanfactors.de, helge.huttenrauch@sh.se,
mike.pluke@castle-consult.com, msch@usability-labs.de, erik.zetterstrom@omnitor.se

Resumen

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) poseen el potencial de facilitar la vida de los ciudadanos. Sin embargo, la experiencia muestra consistentemente que la investigación y desarrollo referentes a las interfaces de usuario de productos de consumo se llevan a cabo sin tener en cuenta las necesidades de las personas con discapacidad. ETSI, el Instituto Europeo de Normalización de las Telecomunicaciones, ha establecido un Specialist Task Force (STF) 377 acerca de “e-Servicios inclusivos para todas las personas: Optimizar la accesibilidad y el uso de las próximas tecnologías de interacción con el usuario”. El objetivo de este grupo de trabajo es el de evaluar interfaces de usuario de próxima aparición para esbozar una hoja de ruta para los próximos 10 años sobre los aspectos que pueden facilitar que estas tecnologías sean accesibles en el momento de su implantación. Los resultados de la investigación permitirán a

los actores implicados en las diferentes etapas de la investigación y desarrollo de e-Servicios identificar y evitar durante la fase de diseño posibles problemas de usabilidad par a las personas mayores y las personas con discapacidad.

Abstract

Information and Communication Technologies (ICT) have the potential of facilitating the lives of citizens. However, experience consistently shows that user-interface innovations for consumer products are being researched and developed without taking into account the needs of people with disabilities. ETSI, the European Telecommunications Standards Institute, has established a Specialist Task Force (STF) 377 on “Inclusive eServices for all: Optimizing the accessibility and use of upcoming user interaction technology”. The aim of this working group is to systematically evaluate ongoing and forthcoming interaction

technologies to sketch a 10-year roadmap of foreseen technological enablers. The results of investigations using this method allow stakeholders in different stages of the research and development lifecycle of e-Services to identify and avoid potential difficulties in the design of user interfaces which could cause elderly or disabled users to experience usability issues.

1. Introduction

Information and Communication Technologies (ICT) have the potential to enhance the lives of most users, including those of elderly and disabled people. However, several European Union studies reveal that people with disabilities in Europe continue to experience problems when using everyday ICT products and services that are now essential elements of social and economic life. Those problems are found across the spectrum of ICT products and services [1]. Two reasons for this state of affairs can be identified. First, companies do not see a business case in offering barrier-free products. Secondly, product and eService developers are often unaware of the requirements of customers with impairments, neither are they familiar with appropriate design solutions that in many cases are not very demanding in terms of research and development (R&D) and production costs.

For most user-interface design tasks, a number of different solutions exist that differ in terms of their suitability for different user groups,

which in some cases could be very narrowly defined commercial target groups. A more general user-interface design approach encompasses the selection and combination of various user-interface modalities with the goal of supporting the most diverse user community possible.

Design for all should not be conceived as an effort to advance a single solution for everybody, but as a user-centred approach to providing environments designed in such a way that they cater for the broadest possible range of human needs, requirements and preferences [2]. As an obvious example of this philosophy, one solution for increasing the usability of products and services beyond the requirements of target groups such as Western teenagers has traditionally been to offer personalization features to be employed by the users in order to adapt the user interface to their specific requirements. For example, most mobile phones allow users to select individual ring tones and to adapt the screen background or visual contrast to meet their needs. Some manufacturers offer pre-set user profiles for specific user groups such as senior citizens that affect a number of device settings. There are, however, limits to the extent to which personalization of this type can increase accessibility (e.g. the physical design of a product can rarely be significantly personalized by the user and the user is only ever able to select from options that the designer has had the foresight to predict may be required). A true design-for-all approach requires a deep understanding of the range of possible solutions that may be required to meet the needs of people with the widest range of capabilities.

2. ETSI STF 377

The European Telecommunications Standards Institute established Special Task Force (STF) 377 on “Inclusive eServices for all: Optimizing the accessibility and use of upcoming user interaction technology”. The objective was to support ICT industry to offer designed-for-all innovative products and services by systematically evaluating ongoing and forthcoming interaction technologies in order to sketch a 10-year roadmap of foreseen technological enablers. Without the early involvement of a design-for-all perspective in product research and development, there is a risk that large groups in quickly aging societies will be left behind, not participating in the anticipated technology progress. This paper presents the STF’s motivation and approach to forecasting, analysing and structuring future interaction technology developments as well as examples of the expected access techniques foreseen for these novel systems and the findings that can be applied to those technologies not addressed by the ETSI work.

The prime objective of the work was to break the historic pattern where addressing the requirements of people with disabilities has often lagged significantly behind the initial availability of innovative new technologies. This pattern is so common because new applications and sometimes disruptive technologies have in the past been developed for and targeted at mainstream consumers and frequently at well-defined target groups of

early adopters e.g. the wealthy (in the case of the TV) or the technology-aware (as in the case of the PC or the Internet). Those technologies did not include the easy accommodation of the requirements of people with disabilities. Subsequent measures for compensating these shortcomings have often been late and costly. Listed below are some examples of the inadequate introduction of new technologies:

- Personal computer (PC): The first PCs with character-based user interfaces were easily usable by blind users with a Braille-reader device. The advent of graphical user interfaces (GUI) suddenly excluded blind users.
- Document file formats: Documents produced in earlier graphics-based versions of the PDF-format were not accessible to blind users.
- The Internet: The problems are similar to the ones described for the PC, as early computer services (e.g. gopher services and first E-mail services) were text based and later replaced by graphical interfaces such as web browsers. The Web Accessibility Initiative (WAI) stepped in late, and took long to evolve if compared to the very dynamic development of web technologies.
- MP3/media players: Many classic cassette players have mechanical switches and mechanisms that rely on the physical insertion and turning of a cassette to select different audio segments. However, modern MP3 players are increasingly relying on on-screen interfaces with few, if any,

physical controls to offer suitable feedback and are therefore unsuitable for people with poor eyesight.

- Biometric systems: Biometric applications are more and more used for supporting authorisation and access control. People with disabilities (e.g. physical or speech impairments) are likely to face barriers as users of these systems. Multimodality may contribute to accessibility in this field, as well as to higher levels of performance and user acceptance.

It is likely that, unless the potential accessibility issues of new technology are understood before the technologies are deployed, the conception and development of forthcoming interaction technologies, such as natural-language input, gesture recognition, haptic and tactile interfaces will follow a similar pattern. The approach promoted by the project is that the specific requirements of elderly users and users with disabilities should be taken into account prior to the large-scale introduction of such technologies, and should be turned into provisions that have to be made prior to or at the introduction of each new technology in order to meet the needs of all users, thereby achieving a “Design-for All” approach.

Previous publications have produced an excellent basis for educating device and service designers about the requirements of older users and users with disabilities and for illustrating inclusive design for accessible eServices (e. g. a detailed overview of design-for-all requirements for telecommunications products and services [5]). However, the current literature focuses on existing

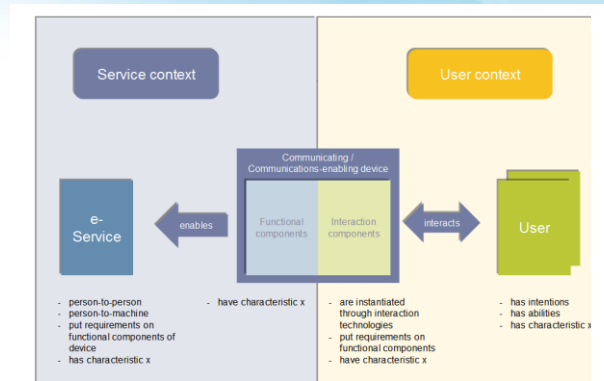


Figure 1. Conceptual framework for User and Service Contexts

technologies. The developers of innovative new technologies may be unaware of these resources and, if they are, it may not be easy for them to apply guidance from them to the development of new technologies.

Ensuring accessibility of upcoming interaction technologies requires the provision of appropriate guidance in the form of design guidelines that document in which ways users with different abilities will be affected by each new technology and how accessibility issues can be addressed.

3. Methods and results

ETSI has published an ETSI Guide (EG) EG 202 848 [3] that gives guidelines for the user interaction design of telecommunications devices and services that are likely to become available for large-scale rollout in the next five to ten years. It identifies provisions that have to be made in order to ensure that forthcoming interaction technologies deployed in devices and services will be usable by all users including elderly users and / or users with impairments. Guidelines address topics such as service design, the interaction technology roadmaps, accessibility problems identified, and proposed solutions for rectifying those problems.

The first steps of this work, however, were an analysis of forthcoming eServices and of the novel interaction technologies enabling them. The results of this analysis have been published as a separate ETSI Technical Report (TR) TR 102 849 [4].

Throughout this work, the focus was on the user, the usage context and the interaction components of the communicating device. Functional components of that device such as network access components enable eServices and have a lesser impact on usability and the variability of user interfaces for user groups with a wide range of characteristics (see Figure 1).

In the course of the project the following tasks were performed in order to relate the user interaction technologies to the eServices which use them:

1. Identification of current and future eService clusters and their eService components

The analysis of existing and forthcoming services led to the selection, definition, and categorization of the services covered by the ETSI Guide. As there were many very detailed variants of services, a set of ten eService clusters were specified which encompassed all of the specific service variants. The eService clusters were: eGovernment; eHealth; social services delivered through electronic means; home automation; eBanking; electronic purchasing; information services; eLearning; mobile office applications and services; eGames and entertainment. A total of 20 eService components, such as voice conversation, total conversation, text telephony, form filling and file sharing, were identified. These components

are common sub-elements that form part of the services offered directly to customers.

The relationship between the eService clusters and the eService components was identified. This analysis showed that the chosen services made use of a wide range of eService components.

2. Identification of user-interaction modalities and their mapping to eService components

All of the possible user-interaction modalities, e.g. audio input, audio output and touch were identified and there were mapped to the eService components identified in step 1.

3. Identification of user-interaction technologies, supporting interaction modalities.

In the third and final step, forthcoming user-interaction technologies, e.g. sound beam, were identified and analyzed from an accessibility perspective. These interaction modalities were grouped according to their supported interaction modalities.

With this step, the process of linking eService clusters to eService components, eService components to interaction modalities and, finally, interaction modalities to interaction technologies was completed. This approach facilitates the use different starting points, e.g. a certain eService cluster, to find and resolve accessibility issues when planning to make use of a future interaction technology.

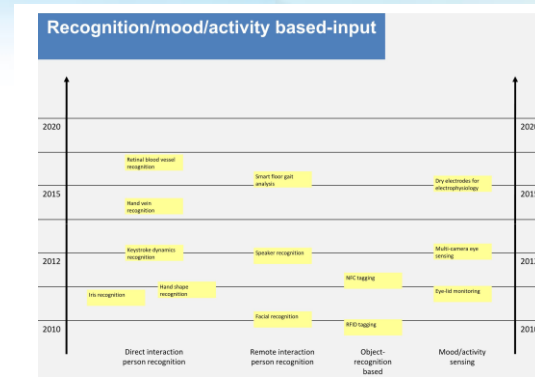


Figure 3. Example technology roadmap

Figure 2 shows an example of how a single user interaction technology can be mapped to an eService cluster that would be likely to employ that technology (e.g. to be able to voice-control home automation services whilst moving around the home).

4. User interaction technology roadmaps

Roadmaps of forthcoming user interface technologies were developed by employing established R&D procedures. Conference papers and journal articles that report cutting edge developments were sources that were very helpful in identifying what technologies were appearing and also in getting an insight into commercial user interface developments that had not previously appeared in the academic literature. During this step a total of 136 relevant interaction technologies for the services defined in step 2 were identified.

The user interaction technology roadmaps grouped upcoming technologies according to interaction modalities (e.g. acoustic/audio input, acoustic/audio output). Within each roadmap, technologies were organised in sub categories where appropriate (e.g. advanced microphones and voice-input technologies are sub categories on the roadmap for acoustic/audio input technologies). The individual technologies were positioned along a time dimension covering ten years according to their expected mass-market availability for the general consumer. Estimates of the time of mass-market availability were based on expert interviews and literature studies. As such, they represented the best estimates available at the time of writing.

The indicated dates were not intended as a source that could be relied upon when making any important design or deployment decisions; as such decisions would require more current mass-market availability information before being made.

There were a total of 12 roadmaps produced, corresponding to the 12 interaction technologies identified. Figure 3 shows an example of one of these technology roadmaps.

5. Design-for-All provisions for new interaction technologies

Having identified a set of new user interaction technologies, the next and most important step was the definition of provisions that have to be made prior to or at the introduction of each new technology in order to enable the support of emerging services for older and/or disabled users and citizens.

Standards on accessibility to ICT, such as [5] and [6] were used as methodological references to ensure that the accessibility requirements of the ICT-human interactions were covered when analysing new interaction technologies. In addition to these references, scientific and technological papers and reports on human factors of each interaction style and technology were reviewed. In addition to studying these source documents, expertise from subject matter

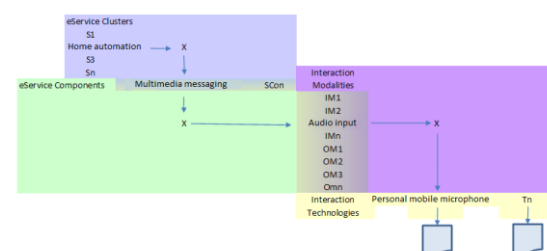


Figure 2. Example of mapping: Relationship of the eService cluster “Home automation” with the interaction technology “Personal mobile microphone”

experts in the various fields was sought.

One obvious potential problem was that technologies being developed by commercial companies are classified until they are about to be released to the market in the form of new products. However, interviews with R&D staff of those companies still proved to be worthwhile as they were usually free to discuss their view on general trends of user-interface design and related technologies.

Although much of the researching of emerging technologies was spent studying the previously mentioned sources, some of the most effective insights into the real accessibility issues of future and emerging interaction technologies came from the expertise of the attendees of a workshop that was organised by STF377. The attendees came from a broad spectrum of groups with specialist expertise in the use of technology by older people and people with disabilities. Those attending came from academia, specialist institutes representing older people and people with disabilities and the suppliers of products and services aimed both at the mainstream and those specialized for people with specific disabilities. Very direct experience from a user who was deaf provided the deep contextual background to some accessibility issues whereas those coming from an academic background positioned their less personalised observations within a much more structured model of human interaction with ICT. The very fruitful interaction of all attendees at the workshop ensured that the initial findings of STF377 were strongly tested and the end result was that the final output of the work benefitted from the many insights gained.

For each of the 136 user-interaction technologies that appear on the roadmaps, the Design-for-All provisions and other important characteristics were presented on a technology property sheet. These technology property sheets contained the key most significant outcomes of all the research undertaken during the lifetime of the project.

The information presented on each technology property sheet was:

- The generic name by which the technology is commonly known;
- A brief description of the user interaction technology covered in the table. This could include reference to other technologies in order to point out similarities and/or differences. In some cases, a table could actually cover a group of related technologies that exhibit a significant common characteristic that is clear and obvious;
- The expected timeframe ('by 2012', 'by 2015', 'after 2015') within which the technology will have matured to the extent of being ready for mass-market availability for mainstream customers;
- The sub category of the interaction modalities into which the technology in question is grouped. Technologies that have significant similarities from an end-user perspective were grouped into the same sub category;
- Technologies or sub categories, that were in one or more ways related to the technology in question (e.g. by presenting an alternative, by possessing certain similarities, by representing a technological basis a

- technology relies on, or by contributing to the technology in some way);
- User requirements that, for this technology, may be unmet, poorly met, partially met (when common alternative technologies fail to meet the requirement, or be fully met (when other common technologies fail to meet the requirement well or at all);
 - Accessibility barriers for older people or people with disabilities, or for all users in certain contexts of use, caused by certain characteristics of the technology;
 - Solutions proposed by the STF to enable the accessibility barriers identified to be overcome or minimised and that also, where possible, address the unmet or poorly met user requirements that had been identified;
 - Potential positive or negative issues when the technology is used by people from different cultural backgrounds or when the product is used in particular cultural environments (e.g. some cultures may be more highly sensitive if use of the technology in any way compromises the user's privacy);
 - Benefits for all users and, separately, potential benefits for older users and users with disabilities;
 - Deployment pros and cons (primarily addressed to the bodies who would deploy the user interaction technology);
 - Factors that need to be taken into account before the technology should be used;
 - Harmonization related issues such as the need for new standards addressing

the technology or the need to consider existing standards relating to the technology.

4. Key design for all solutions

One central element of the technology property tables described in step 5 of the previous section is the “solutions related to accessibility barriers” field, describing Design for All provisions that ought to be implemented prior to the mass-market introduction of a product containing a particular user interaction technology. Table 1 lists solutions commonly recurring in the technology property tables, together with explanations and references. These solutions could often be applied to emerging user interaction technologies that have not been covered and published in [3].

5. Example

As an example of the work in a particular interaction technology, the following list illustrates some of the user requirements that were identified for the Head-Worn Displays (HWD), within the Visual Augmented Reality style [6], [7], [8] and [9]:

- A. Users need to perceive visual information:
- Renderings should disambiguate information about distance or position (eliminate depth ambiguity). This can be achieved by using the appropriate clues (e.g., motion parallax, size-

constancy/scaling, transparency, occlusion, binocular clues, etc.).

- Proper motion physics should be used for modelling the environment and moving objects. This can be achieved with properly defined geometries and metrically-accurate models of the environment that rotate and move in realistic ways.
- Users should be able to select perceptual cues. Specific perceptual cues (e.g., motion parallax, binocular clues, or size-constancy/scaling) should be selected if displays are operating in an environment of a limited range of depths/distances, or according to user accessibility needs.
- Information should be displayed in order to be accommodated to human visual sensitivity. To achieve this, unneeded AR motion (e.g., the slowly moving self-organization of rendered AR tags) should be removed.
- Text should be readable with reduced visual acuity. To achieve this, ensure

that the algorithms for text presentations are robust to ensure that text is readable with reduced visual acuity.

- Visual information should also be available in auditory and tactile form.

B. Users need to understand the output or displayed material (even after they perceive it accurately).

- A rule space should be defined. For instance, Obscured Information Visualization (OIV) applications should define conditions under which augmented information should be displayed. For example, if the viewer knows that augmented information will only be presented on hallway surfaces or only within the confines of the building, then these rules can help disambiguate otherwise vague location information.
- Visual information should also be available in auditory and tactile form.

Table 1. Key Design for All solutions

Solution	Explanation	Reference
Multimodal presentation	Use different modes (visual, acoustic, tactile) for redundant presentation of information. Also support simultaneous use of different modes.	[10]
Multimodal control	Use different modes (visual, acoustic, tactile) for providing control location and function information.	[10]
Independent control	Provide independent controls for different output channels.	[11]
Multimodal feedback	Provide effective and multi-modal feedback during and after task completion.	[10]
Object navigation	Allow navigating among presented objects (e.g. visual objects, haptic/tactile).	Adapted from [11]
Object adjustability	Allow adjusting the size of displayed objects.	[11]
Selective magnification	Allow magnifying portions of a visual or tactile display.	Adapted from [11]
Displayed information adjustability	Allow adjusting characteristics of displayed information (e.g. contrast, volume, force, size).	Adapted from [11]
Equivalent simultaneous control	Provide equivalent control through different modes (kinesthetic, vocal, etc.). Also support simultaneous use of different modes.	Adapted from [11]
User limitation compensation	Compensate for limitations in user's actions over the system (e.g. compensate tremors, robust voice recognition systems for people with speech impairments).	Adapted from [11]
Reasonable operating forces	Use reasonable operating forces.	Adapted from [11]
Sustained effort minimization	Minimize sustained physical effort.	[11]
Low complexity	Eliminate unnecessary complexity.	[11]
Consistency with expectations	Be consistent with user expectations and intuition.	[11]
Training need minimization	Minimize the need for training.	[11]
Barrier-free user education	Barrier-free provision of user-education materials (e.g. user guides).	[12]
Describability	Differentiate elements in ways that can be described (i.e., make it easy to give instructions or directions).	[11]
Standardized Assistive Device connection	Provide for a standardized option to connect assistive devices.	[13]

6. Conclusions

ETSI has published an ETSI Guide (EG 202 848) [3] that will support designers and implementers of upcoming user-interface technologies to identify potential accessibility issues assess at a very early stage, as well as to propose corrective solutions that can be applied. The expectation is that these corrective solutions can be applied as part of the mainstream design process prior to the

market introduction of the device or service. The entire path from eService to individual provisions made for specific technologies is available for a number of eServices but the technique can be easily applied for services not explicitly covered in the ETSI Guide. The Key Design-for-All solutions detailed in section 4 could also be applied to emerging user interaction technologies that were not covered in [3].

7. References

- [1] K. Cullen, L. Kubitschke, I. Meyer (Eds.) MeAC - Measuring Progress of eAccessibility in Europe, 2007 <http://www.eaccessibility-progress.eu/key-results-of-meac/get-the-full-report/>
- [2] C. Stephanidis, G. Salvendy et al (1998) Toward an Information Society for All: An International R&D Agenda. *International Journal of Human-Computer Interaction*, Vol. 10(2), 1998, pp. 107-134
- [3] ETSI EG 202 848 (2011). Human Factors (HF); Human Factors; Inclusive eServices for All: Optimising the accessibility and the use of upcoming user interaction technologies
- [4] ETSI TR 102 849 (2010). Human Factors (HF); Inclusive eServices for all; Background analysis of future interaction technologies and supporting information
- [5] ETSI EG 202 116 (2002). Human Factors (HF); Guidelines for ICT products and services; "Design for All"
- [6] ISO TR 29138-1. Information technology — Accessibility considerations for people with disabilities — Part 1: User needs summary
- [7] Chris Furmanski, Ronald Azuma, Mike Daily (2002) Augmented-reality visualizations guided by cognition: Perceptual heuristics for combining visible and obscured information. *Proceedings of the International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR'02)*
- [8] Gabbard, J.L. Swan, J.E. Hix, D. Si-Jung Kim Fitch, G. (2007) Active Text Drawing Styles for Outdoor Augmented Reality: A User-Based Study and Design Implications. *Proceedings of the Virtual Reality Conference, 2007. VR '07*
- [9] Zhiying Zhou, Adrian David Cheok, Xubo Yang, Yan Qiu (2004) An experimental study on the role of 3D sound in augmented reality environment. *Interacting with Computers Volume 16, Issue 6, December 2004, Pages 1043-1068*
- [10] The Center for Universal Design, NC State University. Available at: http://www.design.ncsu.edu/cud/about_ud/udprinciplestext.htm.
- [11] ISO 9241-20: "Ergonomics of human-system interaction. Accessibility guidelines for information/communication technology (ICT) equipment and services".
- [12] ETSI EG 202 417: "Human Factors (HF); User education guidelines for mobile terminals and services".
- [13] ETSI TR 102 068: "Human Factors (HF); Requirements for assistive technology devices in ICT".

A Sensitive Technology for a Sensitive Challenge

Audrey Dodo

PhD Student at Panthéon - Sorbonne University, Design and Environments, Paris 1

Post-degree student at the ESADSE, St Etienne, FRANCE

audreydodo@gmail.com

Abstract

This paper deals with technology and its applications towards an ageing population. It aims at discussing the issues of such a relationship and emphasises at health care related design. The notion of technological products' acceptance is questioned and points out some challenges that need to be undertaken by designers and engineers. The overall experience provided by owning and using a product must be designed in a holistic way, placing the human, its needs and feelings, as central guiding factors. These issues are further explained with the presentation of a design project made within the frame of a competition at the Royal College of Art in London, by Audrey Dodo and Teresa Georgallis: a diagnostic electronic toothbrush that communicates health state to the user through his or her mobile phone.

Este artículo trata de la tecnología y de sus aplicaciones al servicio de una población que envejece. Propone discutir de lo que está en juego entre los diferentes protagonistas y sobre

todo, del diseño de los productos en relación con la salud. Se plantea la noción de la aceptación de los productos tecnológicos, haciendo resaltar algunos retos que los diseñadores y los ingenieros tienen que tomar en cuenta. El hecho de poseer y utilizar un producto debe ser pensado de modo holístico, colocando al humano, sus necesidades y sentimientos en el centro de las preocupaciones. Estas problemáticas las explica mejor la presentación del proyecto de diseño hecho por Audrey Dodo y Teresa Georgallis para un concurso en el Royal College of Art en Londres: un cepillo de dientes electrónico que le comunica al usuario su estado de salud a través de su móvil.

1. Introduction

Technology is surrounding us. It is almost everywhere, and can potentially be everywhere, even when it is least expected. Potentially, everything can be technology-based and technology can make the most incredible scenarios possible: science fiction inspires it and we are now used to things that were fiction few years ago. Today's fiction is tomorrow's reality. We can see how fast technology is going and thus disrupts products' lifecycles. New forms are born that make it impossible for others to survive, resulting to their disappearance.

The ageing population has opened technology to other areas of investigations and oriented the discussion on the performance of our environment to answer people's needs and desires. Diversity is the challenge. Which issues does it point out? How technology and ageing can coexist? How technology can support ageing?

2. Design issues in the context of ageing population

2.1. UTILITY AND USABILITY

We are witnesses of the direct power that technology *affords* to people; speaking about "superpowers" is not a euphemism (concept of

"affordance", James J. Gibson and Donald A. Norman). If a simple product is able to offer its users new ways of behaving in their surrounding, a technology-based product is much more powerful, by increasing significantly natural capabilities of the human being. "I can't be everywhere at once" is no longer receivable on its own. Ubiquity, teleportation is a common gift given by our everyday devices. Considering such a potential means that what is important is not to show, and to think of what technology can do but rather, of how do we need to design technology so it will benefit to people ?

The main concern behind the "what" question is the utility of the product. This is common sense, but this criterion can be so easily avoided by seeking spectacular technological effects. Indeed, technology gives to designers (or any other people involved into the making of our environment) the power to make whatever they are thinking of, influencing the addition of options on other options. Utility requires to keep in mind real users' needs, to abort notably extra functionalities, which could complicate the product. However, even useful, the best innovative product that we could think of can be the most awful product that we would never want to use.

When everything becomes possible technologically, the product will differ from the others by its usability (ease of use), that's to say, its ability to match people's diverse cognitive and physical capabilities. From the norm ISO 9241, we can understand that the quality of usability corresponds to the *diversity* of people who can use a product to achieve specified goals with effectiveness (task completion), efficiency (task in time) and

satisfaction (user experience). Thus, if a product empowers people in what it is useful, this is true if we consider upstream that the user can make use of it properly. Usability needs to be placed at the centre of the making process. At a time when the worldwide population is ageing, there is no doubt that this criterion can't be left apart as it's used to be, and is involved into the making of socially and economically conscious products.

2.2. FUNCTIONAL SEGREGATION AND SITUATION OF HANDICAP

The older population is precisely pushing forward the debate concerning the “*functional segregation*” [1] operated by our environment – debate that was brought out by people with disabilities, leading Ronald Mace (american architect and designer who contracted polio at age nine) to coin the concept of Universal design [2] (also called Design for all or Inclusive design in Europe) in 1977. If our environment can empower people, it can also disable them: «(...) urbanisation is characterised by a design apartheid in which the design of the built environment actively disables disabled people (...)» [3]. This quote highlights the understanding of disablement as a process engaging the environment.

Indeed, environmental factors impact on life habits accomplishment quality (daily activity or social role). We can easily figure out the limits of the *medical model* of disability (linear conceptual model that is based on a cause-and-effect relationship between impairment, disability and handicap: *International*

Classification of Impairments, Disabilities, and Handicaps or ICDH by WHO, 1980) that implicates only the individual (personal factors) into the difficulties encountered - without reappraising the ideologies that govern our societies (the worship of performance and the notion of norm) - and leads to bring the person up to the required standard (rehabilitation). However, one's cannot be disabled in the absolute. The negative or positive power of our environment can be understood thanks to the *systemic model* that considers the person within his/her environment and defines the handicap as a *situation* of failure in the accomplishment of a life habit, resulting from the interaction between the individual and his /her environment (In France, Pierre Minaire and Claude Hamonet, were pioneers, their work leads Patrick Fougeyrollas, in Quebec, to develop the *Processus de production du handicap* - PPH, 1998 [4]). This model expresses and specifies rightly the importance of our environment's quality of use. The *International Classification of Functioning, Disability and Health* (ICF), which was adopted by WHO in 2001, includes for the first time a list of environmental factors.

Our environment does not only disable disabled people, it can disable anybody. Indeed, the systemic conceptual model allows to understand the *universality* of disability and its *relativity*: if handicap is a situation, it is not constant. Thus, everybody can be *in the situation of handicap* (Pierre Minaire, concept of "situational handicap" [5]) and especially people who are more *exigent* with their environment as pregnant women or loaded people. A product can cause or prevent, whether it is an *obstacle* or a *facilitator*, a

situation of handicap. In return, our environment has a real impact -positive or negative- on the *personal factors* which means that, for example, by hindering a good accomplishment of an action, a product can generate negative consequences on the psychological health of the person (stigmatization, limited participation) and on his or her physical health (chronic disease, accident...). The current social evolution will increase demands from people towards their environment's quality of use. Facing ageing challenges requires to consider that carefully.

The concept of Universal design defined through seven global principles (equitable use, flexibility in use, simple and intuitive use, perceptible information, tolerance for error, low physical effort, size and space for approach and use) that were established by R. Mace along with experts in 1993, settles guidelines to achieve, as far as possible, a *universal capability of use*. We can see Universal design as a process of transferring the expectations of performance from the individual towards the environment, which is now expected to suit people's needs. Indeed, R. Mace had really soon understood and conceptualized into design thinking, the importance of the environment on the disablement process and thus, the universality of handicap, pushing forward the concept of accessibility, originally limited to the built environment and addressing exclusively to "disabled people".

People involved into the making of our environment (designers, architects, engineers, decision-makers ...) need to take into account the diverse range of capabilities that characterizes the human nature and prevent situations of handicap that might occur, by providing a good *usability*. The latter means

basically to pay attention on ergonomics through a holistic approach that considers all the interactions involved into the use of the product and its environment, that all, in diverse contexts.

2.3. ACCEPTABILITY

If the question of utility is becoming critical with technology (useless functions), we can tell the same for usability. Sophistication leads to complexification, the innovations flow leaves no time to adapt and technical processes, that are not in themselves easily explainable as are mechanical processes, require good translation into understandable designs. Technology without usability can leave the users, especially people with disabilities or older people, far behind. *Ease of use* is crucial and the ability of a person to make use of a product depends on it. This is truly a basic design requirement and yet often forgotten so far.

However, if we keep in mind the systemic model of handicap we can see that utility and usability are not efficient on their own to think of the conditions that ensure the use of a product or rather the desire to use it. Encounter a situation of handicap can be harmful to the *psychological* and *physiological* health of the person under consideration because one's life habit is not correctly accomplished, diminishing his/her self-confidence. But beyond the practical side, even if a person does not have any trouble to use a product, the latter can reflect a stigmatizing image to its user who will not want to own it. As Jakob Nielsen said, "usability is a narrow concern compared to the larger issue of system

acceptability" which is the combination of the "practical acceptability" (utility, usability, cost...) and the "social acceptability" (norms and values) [6]. Designing not stigmatizing products, which is one aspect concerned by social acceptability, is directly integrated into the Universal design's approach that transfers, as much as possible, the needs previously judged as specific (specialized products) to the mainstream, and leads to the making of mass market products that are though not labelled "disabled", "weak", "unable".

The importance of social acceptability is pushed forward by technology, which is profoundly changing the way we design our environment and the way we *interact* with it. We live completely differently from the periods that precede major innovations until now (fast means of transport, mobile phones, computers...) and each day a little bit more differently than the day before. We need to face and get adapted to these changes, which empower us further than what nature ever intended, and move us away, each time a little more, from our natural state. This consideration highlights the issue of social acceptability as a key dimension. As Donald Arthur Norman said, "we must design our technologies for the way people actually behave, not the way we would like them to behave" [7]. Design has a real role to play in order to enable these changes to find a beneficial place into people's lives, by thinking beyond their practical acceptability, their social acceptability.

3. Health care related technology

3.1. THE IMPORTANCE OF THE EMOTIONAL ACCEPTABILITY

We can consider that the acceptability of a system by a person is in the end determined by the interaction between the effective acceptability (product features) and personal factors (user features): norm and values of his or her peer group, capabilities, tastes (related to education, culture, age), buying power... The quality (pleasure) of this interaction conditions the acceptance of a product by its user that is the *perceived* acceptability, resulting from the *experience* of owning and using this product: is the experience enjoyable?

The impact of such an experience on the person's psychological state is, under J. Nielsen's conceptual acceptability model, the "subjectively pleasing" aspect that is one dimension of usability. We argue that the pleasurable dimension should not be part of usability. Indeed, a product can be easy-to-use while the global experience that it provides is unpleasant. From our point of view, the all acceptability of a system depends on the pleasurable aspect of the experience that it provides which relies itself on the practical, social and *emotional acceptability*. Especially in health care designs, the emotional acceptability is decisive for a product acceptance and can prevail over practical features.

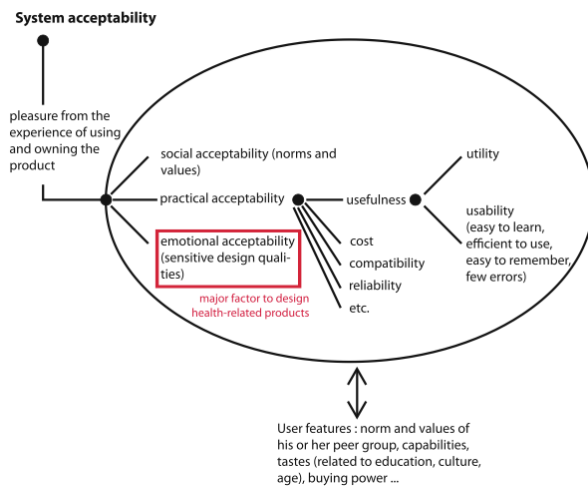


Figure 1. Acceptability model

Some “superpowers” can destabilize, especially when the technology that is enabling us relates directly to our body by (1) its location - embedded technology-, (2) its way of functioning -dependence in any way on the human being to work- (3) its formal or functional aspects -bionic technology that gets inspired by living beings' biological processes- for example. The product acceptance can't be restricted to social acceptability (considered as norms and values) and its practical features. The latter can bring valuable representations and conveys an undeniable useful purpose - health- but be disturbing for the individual who has just gained an incredible power, which is also scaring, for instance, being able to prevent diseases or to control them. The potential of a technological product has to meet people's human life, it does fix the gap -between the human and his/her empowered state- at the same time that it is creating it, enabling one's to assume new capabilities that exceed his/her human condition. The acceptance relies also on – and thus must include -, at the human level, the qualities of the experience provided by owning and using a product. What does it feel

to use this product that enables me to know if I am keeping well? How this information is provided? Would I want to use such a product?

3.2 CASE STUDY - A DIAGNOSTIC ELECTRONIC TOOTHBRUSH: ISSUES

In the context of an ageing population, technology is expected to provide a better living to all. Somebody's health is inseparable from its quality of life, which depends on its personal factors, and above all, on its environment (systemic model of disability). If technological products can have a positive effect on people's life, by its utility and usability (as other products can do), they can more particularly have the power to sustain directly people's health. Health is an intimate and serious issue that embodies a real challenge for interaction design. The relation user-product must be carefully designed. When a relative is talking to you about your health, he/she sincerely owns a tone of voice that is concerned and delicate at the same time, his/her attitude would be kind. Your doctor might be less sentimental but still take care of your wellbeing. What about a machine that would alarm you with a frightening noise that you need to take your pills? The design of a product (its aspect and its interactions with the user) must fit people's psychological schemes. For health-related product, the way that the information is given does impact on the mental and emotional state of a person, which can be more fragile in situation of disease.

This is the challenge that we undertook as part of an interdisciplinary competition called

“Blackberry for body and life” [8] led by the Helen Hamlyn Centre of the Royal College of Art in London, which is specialized in Inclusive design, in partnership with Research In Motion, the designer and maker of Blackberry.

The brief voluntarily gave to RCA students enough freedom in order to conceive prospective scenarios around technology and inclusivity. At that time, I was an intern researcher at the HHC and I decided to take part into this one-month long project. With my team, made up of product designers and textile designers, one of whom is Teresa Georgallis, we decided to design a service that could help people to be aware of their general health state.

Throughout their lives people undergo changes and are capable of adjusting to their environment (but up to a point). The ageing of population and our fast paced existence (stress, tiredness) that does not allow time to take care correctly of one’s health, both contribute to increase diseases that could be averted if we could find a way to inform ourselves. Indeed, the future scenario that we propose enables to follow our internal rhythm, thanks to a program aligned with personal needs, in order to promote a state of wellbeing. The idea is to encourage new behaviours related to health care: being attentive to our body, communicating with ourselves before communicating -better- with others, and behave according to what we learn from our internal physiological signs. It’s about supporting prevention by enabling people to know if they are keeping well or if they need to see a doctor. Numbers of people do not even know that they actually got a disease, some do not have time to take care of their health, others know that their family is sensitive to

certain illnesses, while more fragile population, as older people, need to check their health state regularly.

Illnesses relate to human condition, everybody is concerned and needs to be concerned. Thus, we wanted to design an inclusive product that would suit to a large range of people’s needs in terms of prevention (patients who require a regular follow-up care and people in general) and that would make them sensitive to their health.

"Digital technology has changed the way we interact with everything from the games we play to the tools we use at work. Designers of digital technology products no longer regard their job as designing a physical object - beautiful or utilitarian- but as designing our interactions with it." [9]. Digital technology is a chance to enhance possibilities of interactions between the user and the product, and think of a closer and sensitive relation.

Further to the service that we propose, our concern was the design of the communication between the user and the device, and the way it integrates his/her life. What could be the sensor and the device that indicate the state of health? Which information should be provided? How should it be designed? How, when and where the user can access it? We needed to design an overall scenario that could incorporate all the qualities required to make this service human-friendly.

The sensor relates to the phase of monitoring and recording of the vital parameters, while the device-interface (whether it includes the sensor

or not) relates to the diagnostic phase. Both phases need to be attentively designed. The first one must not be intrusive and the second one must not be scaring. Keeping this in mind, we thought that objects already incorporated into our lives for another use would be really appropriated, in that they are not mentally directly related to a medical process. Thus, it would be less stressful and would facilitate the implementation of new behaviours. The objects that fitted these criterions and that we thought being perfect to play this role is the toothbrush for the monitoring phase, and the mobile phone, for the diagnostic phase. Both are objects that most of people commonly use everyday.

Concerning the toothbrush, it relates with hygiene and represents the fact of taking care of our body. This intimate and personal object allows us, as a sensor, to collect information through saliva, the pressure of the hand on the handle, or bleeding gums. As we first brush our teeth in the morning after waking up, we are consequently able to analyse, notably, our blood sugar levels as well as our blood pressure on an empty stomach. Moreover, having the toothbrush as a sensor enables a comparative analysis of the monitored physiological signs at key moments of the day.

The mobile phone is a device that is usually all the time with its wearer (like a garment is) and that is personal to an individual, which implies two advantages: it brings confidence to the user and the information remains fully accessible and potentially confidential.

3.3 Case study - A diagnostic electronic toothbrush: design choices

While you are performing the simple act of brushing, the toothbrush picks up your vital signs and quietly monitors your wellbeing and sends the data to your mobile phone. This aid doesn't require any extra thought and self-monitoring is naturally embedded into your daily life, which is a major factor to secure the potential of such a technological device to meet people's aspirations. Only when you decide to know your general health state, you access the data, easily on your mobile phone

Beyond this global scenario, the design of the toothbrush and of the interface follows the same human-friendly concerns. The electronic toothbrush is stylish, its appearance does not give any idea about its actual extra medical function. Rather, the toothbrush becomes attractive and appealing, as are cosmetic products. It is black with a slightly curved shape that gets thinner from the bottom to the brush, while the thickness of the handle favours a good grip.



Figure 2. Prototype of the toothbrush (sensor)

The program translates the data provided by the toothbrush into friendly animated figures: the interface communicates the information in an interactive and visual way that is pleasing and not intimidating towards the user. As we said, our main concern is to favour a sensitive

design interaction throughout the use. The way the information is given mustn't be scaring for the person as a medically designed language can be.

The vital signs that are monitored fit into three categories that we designed in the home page: "Eat", "Breathe" and "Beat". In "Eat", there are the blood sugar levels and the body water, in "Breathe", the blood oxygen levels, while in "Beat", you find the pulse, the blood pressure and the temperature. Thereby, these parameters feature, altogether, the main alert signs. The pattern representing the categories of monitored parameters is made of three concentric circles split into three equal parts that are singled out with colours, respectively green, blue and red.

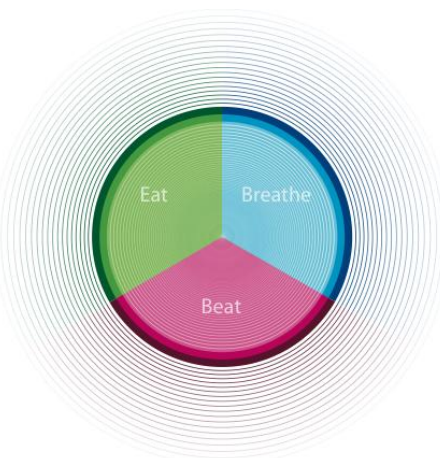


Figure 3. Home page, normal health state

When you open the application, each part moves independently until they stop altogether, and gives a summary of your general wellbeing. The static diameter of the pie chart (circle in between the two others) represents the desired balance set up following your personal vital signs. The outer circle expresses the average of the highest values, and the inner the lowest values. For example, if

the average of the values corresponding to the vital signs monitored in the category "Beat" is lower than the expected balance, the one-third of the inner circle will move towards the centre according to the values. In order to make a difference between a low or a high average, the colour of the considered part of the circle is lighter or darker than the colour of the corresponding part of the static circle which means the balance.

You can access further details by clicking on the category that you want to look at. Then, you choose between the parameters that are featured in this category.

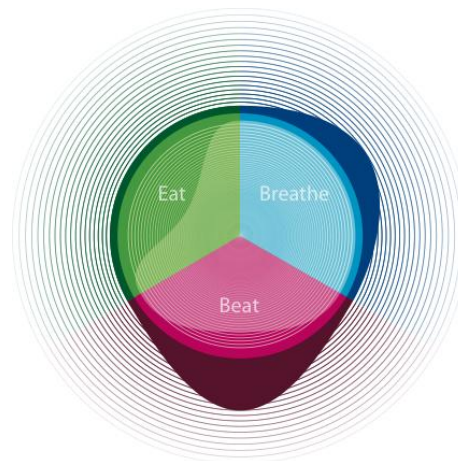


Figure 4. Home page, unbalanced health state

An animation that is designed according to the considered vital sign expresses the value. None numerical data figures. Indeed, the data is expressed thanks to an animated image that allows the user to appreciate his/her health state without claiming to substitute a consultation. That is an important point: this application must not be seen as a replacement of a doctor. If the person desires it, the data can be directly transferred to his/her doctor who can do an in-depth diagnostic. Even if we can think of another version of this application

that could feature numerical data with agreement from a doctor, an interface that indicates the actual health state exclusively through numbers would be emotionally stressful.

However, we thought that the design of the animations must not be an abstract codification of the vital signs, while keeping the design sensitive. Indeed, we have been inspired by real microscopic views and molecular representations that refer back to the parameters in order to favour the intimate communication with our body and its understanding that we want to provide. This consideration supports a humanization of technology. The person can get a better idea of his/her body functioning, as much as it is possible without compromising the sensitivity of the interface.

In the category “Eat”, the sugar level is indicated by a circle (blood vessel) in which two other circles materialize different glucose levels. The reference point (normal level) corresponds to the circle that is in the middle. Glucose molecules are represented with an accumulation of white rounds expressing its chemical structure. When they move until the outline of the artery (biggest circle), the sugar level is high, when they move until the middle circle, the level is normal, while it is too low when they remain into the little circle.

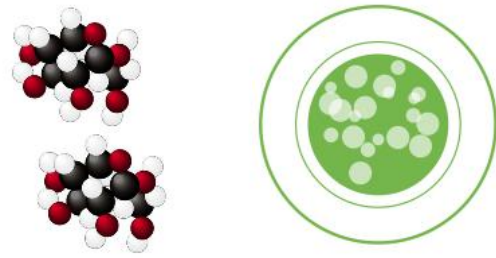


Figure 5. Sugar level, category “Eat”

The water level in the body is represented by the molecules of water (designed according to its chemical representation with two Hydrogen atoms linked to one Oxygen atom) that move on the screen and become empty when they reach the virtual line symbolizing the current level. The top of the interface symbolizes the level of water needed by the person. More the separating line is low on the screen, more the person is dehydrated.

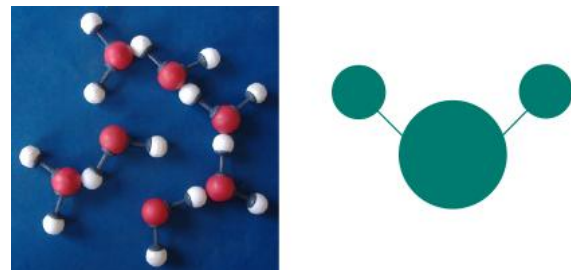


Figure 6. Water level, category “Eat”

In the category “Breathe”, the blood oxygen is represented by a ring formed with little rounds from which blue rounds go out; this symbolizes a lung alveolus providing our organs with oxygen. When the level is low, the oxygen comes out of the alveolus by going down. If the level is high it goes up, while it goes straight when it is normal.

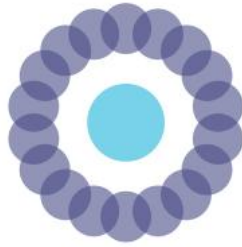


Figure 7. Blood oxygen, category “Breathe”

In the category “Beat”, the pulse is expressed by a circle (artery) that changes shape following the cardiac rhythms of the person. In this big circle, which symbolizes the artery, there are little rounds that correspond to the blood cells: when they come out of the circle, it expresses the pressure exerted on the inner artery wall. In this case, the person has high blood pressure.

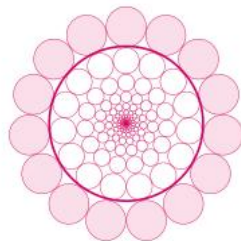


Figure 8. Blood pressure, category “Beat”

The temperature is expressed by red dots that are propelled from the bottom to the top of the screen. They move with an irregular speed until they stop and form a line. According to the position of the latter from the reference line that symbolizes the normal temperature (in the middle of the interface), the person knows if he/she has a high temperature or not.

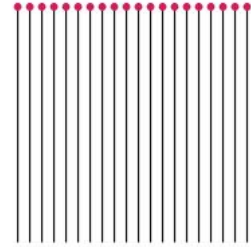
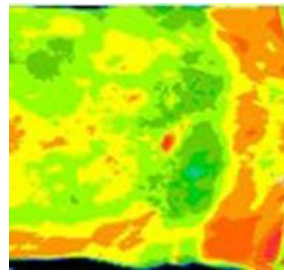


Figure 9. Temperature, category “Beat”

4. Conclusion

This paper aimed at highlighting the issues related with technology and the ageing of population, especially in the health care domain. It does not claim to raise all the design questions that are potentially concerned, rather, it shows important challenges that, for us, must be undertaken.

Technology needs to be embodied into holistic scenarios of use, which are designed to adapt to people from all ages and capabilities: in the context of ageing and diseases, it has an important role to play. Technology can fully empower a person only when he or she is able to take advantage of the effective performance of a product under consideration, that’s to say when the perceived performance (experience) is pleasant and do not compromise the effective one. However, especially with health-related designs, a technological product actually provides “powers” to its user when, beyond its practical and social acceptability, its design is sensitive and does take care of people’s feelings (emotional acceptability). The toothbrush project, which corresponds to a one-month long research, has been presented as an example that supports this concern for a

sensitive design in a context where the psychological dimension is crucial.

This paper focuses on the design of mainstream products for all, but the issues that have been brought up concern also specialized assistive products.

[1] Borioli J. and Laub R., « La ville en fauteuil roulant », Handicap: de la différence à la singularité. Enjeux au quotidien, Médecine et Hygiène, Genève, 2007, p.160.

[2] Ronald Mace founded in 1989, the "Center for Accessible Housing", renamed the « Center for Universal Design », at North Carolina State University.
<http://www.ncsu.edu/www/ncsu/design/sod5/cud/index.htm>

[3] Imrie R., « Disability and the urban experience », in Ravaud J-F, Lofaso F., Handicap et environnement: de l'adaptation du logement à l'accessibilité de la cité, Frison-Roche, 2005, pp.57-56.

[4] Fougeyrollas P., Cloutier R., Bergeron H., Côté J., St-Michel G., Classification québécoise: Processus de Production du Handicap, Réseau International sur le Processus de Production du Handicap, Québec, 1998.

[5] Minaire P., Le handicap en porte-à-faux, Prospective et santé, 1983.

[6] Nielsen J., Usability engineering, Academic Press, 1993, p 24.

[7] Donald Arthur Norman, The design of future things, Basic Books, 2007, p12.

[8] "Blackberry for body and life" (1st March 2010 - 26 March 2010) is a cross-disciplinary competition that was organized by the Helen Hamlyn Centre of the Royal College of Art in London, under the direction of Rama Gheerawo (project director) and Clara Gaggero (project researcher), in partnership with Research In Motion (RIM), the designer and maker of the award-winning BlackBerry.

[9] Bill Moggridge, Designing interactions, MIT Press, 2007.

EU4ALL services for providing personalised, ICT based support for students with disabilities. The UNED case

Alejandro Rodriguez-Ascaso, Cecile Finat, Mar Saneiro, Elena del Campo, Emmanuelle Raffenne, Olga C. Santos, Jesus G. Boticario
aDeNu research group / UNED

arascaso@dia.uned.es, cecile.finat@bec.uned.es, {masterdiscap, mcampo}@psi.uned.es,
eraffenne@dia.uned.es, ocsantos@dia.uned.es, jgb@dia.uned.es

Resumen

El proyecto europeo EU4ALL (IST-FP6-034778) tiene como objetivo desarrollar un marco flexible para identificar escenarios de aprendizaje inclusivo. Este marco hace uso de estándares existentes para definir e implementar una arquitectura abierta y ampliable de servicios para el aprendizaje accesible a lo largo de la vida. Varias universidades europeas han participado en la evaluación de este marco. UNED ha definido escenarios de evaluación basados en un subconjunto del catálogo general de servicios de EU4ALL, en los que se proporciona un apoyo adaptado a las necesidades de cada usuario. En estos servicios se cubren los diversos ciclos del contexto de enseñanza-aprendizaje, así como los diferentes actores de dicho contexto. Estos escenarios se han utilizado para diseñar la metodología y la planificación de la evaluación de los servicios EU4ALL en UNED.

Abstract

The EU4ALL European project (IST-FP6-034778) aims to develop a flexible framework to identify different scenarios for inclusive learning. This framework uses existing standards to define and implement an open and extensible architecture of services for Accessible Lifelong Learning. Several European universities have evaluated this framework. UNED has defined evaluation scenarios based on a subset of the general EU4ALL portfolio of eServices, where in-built personalised support meets specific users' needs. In these eServices, several cycles of the learning-teaching context cover different university stakeholders. These scenarios have been used to design the methodology and planning of the evaluation of EU4ALL services at UNED.

1. Introduction

Learning ideally should be a personalised and adaptive process for all, where the student's specific needs and preferences are taken into account from start to finish. Regretfully though, students with specific needs, related to functional diversity (i.e., the so-called disability), have problems in accessing learning because of the diverse barriers they need to overcome in order to achieve their learning or teaching goals. In fact, while many physical barriers have been removed in Higher Education (HE) Institutions, Information and Communications Technology (ICT) services are still not fully accessible to an increasing number of students whose main option is distance learning.

Actually, accessibility, adaptation and learning are three interrelated issues with a growing interest for today's society [1], [2]. For that reason, European initiatives, especially the Lifelong Learning (LLL) Programme [3], promote and regulate actions to enable the right conditions for everyone to take part in the information society. The main goal is to bring about "services, procedures, and information in an accessible way for every person", assuming that "e-learning products and methods are able to take into account individual needs and learning-styles, and that they are not based on a 'one size fits all' philosophy, in which students are seen as standardised 'units'" [4]. A wide range of international and national legislations support individual rights and attend functional diversity issues. To name but a few, in Europe the E-Government-Law in Austria; Equal Status Act in Ireland; BITV in Germany; LSSICE in Spain; SENDA in the UK, the well known ADA in the US, and needless to mention the relatively recent International Convention on the Rights

of Persons with Disabilities, which remarks in its article 24.5 (Education) that "States Parties shall ensure that persons with disabilities are able to access general tertiary education, vocational training, adult education and lifelong learning without discrimination..." .

Despite available legislation and expected benefits from student-centred approaches in HE, leveraged by the European Higher Education Area [5], from enrolment to assessment, students have to negotiate pre-established general procedures. These procedures are nowadays mediated mainly by technology [6] and intended to fulfil a "standard" set of needs but are far from considering the students' individual needs and preferences. In fact, it is disturbing to note that people with disabilities' most basic requirements are usually not attended in HE [7], and very often this is due to the lack of beforehand information, the [absence](#) of pre-established procedures to attend particular needs and the multiple and diverse barriers that need to be overcome to provide the required infrastructure [8].

To mitigate those problems related to functional diversity in education and taking a mainstream inclusive approach, focused on attending the the student's personal needs, the aDeNu (Adaptive Dynamic online Educational systems based oN User modelling) research and development group at UNED (Spanish National University for Distance Education) has developed standard based components designed to create an open and adaptive framework [9]. The main objective is to adapt user interfaces, content and learning environment to the needs of students, bearing in mind functional diversity issues (including disability), in a context where design for all

concepts and user experience customisation are complementarily applied. To that end, following the aDeNu approach, the framework draws on user modelling through a combination of dynamic adaptation techniques, and works in terms of a service oriented architecture in which different components are seamlessly combined.

2. The EU4ALL project

To illustrate some of the institutional eServices aiming to support the needs of students attending to functional diversity, we present the scenarios designed by the aDeNu research group within EU4ALL European project (IST-FP6-034778). The EU4ALL project aims to develop a general and flexible framework to support the needs of inclusive learning scenarios. This framework defines and implements an open and extensible architecture of services for Accessible Lifelong Learning (ALL) based on standards. Its scope has been evaluated at the two largest distance learning universities in Europe, OU (Open University in the UK) and UNED (National University for Distance Education in Spain) as well as in another two non-distance universities (Polytechnic University of Valencia in Spain and University of Leira in Portugal), with different institutional and developing needs and different types of users (students, faculty, specialised personnel and administrative staff). From the technological viewpoint, these developments focus on personalisation issues and justify the various advantages of the general architecture. In particular, they support interoperability requirements coming from the various needs found in different educational contexts. Also, alternative learning

management systems (LMS) such as dotLRN, Moodle and Sakai are used by different institutions. At the same time, a wide variety of components are needed to support accessibility and personalisation, including a user modelling subsystem, a content personalisation module, learning units based on psycho-educational issues, recommender system, guidance for tutors and eServices Server [9]. The EU4ALL services currently developed are open, secure, standard-based, accessible and interoperable, and show how this flexible architecture can support assistive LLL for adult students with disabilities.

The approach taken here is mainly focused on the end users and their context. More specific information about the technologies, standards, components and architecture of the EU4ALL can be found elsewhere in the literature, see [9].

3. Overall description of the UNED scenarios

The scenarios presented in this paper have been designed to illustrate the EU4ALL eServices that have been piloted at UNED, as part of the overall project evaluation stage. These eServices have been designed to support the needs of the stakeholders involved, both students and professionals.

STUDENTS

Students are the central part of the evaluation scenarios. The final aim is to have the student and the lecturer in a web-enhanced course, with all the necessary resources and adaptations available. The student scenario includes assistance to enter her/his accessibility needs into the system, ways to report unavailability or inappropriateness of accessible learning materials or other course components, pre-emptive access to undertake an evaluation of the accessibility of course components and resources, etc.

LECTURERS

The lecturer has a key role within the evaluation scenario, which covers different activities and areas involved in designing and teaching a web-enhanced course:

- a) **Authoring:** Authors/instructors are supported through a combined automatic/manual process to identify and address any accessibility problems that the learning materials might have. Then, authors are assisted so they can solve those problems. Several web content formats are addressed. Furthermore, authors are assisted in the process of uploading and tagging materials for use in the EU4ALL system.
- b) **Supervising course's accessibility:** Lecturers are responsible for course materials, and also for the pedagogical validity of their adaptations. The system provides support for assessing the accessibility of every course component (materials, activities, events, etc.). It also helps them to improve the accessibility

of contents while interacting with other university professionals concerned with course accessibility (e.g. transformation officers, librarians) through an iterative workflow. The system also collects contextualised feedback from students regarding the accessibility of services and materials, and this feedback is compiled and reported to professionals by disability officers.

OTHER STAKEHOLDERS

Other stakeholders involved also take a role in the evaluation scenario. To name but a few, i) Disability officers who support students assessing their needs, and act as a liaison between students and other university professionals to address any problems caused by inaccessibility of activities or materials; ii) Transformation officers who work on the adaptation of materials, in co-ordination with lecturers and librarians; iii) Librarians that support the tagging and management of learning materials in electronic repositories; and iv) Managers who make use of the system's functionalities to analyse the status of university courses from the accessibility viewpoint.

To introduce the eServices developed at UNED, we describe some typical scenarios that are covered by them. Figure 1 shows graphically the interrelations among them.

2.1. NEEDS ASSESSMENT SERVICE (NAS)

David, student with visual impairment.

David has just registered for his first year at university to read Physics. In the questionnaire he is asked to provide information concerning his demographic and cultural background, communication style, working conditions and environment, computer and technology use level and interests. It contains a section on accessibility inquiring about capabilities, preferences and the role of adaptations and support products in daily work activities.

He is informed by the system that all the information he enters can be used by the Disability Unit and his teachers as a basis for providing him with the right information and adaptations throughout the course, including subject materials, exam materials, facilities, amenities, etc. He is also informed about the confidentiality terms regarding personal information at the university on this. Within the disability section there is a question about assistive technologies used and David selects Screen Magnifier. When asked about accessibility preferences for contents, he does not know what DAISY is, and contacts the Disability Unit to get information on this. After that, he selects the option of having DAISY books as an alternative to texts.

Eric, student with hearing impairment.

Eric has just registered at UNED. Through the disability section of the VLE preferences section, he chooses text alternatives to audio contents. But he also has concerns on whether

he will be able to follow face to face sessions at the UNED study centres. The NAS also offers the possibility of being personally assessed by professional experts; this complements the earlier questionnaire. It can be done either via telephone, chat, or face to face so that they interact directly. The accessibility features of the appointment can also be arranged. In one of these appointments, Eric is then informed of the existence of RF transmitters at the Study Centres, and how to request one of them when attending face-to-face tutoring sessions. Radio-frequency (RF) transmitters would transmit the sound of the teacher's voice directly to his hearing aid. In addition, because he has little experience in virtual learning environments, he is recommended to follow the course "Discovering UNED's elearning platform".

2.2. AUTHORING SUPPORT SERVICE (ASS)

Sarah, UNED lecturer authoring new material.

In order to create new material for next year's course, Sarah runs eXe (a freely available Open Source authoring application to assist teachers and academics in the publishing of web content without the need to become proficient in HTML or XML markup) on her Desktop PC and creates a new project. For each new section of the material, she selects a template (iDevice, in eXe terminology) and does the editing. For one of the sections, she searches for some multimedia objects, i.e. one TV programme and one radio programme in eSpacio (digital repository at UNED), and includes it in the project. She also searches for an image in the same repository. She enters an alternative description of this

image which is also available. Sarah may wish to modify this description before inserting the image in the project.

Authoring support also includes resources to assist authors for searching/creating other types of accessible resources (e.g. mathematical content, multimedia materials).

Another way to offer this service to lecturers is by reminding them the need to ensure that the materials for an approaching course are accessible. The reminder includes a recommendation to evaluate the accessibility of these materials through the RESACCINFO service.

The report provided by the RESACCINFO service includes the list of transformations the materials need to go through, according to their accessibility features and the students' preferences registered in the system (e.g. DAISY alternatives, audio-description,

2.3. RESOURCE ACCESSIBILITY INFORMATION SERVICE (RESACCINFO)

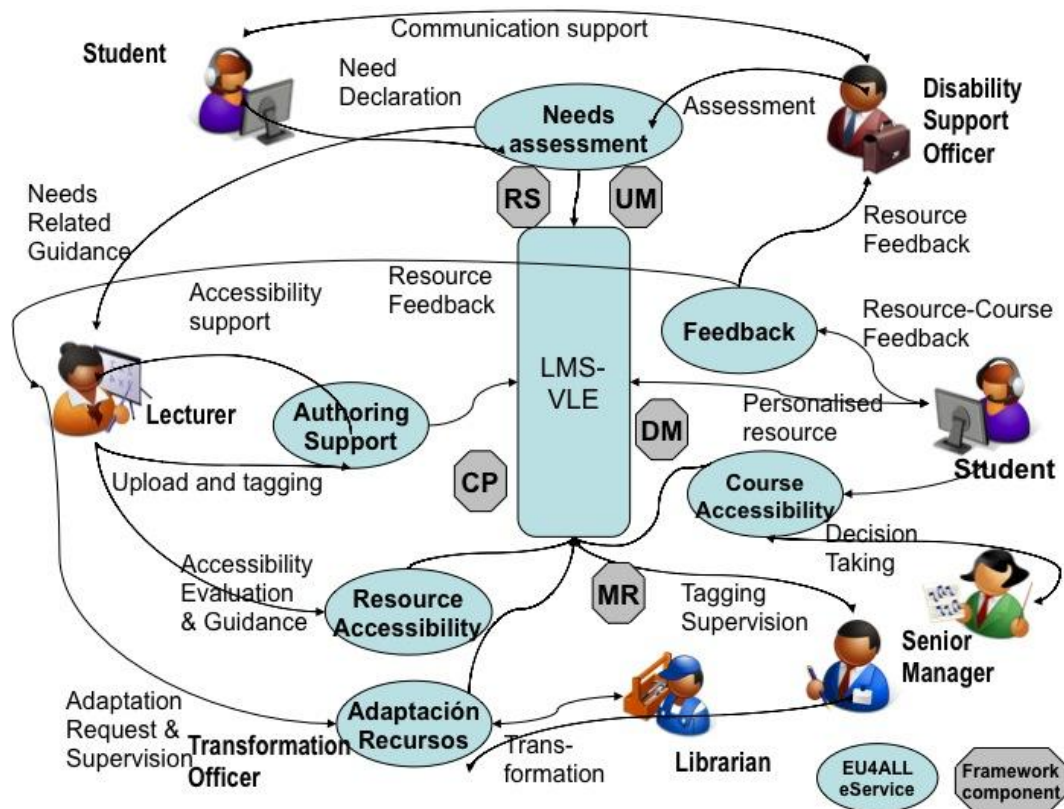


Figure 1. Conceptual framework for EU4ALL stakeholders and services

Sarah, UNED lecturer validating accessibility.

After adding any new material to the course space at UNED's LMS dotLRN, Sarah may request the RESACCINFO service. It provides a report on the accessibility of the material.

subtitles). In case no transformations are needed, the lecturer is notified that those materials are ready to be used within the course. For those materials for which there is no accessibility information available within the

system, the service prescribes a full accessibility evaluation to be performed by accessibility officers.

2.4. RESOURCE ADAPTATION MANAGEMENT SERVICE (RESADAPT)

Sarah, UNED lecturer request adaptation.

The report obtained after the service RESACCINFO has been used for checking the accessibility of a resource indicates that there is one/some transformations pending. Sarah, the lecturer, requests the transformations needed by calling the RESADAPT service. The corresponding transformation officers receive a notification indicating where the transformation is requested. This notification contains information such as the location (i.e. URI) of the original learning object, the transformation/s needed, comments issued by the lecturer, contact information of the lecturer requesting the transformation, the suggested date - when the transformed material is expected to be ready, etc. Mario and Cristina work on their transformation (e.g. transforming a whole SCORM course into a DAISY book, adding subtitles to a video, writing the transcript of a UNED radio programme, etc.). If any clarification issue arises, they may contact the lecturer (Sarah) requesting the transformation. When the transformation is finished, each of them go to the URI they received in the request and follow instructions to upload the transformed material. Then, the material is tagged by the librarians and uploaded to the eSpacio digital repository.

Sarah is notified about the availability of the materials.

2.5. MATERIAL FEEDBACK SERVICE (MFS)

Pre-production scenario.

Through UNED's LMS, Enric (a hearing impaired student) accesses a SCORM course with some videos in it. Although Enric's accessibility preferences included captions for videos, the EU4ALL system perceives that they are not available for the videos in this course. At any time during the SCORM session, the student can report back on accessibility problems he has encountered while browsing the course. Then, the module's lecturer receives an email where she is informed of the accessibility problem and of the student's comment. The email includes a link to the RESACCINFO service, where all the module's materials are evaluated and the pending transformations reported.

Post-production scenario.

David has very low vision. He is using a DAISY book he obtained from e-Spacio, as a course's additional bibliography. While reading it, he has found that there is a non-intelligible description of a diagram contained in this book. He goes to the LMS space of this course where there is a link to the material feedback service, through which he reports the problem. This is notified via email to the lecturer in charge of the course. The email includes a link to the RESADAPT service through which the lecturer

requests a revision of the DAISY book. The RESADAPT service allows the lecturer to include a free text with a reference to the diagram in the DAISY book, which does not have an appropriate text description. Furthermore, at the end of the term the system sends an email to all the students inviting them to provide feedback on the accessibility of materials they have used through that period.

2.6. COURSE ACCESSIBILITY INFORMATION SERVICE (ACCINFO)

Jose, UNED tutor creating slides for a face-to-face (f2f) tutoring session.

Jose is a UNED tutor teaching Biology at a Study Centre. He usually supplements his f2f tutoring sessions with Microsoft PowerPoint (PPT) slides. Two months before the course begins, he is reminded that a blind student reading Biology is to attend this Study Centre, and therefore his slides need to be accessible for her. This email was sent automatically by the Course Accessibility Information Service, based on the description of the Biology Course. In this description, the set of slides was included as a material to be used in one of the course events (i.e. the f2f tutoring sessions). The email includes a link to the document 'Good practice for PowerPoint Accessibility', available at the UNED website, and the contact information of an UNED Transformation Officer. While revising the PPT document, the tutor requests the help of the transformation officer for writing the long description of a complex Biology diagram.

Angela, future UNED student.

Angela has a hearing disability. She is planning to read Law at UNED. To learn about the accessibility aspects of the courses she would like to read, she makes use of the Course Accessibility Information Service, available at the UNED website. This service allows her to choose a profile anonymously (e.g. hearing loss) as well as the studies she would like to register in. When she submits her request, the accessibility of course's materials, events, activities and assessments is assessed against her profile. Then, she finds out if the course elements are currently accessible or inaccessible for her. She is also provided with an address where she can contact a professional at the UNED Disability Unit in case she needs more detailed information and support.

2.7. ADAPTIVE EDUCATIONAL PSYCHO-SUPPORT SERVICE (APES)

Jon, tutor for the "Discovering UNED's elearning platform" course.

When the enrolment process is over, Jon receives a notification with the list of the students with and without disabilities enrolled in the course. This is a report where there is specific information about the accessibility preferences and psycho-educational needs provided by the student and collected by the NAS service. One of the students has a hearing impairment. The APES service issues a recommendation containing useful information and support links to assist the tutor in order to address the psycho-educational needs of this

student [10]. The information mainly consists of a description of the main difficulties someone with hearing impairments might find when using a Virtual Learning Environment (e.g. writing and reading difficulties, etc). The tutor also receives guidance on how to produce learning materials to meet students psycho-educational needs and therefore to optimise the student's performance (e.g. creating a glossary, creating alternative activities, adapting a presentation in an easy reading format, using pictures to illustrate concepts, etc). He is also provided with a contact address for the UNED Applied Psychology Service to get more specific support if needed.

Enric, student following the "Discovering UNED's elearning platform" course.

Enric is provided with specific support as the course begins. It has a glossary with the basic facts of the project, a dictionary of synonyms, and a tutor to aid him with comprehension and writing through a forum. Furthermore, the text of the learning materials is enriched with diagrams used as an enhancement for people with hearing disabilities.

When users are requested to follow the workflows of activities of the course, at runtime the student might come across an impasse that has not been covered by the design. In this case, dynamic support can be provided through a recommendation system (e.g. the system can look for students with a similar profile who overcame difficulties when performing the same activity and recommends the current student to do the action that some similar student did) or through direct student-tutor communication [10].

3. Conclusions

We have described, from the end-user viewpoint, the scenarios that have been designed to inspire the end-user evaluation of eServices in the UNED pilot site of the EU4ALL project. These eServices have been designed to support the needs of the university stakeholders involved in providing accessible elearning services and materials through adaptive ICT resources. Lecturers have a key role within the evaluation scenario, which covers different activities and areas involved in designing and teaching a web-enhanced course, such as authoring and supervising course's accessibility while receiving the necessary training and support. Students are the core of the evaluation scenarios, where the final aim is to have the student and the teacher in a web-enhanced course, with all the necessary resources and adaptations available. The student scenario includes assistance to enter her/his accessibility needs into the system, ways to report unavailability or inappropriateness of accessible learning materials or other course components, pre-emptive access to undertake evaluation of the accessibility of course components and resources, etc. Other stakeholders involved also have a role in the evaluation scenario. Disability officers who support students in the assessment of their needs, and mediate between them and other university professionals to address problems caused by inaccessibility of activities or materials; Transformation officers who work on the adaptation of materials, in co-ordination with lecturers and librarians; Librarians that support the tagging and management of learning materials in electronic repositories; Managers who make use of the system's functionalities to

analyse the status of university courses from the accessibility viewpoint.

4. Acknowledgements

The research outcomes presented in this paper have been possible thanks to the funding obtained from the European Commission in the “European Unified Approach for Accessible Lifelong learning” - EU4ALL (IST- 2006-034478) project and from the Spanish Government in the “Accessibility and Adaptation for ALL in Higher Education” - A2UN@

(TIN2008-06862-C04-01/TSI) project.

5. References

- [1] Iorio, A. D., Feliziani, A. A., Mirri, S., Salomoni, P., & Vitali, F. (2006). Automatically Producing Accessible Learning Objects. *Educational Technology & Society*, 9 (4), 3-16.
- [2] Kelly, B., Sloan, D., Brown, S., Seale, J., Petrie, H., Lauke, P., Ball. S. (2007). Accessibility 2.0: people, policies and processes, In *Proceedings of the 2007 international cross-disciplinary conference on Web accessibility (W4A)*, May 07-08, Banff, Canada.
- [3] LLL Programme, (2006) Lifelong Learning Programme was published in the Official Journal of the European Union L327/45 on 24 November 2006.
- [4] eLearningPR. Adopting a multi-annual programme (2004-2006) for the effective integration of Information

and Communication Technologies (ICT) in education and training systems in Europe (eLearning Programme) (COM(2002) 751 - C5-0630/2002 - 2002/0303(COD)).

[5] EHEA (2009). The European Higher Education Area in a global context. Report on overall developments at the European, national and institutional levels. Approved by BFUG at its meeting in Prague, 12-13 February 2009. Retrieved on July 10 from http://www.ond.vlaanderen.be/hogeronderwijs/bologna/conference/documents/2009_EHEA_in_global_context.pdf.

[6] EUNIS (2009). European University Information Systems. Retrieved July 25, 2009, from <http://www.eunis.org/>

[7] Seale, J., (2006). E-learning and disability in higher education: accessibility research and practice. Routledge London.

[8] Cooper M., Boticario J. G., Montandon, L., (2006). An introduction to Accessible Lifelong Learning (ALL) - a strategy for research and development uniting accessible technology, services, and e-learning infrastructure. Fourth European Distance and E-Learning Network: Research into Online Distance Education and E-Learning. Castellldefels, Spain, 25-28 October 2006

[9] O.C. Santos, J. G. Boticario, E. Raffenne, J. Granado, A. Rodriguez-Ascaso, E. Gutierrez y Restrepo “A standard-based framework to support personalisation/adaptation and interoperability in inclusive learning scenarios”. In Fotis Lazarinis, Steve Green, Elaine Pearson (Eds.): “Learning Design: Handbook of Research on E-Learning Standards and Interoperability: Frameworks and Issues.” 2010. Information Science Reference, IGI Global.

[10] del Campo, E., M. Saneiro, O. C. Santos, J. G. Boticario, "Psycho-educational support for students with disabilities in higher education, applied through a recommender system integrated in a virtual learning environment", *International Journal of Developmental and Educational Psychology*, vol. 3: Infad. Psicol., pp. 237-247, 2010.

Diseño de un Sistema con Características de Adaptación para Personas con Discapacidad

Diana J. Lancheros Cuesta. Msc, Angela Carrillo Ramos PhD.

Universidad Cooperativa de Colombia – Pontificia Universidad Javeriana

Bogotá, Colombia

dianalancheros@campusucc.edu.co, angela.carrillo@javeriana.edu.co

Resumen

Los ambientes educativos de aprendizaje se han convertido en la solución para personas que tienen dificultades en sus procesos educativos o presentan algún grado de discapacidad. Para ello, es indispensable diseñar modelos computacionales que tengan características de adaptación y permitan generar soluciones a necesidades tales como la forma en que se realiza el despliegue de la información y la evaluación de características cognitivas que permitan determinar comportamientos y estilos de aprendizaje. El presente artículo muestra una síntesis del marco de referencia y de la revisión técnica de trabajos realizada en el marco de una tesis doctoral actualmente en curso, que busca desarrollar un modelo computacional con características de adaptación, dirigido a facilitar el proceso de aprendizaje, en una misma aula, de personas con y sin discapacidad.

Palabras Clave: discapacidad, adaptación, ambiente virtual de aprendizaje

Abstract

The learning educational environments have been transformed into the solution for people, who can have difficulties in their educative processes, or some disability degree. For this reason, it is necessary to design computational models, that have characteristic of adaptation and allow to generate solutions to such needs, as the form in that is carried out the information display, and the evaluation of cognitive characteristic that allow to determine behaviors and learning styles.

This paper shows a synthesis of the reference frame, and the technical revision of works related in the frame of a doctoral thesis at the moment in course, that looks for the development of a computational model with characteristic of adaptation, aimed at facilitating the learning process, in the same classroom, of people with and without disability.

1. Introducción

En las instituciones educativas, las personas con algún tipo de discapacidad requieren de ambientes especiales y herramientas que les guíen en el proceso de enseñanza y aprendizaje. El adelanto de proyectos tecnológicos con avanzados diseños en las áreas de electrónica y sistemas permite el desarrollo de dispositivos de gran utilidad en el campo de la discapacidad, pero no tienen en cuenta las características y estilos de aprendizaje de las personas con discapacidad, las cuales tienen necesidades diferentes con respecto a la forma en la cual interactúan con los sistemas de información (SI). Los sistemas de información permiten en ambientes educativos, mostrar la información en diversos formatos, interactuar con el estudiante, desarrollar un proceso personalizado en cuanto al tiempo y al lugar de acceso a la información. Las características de adaptación en ambientes virtuales de aprendizaje, permiten al sistema de información un manejo personalizado del contenido y del despliegue que facilitarían los procesos de enseñanza y aprendizaje en ambientes donde se encuentren personas con algún grado de limitación.

El presente artículo presenta en primera instancia un análisis de trabajos relacionados con características pedagógicas, de adaptación y de discapacidad, seguido por la explicación del modelo propuesto que incluye el perfil del estudiante, un perfil de discapacidad y el modelado de un curso en el contexto educativo.

2. Trabajos Relacionados

En la primera parte del estudio realizado se encontraron las principales características y tipos de discapacidades existentes, las cuales son variadas en cada uno de los casos, teniendo factores independientes de causas y consecuencias.

Una segunda etapa consistió en indagar sistemas y/o plataformas para discapacitados y se hallaron en su gran mayoría dispositivos para permitir el acceso a los sistemas de cómputo, y para todas las discapacidades como reconocedores de voz, sistemas braille, ratones y teclados especiales, traductores entre otros. La tercera fase permitió conocer sistemas y/o plataformas educativos. La mayoría de aplicaciones consideran procesos de adaptación orientados a los perfiles del usuario discapacitado. Una característica importante encontrada en los sistemas para discapacitados y de ambientes virtuales de aprendizaje o desarrollo de sistemas educativos, fue la inclusión del tema de adaptación. En los trabajos de adaptación, la mayoría de los estudiados estaban involucrados en ambientes *e-learning*. En la Tabla 1 se muestra un cuadro comparativo de las diferencias existentes entre los tipos de discapacidades, teniendo en cuenta el factor afectado, las características sociales y las cognitivas.

Tabla 1. Comparación Discapacidades

Discapacidad	Factor	Características cognitivas
Sensorial y de la comunicación	Percepción	Deficiencias en los procesos de percepción, memoria y

		lenguaje.
Mudez	Salida de información	Deficiencias en los procesos de lenguaje.
Mentales-Cognitivas	Percepción	Deficiencias en los procesos de razonamiento, percepción, memoria y lenguaje.
Comunicación y comprensión del lenguaje.	Percepción y salida de información	Deficiencias en los procesos de razonamiento, percepción, memoria y lenguaje.
Motriz	Percepción	Deficiencias en los procesos de comunicación.

Como se puede observar, la mayoría de discapacidades afectan el factor de la percepción, siendo éste muy importante en un proceso educativo, por cuanto permite que el estudiante reciba la información de forma correcta y como la necesita en su proceso de enseñanza. El común presentado en las características sociales obedece a la falta de interacción con la sociedad; en cuanto a las características cognitivas, las deficiencias en los procesos de lenguaje y comunicación son los más afectados. Estas últimas características son necesarias en el proceso de aprendizaje de una persona. Con respecto a la relación existente entre las diferentes discapacidades y los sistemas de información, se identifican y analizan algunas características en la Tabla 2.

Tabla 2. Características discapacidad

Discapacidad	Dificultad sistema acceso	Dificultad con el SI	Consideraciones del SI
Física	Inconvenientes para poder manejar el dispositivo de que comunica al usuario con el sistema.	Interacción al no poder manipular de forma física los dispositivos.	Diseño de dispositivos de acceso con características de adaptación, considerando la discapacidad.
Cognitiva	Interacción con el sistema por la falta de personalización	Interacción con el sistema por la falta de personalización	La discapacidad y el estilo de aprendizaje del estudiante
Sensorial, sordos	No existe inconvenientes	Interacción con el sistema	La discapacidad y el estilo de aprendizaje del estudiante
Sensorial, mudez	No existe inconvenientes	Interacción con el sistema	La discapacidad y el estilo de aprendizaje

			del estudiante
Comunicación y comprensión del lenguaje.	Inconvenientes por la falta de interpretación.	Inconvenientes por la falta de interpretación.	La discapacidad y el estilo de aprendizaje del estudiante

Como se puede observar en la Tabla 2, cuando existe algún grado de discapacidad, la característica más común con respecto a la interacción con SI es la falta de un proceso de personalización para acceder al sistema. Se sugiere en cada una de las discapacidades tener en cuenta la discapacidad y el estilo de aprendizaje del estudiante. A continuación se puede observar en las Tablas 3, 4 los trabajos relacionados, donde se tienen en cuenta características como la discapacidad y el tipo de sistema. Las tablas 5 y 6 comparan si los sistemas poseen o no características pedagógicas y si aplican o consideran características de adaptación.

Tabla 3. Comparación Trabajos Relacionados (1).

Sistema	Discapacidad	Tipo/ Sistema
Kerr, 1993 [1]	Sensorial y de la comunicación (vista)	Cd interactivo
Burgstahler, 2007	Motriz	Estudio discapacidad-sistemas de información

[2]		
Roberts, 2002 [3]	Mudez	Software de reconocimiento de voz
Cartel <i>et al.</i> 2001 [4]	Motriz	Estudio de accesibilidad a los sistemas por discapacitados
Cheng-Sang <i>et al.</i> 2008[5]	Motriz	Sistema de comunicación con clave Morse
Trevirus, 2000[6]	Sensorial y de la comunicación (vista)	Sistema sonido, sensores de tacto.
Betke <i>et al.</i> 2002 [7]	Motriz	Sistema electrónico y software "Cámara, ratón"
Prendinger <i>et al.</i> 2009 [7]	Cognitivo	Sistema hipermedia, AUIS
Arvanitis <i>et al.</i> 2007[9]	Sensorial y de la comunicación (vista)	Sistema electrónico, CONNECT
Sánchez, 2003[10]	Sensorial y de la comunicación (Sordos)	Sistema hipermedia, Audiomemorice

Rodriguez <i>et al.</i> 2005[11]	Cognitiva	Sistema hipermedia EU4ALL
Harrison <i>et al.</i> 2008[12]	Motriz	Sistema e-learning
Davis <i>et al.</i> 2005[13]	Cognitivo-Autismo	Sistema hipermedia
Panselina, 2002[14]	Sensorial y de la comunicación (Sordos)	Panselina
Mezak <i>et al.</i> 2006[15]	Cognitiva	Sistema hipermedia adaptativo
Ismail <i>et al.</i> , 2009[16]	Cognitivo, Autismo	Sistema
Choi. 2004[17]	Cognitivo	Sistema e-learning
Santos <i>et al.</i> 2009[18]	Motriz	Sistema e-learning
Tuedor, 2006	Cognitivo, autismo	Sistema –e-learning

[19]		
Moore <i>et al.</i> 2005[20]	Cognitivo, autismo	Hipermedia
Mohamad <i>et al.</i> , 2004[21]	Cognitivo	TAPA, sistema e-learning
Bermy <i>et al.</i> 2006 [22]	No	Sistema e-learning
Ando <i>et al.</i> 2007[23]	No	Sistema hipermedia e-learning
Molina <i>et al.</i> 2008[24]	No	Domosim, Ambiente virtual de aprendizaje
Winn, 2002[25]	No	Ambiente virtual de aprendizaje
Torrente <i>et al.</i> , 2008[26]	No	Ambiente virtual de aprendizaje

Tabla 4. Comparación Trabajos Relacionados (2).

Sistema	Discapacidad	Tipo/ Sistema

Siang 2004 <i>et al.</i> [27]	No	Ambiente virtual de aprendizaje
Ortíz <i>et al.</i> 2009 [28]	No	ELEIN, Sistema e-learning
Aranda <i>et al.</i> 2005 [29]	No	Ambiente virtual de aprendizaje
Sanchez <i>et al.</i> 2006 [30]	No	Sistema virtual de aprendizaje
Kirschner <i>et al.</i> 2006 [31]	No	Sistema virtual de aprendizaje
Buche <i>et al.</i> 2008 [32]	No	Mascaret, Sistema
Mwanza <i>et al.</i> [33]	No	Sistema virtual de aprendizaje
Jiuxin <i>et al.</i> 2008 [34]	No	Sistema virtual de aprendizaje
Yang, 2007[35]	No	Sistema virtual de aprendizaje
Khalid <i>et al.</i> 2009[36]	No	Sistema e-learning
Sasakura <i>et al.</i> 2000[37]	No	Sistema virtual de aprendizaje
Kardan <i>et al.</i> 2008 [38]	No	Sistema e-learning

Siadaty <i>et al.</i> 2007 [39]	No	Sistema e-learning, pals2.
Min <i>et al.</i> 2008[40]	No	Sistema hipermedia adaptativo
Zhao <i>et al.</i> 2007[41]	No	Sistema de aprendizaje

**Tabla 5.
Comparación Trabajos Relacionados (3).**

Sistema	Características pedagógicas	Adaptación de información
Kerr, 1993 [1]	No	No
Burgstahler, 2007 [2]	No	No
Roberts, 2002 [3]	No	No
Cartel <i>et al.</i> 2001 [4]	No	No
Cheng-Sang <i>et al.</i> 2008[5]	No	No
Treviranus, 2000[6]	Sí Curso de geografía.	No
Betke <i>et al.</i> 2002 [7]	No	Sí, adaptación de información
Prendinger <i>et al.</i> 2009 [8]	No	Sí, Agentes

Arvanitis <i>et al.</i> 2007[9]	Sí, Museos	No
Sánchez, 2003[10]	Sí	No
Rodriguez <i>et al.</i> 2005[11]	Sí	Sí, perfil del usuario
Harrison <i>et al.</i> 2008[12]	Sí	No
Davis <i>et al.</i> 2005[13]	Sí	Sí, contenido
Panselina, 2002[14]	Sí	Sí, al despliegue
Mezak <i>et al.</i> 2006[15]	Sí	Sí al contenido
Ismail, 2009[16]	Sí	No
Choi. 2004[17]	Sí	Sí al contenido
Santos <i>et al.</i> 2009[18]	Sí	Sí, al contenido
Tuedor, 2006 [19]	Sí	No

Tabla 6.
Comparación Trabajos Relacionados (4).

Sistema	Características pedagógicas	Adaptación de información
Moore <i>et al.</i>	Sí	No

<i>al.</i> 2005[20]		
Mohamad, 2004[21]	Sí	Sí
Bermy <i>et al.</i> 2006[22]	Sí	Sí al perfil del usuario
Ando <i>et al.</i> 2007[23]	Sí	No
Molina <i>et al.</i> 2008[24]	Sí	No
Winn 2002[25]	Sí	No
Torrente, 2008[26]	Sí	Sí, adaptación al contenido
Siang 2004 <i>et al.</i> [27]	Sí	No
Ortiz <i>et al.</i> 2009 [28]	Sí	No
Aranda <i>et al.</i> 2005 [29]	Sí	No
Sanchez <i>et al.</i> 2006 [30]	Sí	No
Kirschner <i>et al.</i> 2006 [31]	Sí	No
Buche <i>et al.</i> 2008	Sí	Sí, agentes, representación del conocimiento

[32]		y perfil del usuario
Mwanza[33]	Sí	Sí, despliegue
Jiuxin <i>et al.</i> 2008 [34]	Sí	Sí, al contexto
Yang, 2007[35]	Sí	Sí, al contenido y al dispositivo
Khalid <i>et al.</i> 2009[36]	Sí	Sí, al despliegue
Sasakura <i>et al.</i> 2000[37]	Sí	Sí, al contenido
Kardan <i>et al.</i> 2008 [38]	Sí	Sí, al contexto.
Siadaty <i>et al.</i> 2007 [39]	Sí	Sí, teniendo en cuenta el estilo de aprendizaje
Min <i>et al.</i> 2008[40]	Sí	Sí, al contenido teniendo en cuenta el perfil
Zhao <i>et al.</i> 2007[41]	Sí	Sí, al contenido

Como se puede observar, los SI que más se utilizan en ambientes educativos son ambientes virtuales de aprendizaje y sistemas hipermedia. La mayoría de los sistemas analizados presentan características pedagógicas, pero no características de adaptación. Los sistemas que presentan características de adaptación son en su mayoría sistemas virtuales de aprendizaje, que

tienen en cuenta el perfil del usuario y la forma en la que se despliega la información. La mayoría de estos sistemas no tiene en cuenta la discapacidad. Los sistemas que consideran algún tipo de discapacidad, no tienen en cuenta características de adaptación.

En los sistemas virtuales de aprendizaje y sistemas hipermedia, la discapacidad que más se tiene en cuenta es la cognitiva; sin embargo, estos sistemas no presentan modelos que se adapten a estilos de aprendizaje con relación a la discapacidad.

En la siguiente sección se presenta el modelo propuesto que permite articular la educación, la adaptación y la discapacidad con el fin de apoyar el proceso de aprendizaje de personas con o sin discapacidad, tomando en cuenta sus características particulares.

3. Modelo Propuesto

El modelo propuesto fue diseñado teniendo en cuenta la necesidad de implementar herramientas educativas que consideren el perfil de un estudiante con algún tipo de discapacidad. El sistema presenta ventajas con respecto a otros sistemas educativos, porque permite estructurar un contenido temático con el fin de desplegar la información que más se ajuste a un estudiante.

La figura número 1 muestra el perfil del estudiante, en el cual se tienen en cuenta:

- a. El perfil de aprendizaje: almacena las características que determinan el tipo de aprendizaje, teniendo en cuenta la forma en la que se percibe la información. Este

- perfil se encuentra asociado a una teoría de estilos de aprendizaje. (Ejemplo: visual, verbal).
- b. Las habilidades del estudiante son destrezas adquiridas, las cuales están asociadas a una categoría y pueden ser cognitivas, aplicativas, de síntesis entre otras.
 - c. La discapacidad es una característica del modelo que determina el estado de un estudiante y se relaciona directamente con las características del modelo que se describe más adelante y el cual permite caracterizar una discapacidad.
 - d. Las preferencias almacenan información sobre cómo el estudiante quiere algo, o entre varias opciones, cuáles escoge. Esta es la característica más importante del modelo de adaptación ya que permite determinar cómo y qué tipo de información se le mostrará al estudiante. La preferencia de percepción es la forma como el estudiante recibe la información, por ejemplo si es visual prefiere recibirla por simulaciones o puede preferir mapas conceptuales. La preferencia de navegación determina como el estudiante se desenvuelve en la plataforma teniendo en cuenta la ruta que toma en las diferentes actividades y la forma como accede al sistema. La preferencia en el despliegue de la información permite determinar el diseño más adecuado de interface. La preferencia por el medio de acceso almacena información de la mejor forma de acceder al sistema, por ejemplo utilizando mouse, teclado o dispositivos especiales. La preferencia de localización está dada por el lugar de donde el estudiante accede al sistema de información. La preferencia de actividad está asociado con las acciones y determina los objetos visuales de aprendizaje más apropiados a utilizar en el proceso de enseñanza.

- e. El comportamiento del estudiante se encuentra asociado a la percepción, la memoria, la atención y el lenguaje, que permiten determinar niveles y tipos de discapacidad.

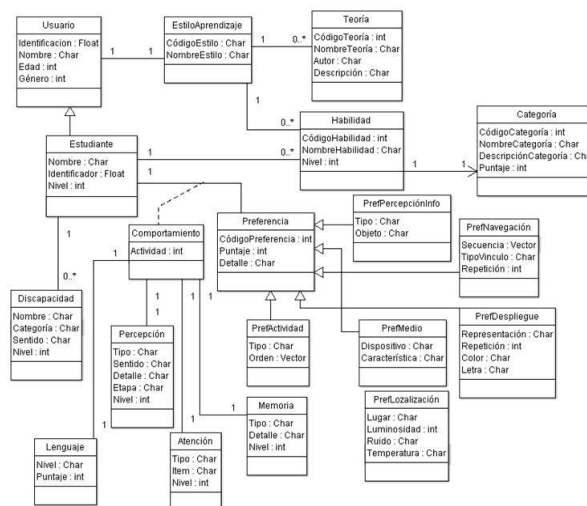


Figura 1. Perfil del estudiante.

En la figura número 2 se muestra el perfil de discapacidad, el cual almacena la información de forma general de las discapacidades más comunes.

Está compuesto por las características de los medios de acceso como teclados, mouse etc. El formato preferido de visualización de información, el tipo de vínculo para navegación entre páginas del sistema asociado con la discapacidad. Los niveles de percepción, memoria, atención y lenguaje que se presentada dado una discapacidad determinada.

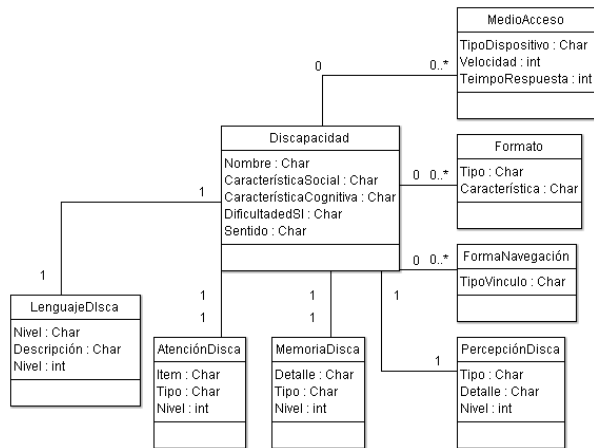


Figura 2. Perfil de discapacidad

La figura 3 muestra las actividades asociadas al estudiante y al curso, en ellas se tiene en cuenta diferentes objetos virtuales de aprendizaje, los cuales pueden ser encontrados en diferentes formatos y utilizados dependiendo la plataforma y las normas existentes.

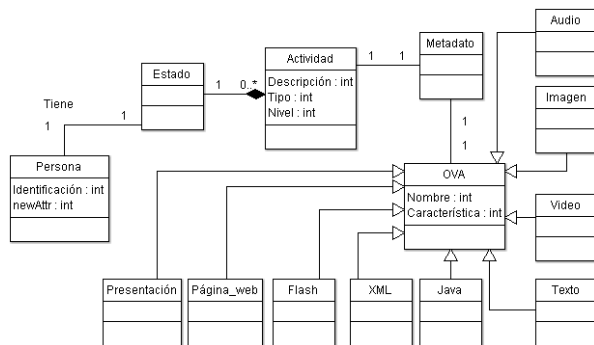


Figura 3. Modelo de actividades

En la figura 4 se muestra el modelo de curso, el cual está conformado por temáticas que a su vez tienen subtemas asociados a las actividades anteriormente descritas. En este modelo se encuentra el estado actual del estudiante que permite almacenar información de las temáticas vistas y la evaluación realizada en cada una de ellas.

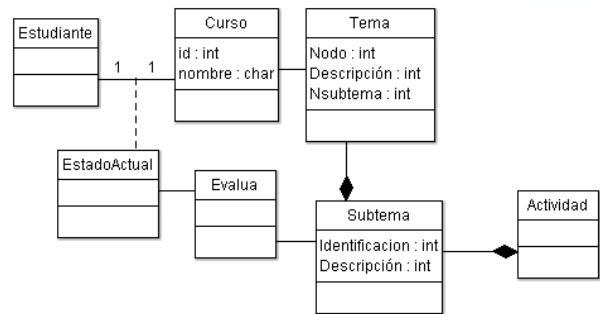


Figura 4. Modelo de curso

Este modelo permitirá la adaptación de información en una plataforma educativa a personas con o sin discapacidad. En una segunda etapa se desarrollan los algoritmos necesarios para recuperar la información de forma adecuada y pertinente utilizando tutores inteligentes.

4. Conclusiones

Los sistemas de información permiten apoyar estrategias académicas en el aula, y dar soluciones cuando los estudiantes presentan dificultades tales como el acceso físico a la educación, deficiencias en el proceso de aprendizaje, discapacidad entre otras.

El sistema diseñado presenta características de adaptación, que permiten a un estudiante con discapacidad (en el caso de estudio, para una discapacidad auditiva) mejorar su proceso de aprendizaje el estilo mediante el cual aprende mejor, sus propias características y las de la discapacidad que posee.

Como trabajo futuro se sugiere la validación del modelo con una discapacidad, para determinar aceptación del sistema entre los estudiantes. De la misma manera, es necesario evaluar la efectividad en el proceso de aprendizaje para los alumnos con y sin discapacidad tomando en cuenta la presentación de los contenidos como lo propone el modelo que se presenta.

10. Referencias

- [1] L. Kerr, "Developing compact disc-interactive as an information system for deaf and disabled people", *Information Access for People with Disability* In Proc. IEEE Colloquium, 1993, pp. 1-6.
- [2] S. E. Burgstahler, "Increasing the Participation of People with Disabilities in Computing Fields" *IEEE Computer Society*, 2007. pp. 94-97.
- [3] K. D. Roberts, "Voice recognition software as a compensatory strategy for postsecondary students with learning disabilities" *IEEE Computers in Education*, 2002, pp. 1506-1507.
- [4] J. Cartel, M. Markel, "Web accessibility for people with disabilities: an introduction for Web developers" *IEEE Transactions*, 2001, pp. 225-233.
- [5] Y. Cheng-San, Y. Cheng-Huei, L. Chuang, Y. Cheng-Hong. "A wireless internet interface for person with physical disability" *IEEE Transactions*, 2008.
- [6] J. Treviranus, "Adding haptics and sound to spatial curriculum" *IEEE Transactions*, 2000.
- [7] M. Betke, J. Gips, P. Fleming. "The Camera Mouse: visual tracking of body features to provide computer access for people with severe disabilities" *IEEE Transactions*, 2002.
- [8] H. Prendinger, A. Hyrskykari, M. Nakayama, I. Howell, y N. Bee. "Attentive interfaces for users with disabilities: eye gaze for intention and uncertainty estimation" *Universal Access in the Information Society*, Volume 8, Number 4, 2009, pp 339-354.
- [9] T. Arvanitis, A. Petrou, J. F. Knight, S. Stavros. "Human factors and qualitative pedagogical evaluation of a mobile augmented reality system for science education used by learners with physical disabilities ", *Personal and Ubiquitous Computing archive*, Volume 13 , Issue 3, 2007, pp 243-250.
- [10] J. Sánchez, "Audiomemorie: Desarrollo de la memoria de niños con discapacidad visual a través de audio" In *Proc. Taller Internacional de Software Educativo*, 2003.
- [11] A. Rodriguez A., O. Santos, E. Campo, "Personalised Support for Students with Disabilities Based on Psychoeducational Guidelines," *IEEE*, 2005.
- [12] M. Harrison, C. Stockton, E. Pearson, "Inclusive, Adaptive Design for Students with Learning Disabilities," *IEEE*, 2008.
- [13] M. Davis, K. Dautenhahn. "Towards an Interactive System Eliciting Narrative Comprehension in Children with Autism: A Longitudinal Study" , *Adaptive Systems Research Group Springer*, 2008.
- [14] M. Panselina, "Design and Development of a Bilingual Multimedia Educational Tool for Teaching Chemistry Concepts to Deaf Students in Greek Sign Language", *Education and Information Technologies*. Springer, 2002, pp 1360-2357.
- [15] J. Mezak, N. Hoic-Bozic. "Adaptive and Context-Aware Hypermedia Model for Users with Communication Disabilities ", *HCI related papers of Interacción 2004*, 2006, pp. 19-28.
- [16] S. Ismail, O. Nazlia, M. Abdullah. "Developing Learning Software for Children with Learning Disabilities through Block-Based Development Approach " In *Pro. ICEEI '09. International Conference on*, 2009, pp. 299-303.
- [17] S. Choi, "A Concept Map_Based Adaptive Tutoring System Supporting Learning Diagnosis for Students with Learning Disability", *Lecture Notes in Computer Science*, 2004, pp. 627-638.
- [18] O. Santos, J. Couchet, J. G. Boticario. "Personalized e-learning and e-mentoring through user modelling and dynamic recommendations for the inclusion of disabled at work and education." *IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, 2009, pp. 514-518.
- [19] M. Tuedor, "Universal access through accessible computer educational programs to develop the reading skills of children with autistic spectrum disorders" *Universal Access in the Information Society*, 2006, pp. 292-298.

- [20] D. Moore, Y. Cheng, P. McGrath, y N. J. Powell. "Collaborative Virtual Environment Technology for People With Autism" Focus On Autism And Other Developmental Disabilities. 2005.
- [21] Y. Mohamad, C. Velasco, D. Sylvia, y H. Tebarth. "Cognitive Training with Animated Pedagogical Agents (TAPA) in Children with Learning Disabilities" Computers Helping People with Special Needs, 2004, pp. 629-635.
- [22] A. E. Bemuy, V. M. Garcia. "Collaboration Model in E-Learning for Universities Based on Agents" In Pro. Education for the 21st Century, 2006. pp. 267-271.
- [23] T. Ando, G. Piotr, A. P. Wierzbicki, "Distance and Electronic Learning" Springer-Verlag Berlin Heidelberg , 2007.
- [24] A. Molina, M. Ortega. "Task Modeling in computer Supported Collaborative. Learning Environments to Adapt to Mobile Computing " Innovative Techniques in Instruction Technology, E-learning, E-assessment and Education, 2008.
- [25] W. Winn, "Current Trends in Educational Technology Research:The Study of Learning Environments "Educational Psychology Review, 2002.
- [26] J. Torrente, P. Moreno, B. Fernandez. "Learning Models for the Integration of Adaptive " Edutainment 2008, LNCS 5093, 2008, pp. 463-474.
- [27] A. C. Siang, R. Krishna, "E-learning as Computer Games: Designing Immersive and Experiential Learning " LNCS 3332, 2004, pp. 633-640.
- [28] A. Ortiz, D. Oyarzun, M. D.P. Carretero. "ELEIN: E-Learning with 3D Interactive Emotional Agents "Learning by Playing. Game-based Education System Design and Development, 2009, pp. 294-305.
- [29] G. Aranda, A. Vizcaíno, A. Cechich, M. Piattini. "A Cognitive Perspective for Choosing Groupware Tools and Elicitation Techniques in Virtual Teams " LNCS 3480, 2005, pp. 1064 – 1074.
- [30] E. Sanchez, E. Cambranes, V. Menendez. "Adapting Mobile Access Scheme for a Legacy e-Learning Platform" Mexican International Conference on Computer Science. IEEE, 2008.
- [31] P. Kirschner, J. Strijbos, K. Kreijns, P. Jelle Beers. "Designing Electronic Collaborative Learning Environments", Educational Technology Research and Development, 2006, pp. 47-66.
- [32] C. Buche, R. Querrec, P. Chevaille. " MASCARET: A Pedagogical Multi-Agent System for Virtual Environment for Training " Laboratory of Software Engineering Ecole Nationale d'Ingénieurs de Brest F, 2008.
- [33] D. Mwanza, Y. Engeström. "Pedagogical Adeptness in the Design of E-learning Environments: Experiences from the Lab@Future " Research University of Helsinki Finland , 2003.
- [34] C. Jiuxin, M. Bo, L. Junzhou. "The Self-adaptive Framework of Learning Object Based on Context " In Pro. International Conference on Computer Science and Software Engineering, 2008.
- [35] Y. M. Chien, "An Adaptive Framework for Aggregating Mobile Learning Materials " In Pro. Seventh IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2007), 2007.
- [36] U. Khalid, A. Basharat, A. Shahid, S. Hassan. "An Adaptive E-learning Framework to supporting new ways of Teaching of Teaching and Learning," , IEEE, 2009.
- [37] M. Sasakura, S. Yamasaki. " A Framework for Adaptive e-Learning Systems in Higher Education with Information Visualization " In Pro. 11th International Conference Information Visualization (IV'07), 2007.
- [38] A. Kardan, H. Monkaresi. "Developing a Novel Framework for Effective Use of Implicit Feedback in Adaptive e-Learning " IEEE, 2008.
- [39] M. Siadaty, F. Taghiyareh. " PALS2: Pedagogically Adaptive Learning System based on Learning Styles " In Pro. Seventh IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2007), 2007.
- [40] M. Xiao, C. Wei, y Ch. Lei. " Research of Ontology-based Adaptive Learning System" In Pro. 2008 International Symposium on Computational Intelligence and Design. IEEE, 2008.
- [41] X. Zhao, T. Ninomiya. "A Context-Aware Prototype System for Adaptive Learning Content in Ubiquitous Environment" IEEE, 2008.

PATRÓN TECNOPEDAGÓGICO PARA EL DESARROLLO DE OBJETOS DE APRENDIZAJE ORIENTADOS A PERSONAS CON CAPACIDAD VISUAL DISMINUIDA

Antonio Silva Sprock
Facultad de Ciencias
Universidad Central de
Venezuela - UCV
Caracas, Venezuela
antonio.silva@ciens.ucv.ve

Yosly Hernández Bieliukas
Facultad de Ciencias
Universidad Central de
Venezuela - UCV
Caracas, Venezuela
yosly.hernandez@ciens.ucv.ve

Martín Corrales
Facultad de Ciencias
Universidad Central de
Venezuela - UCV
Caracas, Venezuela
selarroc23@gmail.com

Abstract

Learning Objects promote self-learning, interaction, develop the analysis and reflection, enable remote access to information (using internet), serve as a mechanism for monitoring and evaluation, are reusable, can be customized and adapted to other educational environments and are durable over time, but this technology is not designed for people with reduced visual capacity, to which are generally excluded. It is pertinent to promote the development of Learning Objects including appropriate technological and pedagogical features to support and strengthen teaching and academic development of people with impaired eyesight in the field of higher education. The following work shows a pattern of development of Learning Objects for people with reduced visual capacity, showing both the

pattern of interface and interaction as the pedagogical features of the same.

Key Words: *learning object, software pattern development, reduced visual capacity.*

Resumen

Los Objetos de Aprendizaje incentivan el auto-aprendizaje, motivan la interacción, desarrollan el análisis y la reflexión, posibilitan el acceso remoto a la información (a través del Internet), sirven como mecanismo de control y evaluación, son reutilizables, se pueden personalizar y adaptar a otros ambientes educativos y son durables en el tiempo; sin embargo, esta tecnología no está diseñada para personas con capacidades visuales disminuidas, ante lo cual generalmente son excluidas. Es pertinente incentivar el desarrollo

de Objetos de Aprendizaje que incluyan características tecnológicas y pedagógicas adecuadas para apoyar y fortalecer el desarrollo pedagógico y académico de la población con capacidad visual disminuida en el ámbito de la educación superior.

El siguiente trabajo muestra un patrón de desarrollo de Objetos de Aprendizaje para personas con capacidades visuales disminuidas, mostrando tanto el patrón de interfaz y de interacción como el patrón pedagógico del mismo.

Palabras Claves: objeto de aprendizaje, patrón de desarrollo, capacidad visual disminuida.

1. Introducción

La Organización Mundial de la Salud (OMS) realizó una clasificación de las personas con deficiencias, discapacidades y minusvalías [1], a saber: deficiencias auditivas, motrices, cognitivas, del lenguaje y visuales. Específicamente, entre las deficiencias visuales, se definen: la ceguera, la visión reducida y los problemas en visualización de color.

A nivel mundial, según estadísticas de la OMS [2], 314 millones de personas de la población presentan discapacidad visual. Según datos del Instituto Nacional de Estadística de la República Bolivariana de Venezuela (INE) [3], para el año 2001, existían alrededor de 1.024.223 personas que padecían alguna discapacidad y 29.016 personas con discapacidad visual [4].

Las personas con capacidad visual disminuida, generalmente son excluidas de instituciones educativas y del trabajo, ya que son pocas las instituciones que cuentan con tecnologías

adecuadas [5], siendo necesario el diseño de herramientas tecnológicas que contribuyan a la inclusión de estas personas a los sistemas educativos.

Actualmente, se ha masificado la adopción de Objetos de Aprendizaje (OA), en instituciones educativas, siendo éstos, recursos educativos digitales con metadatos, que permiten apoyar el proceso de enseñanza y aprendizaje, ya que debido a sus características y estructura fomentan el desarrollo de competencias específicas por parte del aprendiz, permitiéndole ser más activo y participativo en su proceso de formación, así como también, su reutilización en los diversos contextos donde responde a la misma necesidad instruccional. Estos OA deben resultar de utilidad a personas con capacidad visual disminuida, haciéndoles fácil la interacción con los mismos y aprendiendo al mismo tiempo [5].

2. Los Objetos de Aprendizaje

En la actualidad no existe formalmente una definición única de los OA, existen diversas consideraciones y definiciones planteadas por diversos autores, entre ellos, [6], [7], [8], [9]. Por lo que se puede definir los OA como recursos didácticos e interactivos en formato digital, desarrollados con el propósito de ser reutilizados en diversos contextos educativos, donde respondan a la misma necesidad instruccional, siendo ésta su principal característica, todo esto con el objetivo de propiciar el aprendizaje.

La reutilización de los OA está enmarcada por la introducción de información autodescriptiva expresada como los metadatos, los cuales son un conjunto de atributos o elementos necesarios para describir al objeto, a través de ellos se tiene un primer acercamiento con el mismo, conociendo sus principales características, destacando que en la creación y uso de esta información se basa la reutilización, como por ejemplo, nombre, ubicación, autor, idioma, palabras claves, entre otras.

2.1. Características de los Objetos de Aprendizaje

Es importante señalar que existen diversos aspectos generales que caracterizan a un OA, APROA [10] propone que deberían ser:

- a) Autocontenidos: ser capaz de dar cumplimiento por sí mismo al objetivo propuesto.
- b) Interoperables: contar con una estructura basada en un lenguaje de programación XML y contar con un estándar internacional de interoperabilidad.
- c) Reutilizables: ser utilizado en distintos contextos de enseñanza.
- d) Duraderos y Actualizables en el tiempo: estar respaldado por una estructura (repositorio) que permita, incorporar nuevos contenidos y/o modificaciones a los existentes.

e) De fácil acceso y manejo para los aprendices, por la estructura que presentan.

f) Secuenciables con otros OA, bajo un mismo contexto de enseñanza.

g) Breves y sintetizados, ya que debe alcanzar el objetivo propuesto mediante la utilización de los recursos mínimos necesarios.

h) Respetuosos con las leyes de derecho de autor.

Ahora bien, en la concepción de un OA deben considerarse las características pedagógicas, tecnológicas y de interacción humano computador presentes, debido a que se tiene un producto informático y educacional, al mismo tiempo, es por ello que se ha definido y se proponen tres dimensiones para agrupar estas características desde la respectiva perspectiva, teniendo así la dimensión pedagógica, tecnológica e interacción humano computador.

- Dimensión pedagógica, porque tienen una intención educativa, que permite establecer secuencias lógicas para la efectividad del proceso de enseñanza y aprendizaje, además de promover la construcción y difusión del conocimiento. Dentro de las características más resaltantes se pueden mencionar: estar orientados a una diversidad de estilos de aprendizaje, contenidos relevantes y pertinentes, objetivos de instrucción, actividades de aprendizaje, interactividad y evaluación, entre otros.

- Dimensión Tecnológica, Los OA son recursos o unidades digitales que abarcan aspectos tecnológicos y pueden tratarse desde el área de la Ingeniería de Software, debido a que se pueden ver como un producto de software. Además de estar basado en estándares para facilitar el intercambio entre diversos sistemas y plataformas, así como también, la reutilización y escalabilidad en entornos educativos. Dentro de las características más resaltantes se pueden mencionar: reusabilidad, interoperabilidad, accesibilidad, portabilidad, flexibilidad y granularidad, entre otros.
- Dimensión de Interacción Humano Computador, Los OA deben poder motivar e interesar a los aprendices, para propiciar el trabajo con el mismo y así impulsar el aprendizaje. Se debe tener presente que como un recurso digital debe cumplir con ciertos atributos que lo hagan atractivo al aprendiz y éste no los rechace, como lo es el uso apropiado de los colores, las fuentes, presentación y disposición de la información, navegabilidad, entre otros, esto refiere a que sea usable. . Dentro de las características más resaltantes se pueden mencionar: fuentes, colores, disposición de los elementos del OA, simetría y consistencia de sus elementos, entre otros.

2.2.- Ventajas y Desventajas de los Objetos de Aprendizaje

Al analizar las potencialidades de los OA en ambientes de enseñanza y aprendizaje, se identifican las siguientes ventajas:

- a) Son acoplables con otros objetos para crear un objeto más complejo
- b) Son reutilizables en contextos diferentes mientras mantienen su significado
- c) Son capaces de soportar cambios tecnológicos ya que deben ser independientes de la tecnología empleada.
- d) Son Interoperables con otras plataformas y otras herramientas.

Además proveen beneficios asociados al componente pedagógico, tales como: a) promover el trabajo colaborativo entre docentes de diferentes instituciones; b) permitir el compartir recursos dentro de una misma institución y entre instituciones, eliminando la duplicidad de trabajo; c) mejorar la eficacia del docente por la reducción del esfuerzo que conlleva el contar con OA; d) disponer de un material de alta calidad tanto para la educación presencial como a distancia.

Por otro lado, presentan las siguientes desventajas:

a) La reusabilidad a menudo está limitada debido a la necesidad de personalización que puede ser problemática cuando el OA se saca de su contexto original.

b) Existen dificultades a la hora de editar/interpretar los metadatos porque no hay ningún estándar que esté bien definido sobre los significados compartidos de cada uno de los campos que conforman los metadatos.

3. El Patrón de desarrollo de Objetos de Aprendizaje

Para lograr la fácil y eficiente interacción de las personas con capacidad visual disminuida con estos recursos digitales educativos, deben cumplir características de interacción y de accesibilidad [11], [12], [13], [14], [15] y [16], así como características y aspectos pedagógicos [17]. A continuación se describe la propuesta del patrón tecnopedagógico.

3.1. Características de Interfaz

El patrón de interfaz describe dos componentes, un componente de área de Desarrollo y un componente de área de Botones de Herramientas. La figura 1 muestra la interfaz propuesta en [3], tomando como base [11], [12], [13], [14], [15] y [16].

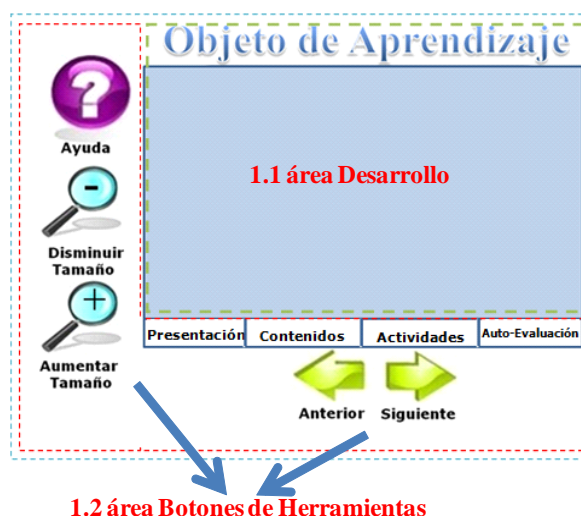


Figura 1. Esquema de elementos que componen el OA [3].

3.1.1. Área Desarrollo: área donde se presentará al aprendiz toda la información y se le guiará paso a paso para que logre sus objetivos de aprendizaje. Esta área tendrá el esquema mostrado en la figura 2.



Figura 2. Esquema del Objeto de Aprendizaje generado por la herramienta [3].

Los OA a generar con la aplicación tendrán principalmente 4 componentes y mantendrán el orden indicados en la figura 2. Los componentes son: a) la presentación del OA contendrá el título o nombre con el cual será identificado el OA y una imagen asociado con el tema a tratar. Al iniciar la presentación debe existir una locución que indique al aprendiz el nombre del OA; b) los contenidos contendrán la información que dará forma al OA, tendrá el desarrollo del tema a tratar, mostrará la información que debe captar toda la atención

del aprendiz. Podrá estar compuesta por campos de texto, imágenes, sonidos, videos, animaciones, entre otras; c) en las actividades se reforzarán los contenidos y buscan fortalecer los conocimientos adquiridos. Pueden ser actividades como ordenar textos, actividades de selección, puzzles, actividades de arrastrar, etc. d) con la Auto-Evaluación se busca medir que tanto ha captado el aprendiz la información ofrecida por el OA, además de fortalecer el conocimiento adquirido.

3.1.2. Área Botones de Herramientas: cada OA deberá incluir los siguientes botones:



Figura 3. Botones incluidos en el área de botones [3].

La figura 3 muestra los botones que incluirán los OA desarrollados en la herramienta generadora, a saber: a) Ayuda: botón que permitirá obtener la explicación del funcionamiento de todas las funcionalidades del OA; b) Acercar/Alejar: botones cuya funcionalidad principal es permitir al aprendiz acercar o alejar la pantalla del OA en el momento que sea requerido, para así facilitar la lectura del contenido presentado; c) Anterior/Siguiente: botones que permiten al aprendiz volver o adelantarse en cada lección que estén revisando; d) Desarrollo: botón que permite que el aprendiz acceder directamente a la lección deseada. Además permitirá mostrar en qué posición del OA se encuentra en algún instante.

3.2. Características de Accesibilidad

La accesibilidad es el grado en el que todas las personas pueden utilizar un objeto, visitar un lugar o acceder a un servicio, independientemente de sus capacidades técnicas, cognitivas o físicas [11], [12], [13], [14] y [15]. Para dispositivos móviles, además de las características se deberá adicionalmente la Iniciativa Web Móvil de W3C [16]. Los OA desarrollados con la herramienta generadora, deberán incluir las siguientes características:

3.2.1. PROPUESTA DE SONIDOS

- a) La primera pantalla de cualquier actividad debe contener una locución inicial de presentación del escenario y de la actividad. En ella se informará al alumno sobre la tecla que debe pulsar para acceder a la barra de herramientas y como desplazarse por el OA.
- b) Al cambiar de pantalla para iniciar cualquier nueva actividad debe haber otra locución con las instrucciones específicas para navegar por la misma.
- c) Las locuciones deben ser simples y claras, con la información precisa para lo que se pretenda y en la medida de lo posible estarán grabadas con voces o sonidos naturales.
- d) Además de las locuciones informativas, las aplicaciones deben incluir ilustraciones sonoras continuas o intermitentes que adviertan al alumno que se encuentran activas.

- e) Las esperas de carga que se producen al arrancar la aplicación o la actividad se deben acompañar con una ilustración sonora.
- f) Tanto las ilustraciones sonoras de atención como de carga serán suaves y de bajo volumen, de forma que no interfieran en ningún caso con las locuciones o sonidos propios de la actividad.
- g) Debe habilitarse una tecla para repetir la última instrucción, teniendo en cuenta lo dicho anteriormente en cuanto a que dicha tecla no debe interferir ni con el sistema operativo ni con el revisor de pantalla.
- h) Los distintos tipos de acciones implicados en una actividad deben tener algún sonido asociado: “seleccionar elemento”, “soltar”, “fin de actividad”, “acierto”, “error”, “fin de la actividad con acierto”, “fin de la actividad con error”. En general, cualquier cambio que se visualice en la pantalla, debe tener su correspondencia con una ilustración sonora, para que el alumno esté en todo momento informado de que ha sucedido algo.
- i) Cualquier sonido asociado a un botón o evento ha de ser claramente identificable y diferente del resto.
- j) Cualquier mensaje de feedback (acierto, error, etc.) debe ser sonoro. Los mensajes sonoros de refuerzo positivo y de continuidad en todas las actividades serán más necesarios cuanto más pequeño sea el alumno.

3.2.2. Propuestas de Textos en General

- a) El texto deberá ser editable, no tratado como imagen.
- b) Debe tener asociada una locución que indique el título del mismo.

- c) La fuente de la letra será Verdana con un tamaño mínimo de 14 puntos equivalente a 19 pixeles.
- d) El texto debe estar bien contrastado con el fondo.

3.2.3. Propuestas Imágenes en General

- a) Si la imagen contiene texto, éste debe ser colocado en su atributo alt.
- b) Si la imagen complementa o ejemplifica el tema expuesto se debe utilizar el atributo alt para realizar su descripción.
- c) De ser necesario realizar una descripción detallada de la imagen (por su complejidad o relevancia con el tema) se debe realizar la descripción inmediatamente después de la imagen en la página Web.
- d) Si la descripción resultante de la imagen excede un aproximado de ciento veintiocho (128) caracteres se debe utilizar el atributo longdesc, pero debe tenerse en cuenta que las únicas personas que tendrían acceso al mismo serían aquellas con lectores de pantalla modernos.
- e) Por lo que en este caso es recomendable colocar la descripción de la imagen en la página inmediatamente después, esto además podría resultar beneficioso para todas las personas y suele hacerse en imágenes que contienen gráficos o tablas a manera de resumen.
- f) Si la imagen es utilizada por motivos estéticos siempre se debe colocar el atributo alt como null, es decir, alt="", dado que en algunos casos los lectores de pantalla sintetizarían el URL de la imagen, lo que puede resultar confuso para los usuarios.

g) Deben identificarse las imágenes con una locución que describa el significado de la misma.

3.2.4. PROPUESTAS DE TÍTULO DE LOS OA

a) Se utilizarán las especificaciones mencionadas para Textos en General.

b) Se sugiere al diseñador que utilice para el título un tamaño de letra de 48 pixeles para que se identifique el título del OA.

c) Se propondrán diversos contrastes de fondo y color de letra.

3.2.5. Propuesta de Botones en General

Se utilizaran Imágenes con Hipervínculos propuestos en [14]:

a) El usuario necesita obtener la información que se accede a través de una imagen.

b) Los usuarios con navegadores textuales obtienen el URL del enlace sin saber específicamente hacia dónde los dirigirá, dado que cuando se utiliza una imagen como hipervínculo, en general no existe texto del hipervínculo.

c) Los usuarios que deciden desactivar la descarga de las imágenes que poseen hipervínculos en sus navegadores, no obtienen la información del enlace, sólo les es sintetizado el URL de este.

d) Usuarios con problemas de baja visión que utilizan amplificadores de pantalla al encontrarse con imágenes que contienen texto (generalmente explicando para qué sirve el enlace) ven distorsionado este texto perdiendo

la legibilidad y en consecuencia el acceso su información.

e) Si las imágenes con hipervínculos llevan a páginas del sitio relevantes para el usuario, es posible que este pierda el acceso a la información contenida en esas páginas ya que al no poseer información sobre su contenido puede llegar a obviarlas.

3.2.6. PROPUESTA DE ÁREA DE DESARROLLO

El Área de Desarrollo contendrá a su vez sonidos, animaciones en flash, videos, actividades, entre otras, estos deben tener las siguientes características:

a) Propuesta Animaciones en Flash: se debe hacer uso de Javascript y Actionscript para detectar si el usuario está usando un lector de pantalla, así se podrá redireccionar la página, se debe utilizar los atributos provistos por el lenguaje Actionscript para ordenar los elementos dentro del flash y así garantizar la navegación mediante el uso del teclado, si el contenido del flash no se puede hacer accesible, se debe proveer una página alternativa en HTML para que el lector de pantalla pueda sintetizar el contenido y se puede integrar audio al flash y con esto no es necesario que el lector de pantalla sintetice el contenido del mismo.

3.2.7. PROPUESTA DE VIDEOS

Considerando audiodescripción propuestos en [15].

- a) Los videos mostrados a través de una página Web pueden estar pregrabados o ser transmitidos en vivo.
- b) Para el video pregrabado, se debe colocar adyacente al video o después de éste, un enlace a una página que contenga la narración del video. Ésta narración debe tratar de realizarse como si se tratara de un guión o libreto del video. Al finalizar esta página se debe colocar un enlace que devuelva al usuario a la página dónde se encuentra el video en el punto en el que quedó antes de saltar a la transcripción. Dependiendo del video, también es posible colocar una descripción del mismo en la misma página inmediatamente después del video, ésta descripción debe incluir las características del video que no pueden ser percibidas sólo a través del audio.
- c) Para los videos en vivo se sugiere colocar un enlace inmediatamente después del video, con el resumen de lo sucedido en intervalos de tiempo establecidos de acuerdo a la duración estimada del video total; es decir, si se estima que el video durará una hora se puede actualizar el enlace cada cinco (5) minutos con una descripción detallada de lo sucedido en cada uno de los cinco (5) minutos transcurridos.

3.2.8. PROPUESTA DE ACTIVIDADES

A continuación se describen las actividades que contendrán los OA generados por la herramienta basadas en [13]

- a) Sopas de letras: la actividad consiste en un cuadrado relleno de letras desordenadas entre las que hay que encontrar las palabras escondidas. Las casillas neutras de la parrilla (aquéllas que no pertenecen a ninguna palabra) se rellenan con caracteres seleccionados al azar en cada jugada. Hay que encontrar las palabras escondidas en una parrilla de letras. También pueden distinguirse por la forma de resolverlos: seleccionando solo en la primera y última letra, con independencia de la colocación de la palabra; arrastrando a lo largo de toda la palabra.
- b) Texto (ordenar elementos): se trata de una actividad en la que hay texto desordenado y debe ordenarse. En el momento de diseñar la actividad se seleccionan en el texto algunas letras, palabras o párrafos que se mezclarán entre sí. El usuario ha de intentar volver a ponerlo en orden. La característica principal de esta actividad es que siempre es de texto, ya que si fuese imagen, se trataría de un puzzle.
- c) Puzzle: un tipo de actividad consistente en reconstruir un contenido, gráfico o textual, que inicialmente se presenta desordenado.
- d) Actividades de selección: se trata de un tipo de actividad en la cual el alumno debe seleccionar dentro de un conjunto de elementos los que cumplan una cierta característica, haciendo clic con el ratón en ellos.

e) Actividades de arrastrar: es un tipo de actividades de relación, pero por su particular modo de interacción con el usuario, merecen un estudio particular. Consisten en que el alumno debe arrastrar con el ratón una serie de objetos que aparecen en pantalla, a unas determinadas zonas de la pantalla, teniendo en cuenta que los objetos cumplan ciertas condiciones.

3.3. Patrones Pedagógicos

A continuación se proponen una serie de patrones basados en los desarrollados en [17].

Abrir la Puerta

Problema: ¿Cómo iniciar un Objeto de aprendizaje?.

Fuerzas: ¿Quiere romper el hielo entre la herramienta y el estudiante?, ¿Quiere captar y ganar la atención del estudiante?.

Solución: proporcionar al estudiante la descripción detallada al inicio del contenido que se abordará en el Objeto de Aprendizaje, además indicarle todas las funcionalidades de las barras de herramientas para que no se sienta perdido y así ganar su confianza. Debe mantenerse informado al aprender en todo momento que exista un cambio de lección.

Discusión: es esencial indicar al inicio y durante el desarrollo del OA las funcionalidades que posee cada lección a través de una locución.

Debe mantenerse informado al aprender al realizar un cambio de lección.

Early Bird.

Problema: el curso típico tiene muchos temas importantes. Muchas veces están relacionados entre sí. Es difícil decidir cómo ordenar los temas para que los estudiantes puedan apreciar las ideas principales del curso; ¿Qué contenido se debe mostrar en el curso?.

Fuerzas: los estudiantes necesitan ver a dónde se dirigen, es necesario mostrar la relación entre las ideas principales de cada contenido, los estudiantes necesitan saber cuáles son las ideas importantes del tema.

Solución: identificar ideas principales del contenido, resaltar las ideas más relevantes, introducir las ideas resaltantes al inicio del curso y volver reforzarlas durante el curso.

Discusión: las ideas principales deben recibir más atención por parte del estudiante, si se hace énfasis en ellas el mismo puede captarlas más fácilmente, al resaltar las ideas principales el estudiante crea conciencia de la importancia de dichas ideas, es necesario analizar a fondo el contenido en busca de las ideas resaltantes.

¿Te acuerdas?

Problema: ¿Cómo se puede recuperar lo que se estudió anteriormente?

Fuerzas: ¿Quiere medir que el estudiante realmente recuerda lo anteriormente estudiado?. Aunque las lecciones pueden llegar a ser complejas, a menudo tienen más

probabilidades de ser entendidas si un estudiante usa sus propias palabras.

Solución: proporcionar un breve ejercicio en donde los estudiantes tienen que expresar los temas en sus propios términos.

Cuestionario: dar a los participantes dos o tres preguntas, que abarquen lo que se ha aprendido hasta ahora.

Discusión: es esencial para el cuestionario que las preguntas no sean demasiado fáciles. Para que tenga que trabajar y recordar lo anteriormente visto en búsqueda de la solución.

Finalizar el Curso

Problema: ¿Cómo terminar un Objeto de aprendizaje?

Fuerzas: ¿Quiere finalizar el OA sin que el estudiante pierda el deseo de seguir aprendiendo?

Solución: Ofrecer al final del OA información donde el estudiante pueda encontrar información resaltante del tema tratado, publicar información al estudiante de las referencias bibliográficas utilizadas durante el desarrollo del OA.

Discusión: es esencial darle al estudiante otras herramientas o informaciones para que tenga el deseo de seguir investigando y conociendo acerca del tema tratado.

Metáforas Consistentes

Problema: en ocasiones para los estudiantes en un tema que desconoces es fácil perderse. No les es tan fácil asociar rápidamente el estudio

con conocimientos previos. Resultando así muy difícil emitir predicciones correctas.

Fuerzas: se desea dar al estudiante de una forma sencilla coherente y de gran alcance un slogan o una imagen referida al tema para hacer más fácil su experiencia educativa.

Solución: crear una metáfora coherente con el tema que se enseña, y con los mismos elementos básicos que interactúan. Para así dar al estudiante una forma de pensar sobre el tema. La metáfora debe permitir al estudiante inferir sobre el tema al pensar en la metáfora.

Discusión: el instructor debe conocer los límites de la metáfora y las comunicarán a los alumnos, por lo que no hacen inferencias inadecuado. Una metáfora puede ser utilizada para un pequeño elemento de un tema o para dar una visión del paisaje en general. La base o la propia metáfora debe ser bien conocido por los estudiantes

3.4. Patrones de Interacción

A continuación, se presentan una serie de patrones que se implementarán en la herramienta generadora de OA para personas con discapacidad visual reducida basados en trabajos realizados con anterioridad por [11], [12], [13] y [14].

Teclas de Acceso Rápido

Problema: en ocasiones para los estudiantes es engorroso ubicar el cursor del mouse en sitios específicos.

Fuerzas: ofrecer teclas de acceso rápido para el manejo de los controles del OA fortalece la interacción con el estudiante y además le apoya de una forma fácil y eficiente.

Solución: asociar los botones de herramientas del OA a teclas del teclado, apoyando el fácil acceso a las funcionalidades del mismo, la navegación por las distintas áreas de la aplicación debe ser independiente y sencilla de manejo (por ejemplo, flecha arriba-flecha abajo o tabulador-may+tabulador para avanzar y retroceder por los elementos), se deben utilizar teclas que no estén asociadas a ninguna función básica del sistema operativo.

Discusión: el número de teclas a utilizar debe ser el menor posible, y de fácil localización; por ejemplo las teclas de cursor, el bloque numérico, la barra espaciadora, Escape y Enter; no es conveniente el uso de combinación de teclas para la navegación.

Pase el ratón Acción

Problema: ¿Cómo mostrar al estudiante información adicional sin sobrecargar de contenido las lecciones del OA?

Fuerzas: mantener y reforzar la información ofrecida al estudiante, sin sobrecargar la página de contenido.

Solución: al estudiante deslizar el mouse o posicionarse sobre áreas específicas del OA ejecutar una acción que muestre información adicional o de refuerzo al contenido mostrado o ilustrado en las imágenes, videos, textos, entre otros.

Discusión: es vital ser cuidadoso de no sobrecargar las áreas con este tipo de

información de refuerzo para no confundir al estudiante.

Indicador de Posición

Problema: el estudiante en ocasiones puede sentirse desorientado si no está bien explicito el lugar donde se encuentra.

Fuerzas: mantener al tanto de la posición o ubicación del aprendiz es vital para que no existan confusiones.

Solución: mantener un estatus o migajas de pan para que el estudiante sepa sus avances y además tenga claro su posición en el OA.

Discusión: debe tratarse de una forma sencilla

4. Conclusiones

El empleo de los OA resulta beneficioso en el proceso de enseñanza y aprendizaje debido a sus características de reutilización y accesibilidad, lo cual permite su modificación y actualización a lo largo del tiempo, aunado a ello, fomentar la participación de los estudiantes dentro de su formación. Utilizando estas bondades de los OA para la educación, se colabora con una carencia mundial y se busca promocionar una mayor inclusión, en los sistemas educativos, así como en el desarrollo del país y de la sociedad, que cuentan con personas con capacidades visuales disminuidas.

Además, se apoya de forma directa el trabajo de los docentes ya que al seguir una serie de pasos pueden llegar a obtener recursos educativos que les serán vitales en su día a día y le permitirán interactuar con los aprendices y

el conocimiento, enriqueciendo el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Con base a lo anterior, en este trabajo se presentó un patrón tecnopedagógico para el desarrollo de OA de forma integral, en el cual se incluyeron aspectos de interacción humano computador, de accesibilidad y pedagógicos, propuestos por diferentes autores, lo que permite aprovechar las bondades de cada disciplina, debido a que los OA son un producto de software y educativo al mismo tiempo.

5. Referencias

- [1] OMS. "The International Classification of Impairments, Disabilities, and Handicaps-a manual relating to the consequences of disease". First Printing. Geneva: WHO. 1980.
- [2] OMS. "Ceguera y discapacidad visual". Recuperado el 02 de Febrero de 2011, de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/es/>. 2009.
- [3] INE. "Instituto Nacional de Estadística". <http://www.ine.gov.ve/demografica/censopoblacionvivienda.asp>.
- [4] Corrales, M. "Estudio para la Construcción de una Herramienta Generadora de Objetos de Aprendizaje para Personas con Discapacidad Visual". Seminario de Investigación. Universidad Central de Venezuela. 2011.
- [5] Osorio, B., Velásquez, Amador, C., y Muñoz, J. "Objetos de Aprendizaje para personas con discapacidad Visual. Actas de la V conferencia de la comunidad latinoamericana de objetos de aprendizaje (LACLO 2010)". Sao Paulo, Brasil. ISSN: 1982-1610. 2010.
- [6] Wiley, D. A. "Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy". In D. A. Wiley (Ed.), *The Instructional Use of Learning Objects: Online Version*. Disponible en: <http://reusability.org/read/chapterswiley.Doc>. 2000.
- [7] Polsani, P. R. "Use and Abuse of Reusable Learning Journal of Digital Information", Volume 3 Issue 4, Article No. 164. Disponible en: <http://jodi.ecs.soton.ac.uk/Articles/v03/i04/Polsani>. 2003.
- [8] Downes, S. "Learning Objects". Disponible en: <http://www.atl.ualberta.ca/downes/naweb/LearningObjects.doc>. 2000.
- [9] L'Allier, J. "Frame of Reference: NETg's Map to Its Products, Their Structures and Core Beliefs. 1997.
- [10] APROA. "Aprendiendo con Objetos de Aprendizaje. Manual de Buenas Prácticas para el Desarrollo de Objetos de Aprendizaje". Disponible en: <http://www.aproa.cl/>. 2005.
- [11] Grupo ACCEDO. "Pautas para el Diseño de Entornos Educativos Accesibles para personas con Discapacidad Visual". Recuperado el 15 de marzo de 2011, de <http://www.once.com>. 2005.
- [12] W3C. "Introducción a la Accesibilidad Web". Recuperado el 14 de abril de 2011, de <http://www.w3c.es/traduccion/es/wai/intro/accessibilitaty.2005>.
- [13] Grupo ACCEDO. "Accesibilidad en las Tecnologías Digitales para Alumnos con Discapacidad Visual Diseño de actividades de Aprendizaje". Recuperado el 15 de marzo de 2011, de <http://educacion.once.es/appdocumentos/educaprod/activ%20aprendizaje.pdf>. 2009.
- [14] Romero, M., y Bruzual, A. "Patrones de Accesibilidad Web para la construcción de interfaces de usuario: Un medio de inclusión para personas con discapacidades visuales". Trabajo Especial de Grado, Licenciatura en Computación. Universidad Central de Venezuela. 2010.
- [15] UNE 153020:2005: Audiodescripción para personas con discapacidad visual. Requisitos para la audiodescripción y elaboración de audioguías. Asociación Española de Normalización y Especificación (AENOR). 2005.
- [16] W3C. "The Web and Mobile Devices". Recuperado el 25 de mayo de 2011, de <http://www.w3.org/Mobile/>. 2011.
- [17] Eckstein, J. "Learning to Teach and Learning to Learn". Recuperado el 9 de abril de 2011, de <http://www.pedagogicalpatterns.org/examples/LearningAndTeaching.pdf>. 2000.

Evaluación de la usabilidad de una plataforma de estimulación cognitiva basada en televisión interactiva

Sonia García, Vanesa Lobato, Víctor Peláez
Departamento de I+D+i, CTIC Centro Tecnológico
{sonia.garcia, vanesa.lobato, victor.pelaez}@fundacionctic.org

Elena González
CRE-Alzheimer del IMSERSO
egonzalezi@imserso.es

Francisco Barrientos
Fundación CARTIF
frabar@cartif.es

Stephanie Carretero
Innovaciones Sociosanitarias
scarretero@sociosanitarias.com

Resumen

En la actualidad existen varias plataformas de estimulación cognitiva basadas en ordenadores o videoconsolas y dirigidas a pacientes con algún tipo de demencia de grado leve o moderado. Este trabajo propone una nueva plataforma de estimulación empleando un servicio de televisión interactiva como canal de interacción. El objetivo es facilitar el acceso a este tipo de terapias a un colectivo de usuarios (ancianos) con escasa o nula experiencia en el uso de tecnologías como ordenadores o similares. Además de presentar el diseño tecnológico del sistema, este trabajo recoge las conclusiones de viabilidad técnica y usabilidad derivadas del prototipo implementado y evaluado con pacientes reales. Los resultados arrojan conclusiones prometedoras en cuanto al uso de este tipo de sistemas en pacientes con un grado leve de deterioro, identificándose el factor de más relevancia en relación a la usabilidad general del sistema.

Abstract

There are a number of cognitive stimulation platforms based on Information and Communication Technologies (ICT) for patients in the early stages of dementia. These non-pharmacological approaches are usually based on computers or video games. This work proposes a new cognitive stimulation platform based on an interactive television service. The main objective is to facilitate access to this kind of service to users with little or no experience using computers or similar technologies. The technological design and feasibility of the system are presented, as well as the main usability conclusions obtained during the evaluation phase of the prototype with real patients. Results show promising conclusions about the use of these types of systems by patients suffering from mild levels of dementia.

1. Introducción

En los últimos años se ha potenciado el uso de terapias no farmacológicas y de estimulación cognitiva para el tratamiento de los diferentes tipos de demencia existentes. Dichas terapias consisten en realizar actividades que estimulen las funciones cognitivas del cerebro para intentar evitar, en la medida de lo posible, el avance en el grado de deterioro. Las actividades de este tipo pueden ser muy variadas: recordar aspectos de la infancia, utilizar objetos cotidianos, seguir una receta de cocina, etc. Se ha comprobado, además, que los juegos estimulan las capacidades cognitivas, y se han desarrollado actividades específicas para cada una de dichas capacidades (juegos de hacer parejas para la memoria, juegos de sinónimos para el lenguaje, etc).

Gracias a las facilidades existentes en dispositivos como ordenadores o videoconsolas para presentar juegos visualmente atractivos para el usuario, han aparecido durante los últimos años diversas plataformas de estimulación cognitiva. Sin embargo, las personas que sufren algún tipo de demencia suelen tener una edad avanzada y disponen de conocimientos básicos o nulos a la hora de manejar ordenadores u otras tecnologías similares. En un entorno controlado como pueden ser los centros de día, pueden ser capaces de utilizar este tipo de plataformas gracias a la ayuda proporcionada por los terapeutas o cuidadores. Sin embargo, en el entorno doméstico, la utilización de este tipo de herramientas resulta más compleja, dada la dificultad para contar con ayuda o simplemente por la carencia del equipamiento necesario.

Actualmente existen o se están desarrollando varias plataformas y estándares de televisión interactiva (MHP, HbbTV, OpenTV, Google TV, Yahoo widgets...), por lo que el número de servicios interactivos disponibles está aumentando rápidamente, además de llegar a un porcentaje cada vez mayor de hogares. El único requisito para utilizar una aplicación interactiva es disponer de una televisión o un decodificador digital. Se cree que los sectores de la población que tienen más dificultades en el uso de aplicaciones en el ordenador serán quienes se beneficien en mayor medida de los servicios interactivos. Al ser la televisión y el mando a distancia dispositivos con los que la gran mayoría de las personas están ya familiarizadas, debería ser natural ir un paso más allá a la hora de ver la televisión y adaptarse a estos nuevos servicios.

Este trabajo propone la definición de una novedosa plataforma de estimulación cognitiva que pueda ser utilizada mediante una aplicación de televisión interactiva. Se presenta su diseño técnico, las principales consideraciones de usabilidad tenidas en cuenta durante el diseño de la interfaz de usuario y una primera evaluación del sistema con pacientes reales.

Dicho sistema ha sido desarrollado en el marco del proyecto DeSICA (Definición de un Sistema Inteligente para la Estimulación Cognoscitiva de Enfermos de Alzheimer), financiado parcialmente por el Instituto de Mayores y Servicios Sociales (IMSERSO) dentro del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011, expediente 42/2008 0.

Tras este primer apartado de introducción se presenta en (2) un repaso a herramientas y sistemas empleados para la estimulación

cognitiva. En (3) se describen las tecnologías existentes en el campo de la televisión interactiva con el objetivo de introducir en (4) la propuesta de sistema de estimulación cognitiva basado en televisión interactiva. En (5) se describen las consideraciones de usabilidad tenidas en cuenta a la hora de diseñar la interfaz de usuario de los juegos desarrollados y descritos en (6). En (7) se presenta el proceso de evaluación con pacientes reales cuyos resultados son posteriormente discutidos en (8) para finalizar en (9) con las conclusiones y trabajos futuros.

2. Estimulación cognitiva y tecnologías de la información

Durante los últimos años se han realizado varios estudios que han demostrado la utilidad de las terapias de estimulación cognitiva para los pacientes con algún tipo de demencia, lo que a su vez ha propiciado la aparición de diversas plataformas y productos relacionados.

Orrell et al. 0 realizaron una serie de actividades de estimulación cognitiva durante siete semanas con un grupo de personas que sufría demencia. Dichas actividades eran muy variadas y consistían en realizar tareas sencillas: recordar diversos temas de la infancia, utilizar objetos cotidianos, reconocer personajes famosos, etc. Al finalizar dicho periodo se comprobó que existía un aumento significativo de la función cognitiva en dicho grupo de usuarios.

Por otra parte, existen estudios específicos para la Enfermedad de Alzheimer, entre los que

destaca el llevado a cabo por Wilson et al. 0, que pretendía estudiar el efecto de la estimulación cognitiva en el desarrollo de esta enfermedad. Para ello, se llevaron a cabo seguimientos, a lo largo de varios años, de 801 usuarios que al inicio del estudio no padecían ningún tipo de demencia. En este caso, al contrario que en 0, no se llevaron a cabo tareas concretas con el grupo de usuarios a estudiar, sino que se medía el grado de estimulación cognitiva a través de la frecuencia con la que realizaban diversas actividades de la vida diaria: leer libros, ver la televisión, escuchar la radio, jugar a las cartas, etc. Posteriormente se analizó qué porcentaje de estos usuarios había llegado a desarrollar la Enfermedad de Alzheimer y se demostró que la participación en actividades de este tipo reducía el riesgo de padecer este tipo de demencia.

Otro tipo de actividades de estimulación cognitiva son las basadas en juegos, ya que tienen la gran ventaja de proporcionar diversión y entretenimiento a los usuarios, por lo que éstos están más predispuestos a realizar estas actividades. Existen varios estudios acerca del uso de diferentes juegos para retrasar la aparición de los síntomas de demencia, como el de Facal et al. 0, donde se usa una pantalla multitáctil como canal de interacción.

La evolución del sector de las Tecnologías de la Información y la Comunicación ha propiciado la utilización de las mismas en el desarrollo de diversas plataformas de juego. Una de ellas es Smartbrain, utilizada por Tárrega et al. 0 para evaluar la estimulación cognitiva en pacientes que sufren Alzheimer. El estudio duró doce semanas, durante las que los pacientes realizaban una serie de actividades con esta plataforma. Los resultados obtenidos

confirmaron que la utilización de esta aplicación mejoraba sus funciones cognitivas.

La Fundación Intras ha desarrollado un programa de entrenamiento y rehabilitación cognitivo llamado Grador 0, en el que se utiliza una pantalla táctil como medio de interacción. Su facilidad de uso, así como sus amplias funcionalidades, han hecho que haya sido implantado actualmente en muchos centros que realizan este tipo de terapias.

Otra plataforma de actividades existente para la estimulación cognitiva es Feskits, desarrollada por la Fundación Espai Salut. Dispone, al igual que Grador, de un gran número de ejercicios que pueden ser configurados y con los que se interactúa a través del ratón o teclado de un ordenador.

Además de los sistemas previamente mencionados para ordenador, pueden realizarse juegos de estimulación cognitiva a través de algunas videoconsolas. Sin embargo, hasta donde los autores conocen, no se dispone de ninguna plataforma de este tipo utilizando una aplicación de televisión interactiva, lo que ha propiciado el diseño de la plataforma aquí presentada.

3. Televisión digital interactiva

La implantación de la televisión digital llevada a cabo durante los últimos años ha permitido el desarrollo de diferentes tecnologías para la ejecución de aplicaciones en la propia televisión, lo que se conoce como televisión interactiva. Este tipo de aplicaciones utilizan, por lo general, la

señal digital de televisión para ser transmitidas, del mismo modo que se envía la señal de vídeo, audio o subtítulos.

En España se ha implantado el estándar DVB-T para el nuevo modelo de televisión digital existente (TDT). En DVB-T se define a su vez el estándar MHP (Multimedia Home Platform) para el desarrollo de aplicaciones interactivas, basadas en el lenguaje de programación Java.

Para ejecutar este tipo de aplicaciones es necesario disponer de un decodificador de televisión digital que soporte MHP. Dicho decodificador puede estar integrado en la propia televisión o ser un dispositivo independiente; en cuyo caso se denomina STB (set-top box). Cabe resaltar que la mayoría de los decodificadores de TDT existentes en el mercado no implementan este estándar. Esto implica que una gran parte de la población desconozca que existen este tipo de servicios en televisión lo cual, a su vez, frena los posibles desarrollos con esta tecnología.

Sin embargo, la televisión interactiva está comenzando a cobrar importancia gracias al reciente nacimiento de la televisión híbrida. Este tipo de televisión permite el acceso a contenidos a través de una conexión a Internet, combinados a su vez con los contenidos emitidos a través de broadcast. El estándar más importante a nivel europeo de esta tecnología es HbbTV (Hybrid Broadcast Broadband TV), basado en diferentes elementos de estándares y tecnologías web existentes.

Además de HbbTV, existen varios modelos de interactividad no basados en estándares. Uno de los más extendidos es el modelo de "widgets" ofrecidos por Yahoo, siendo cada "widget" una aplicación interactiva. Algunos grandes

fabricantes de televisiones (como LG, Sony o Samsung) soportan esta tecnología en algunos de sus modelos. Otra plataforma de este tipo es GoogleTV, disponible desde el año 2010, que ofrece numerosos servicios interactivos a través de Internet.

La plataforma interactiva de estimulación cognitiva propuesta en este trabajo ha sido diseñada para su distribución a través de la red de Televisión Digital Terrestre existente en España, por lo que se ha implementado siguiendo el estándar MHP. Esto facilitaría la distribución y acceso a la aplicación por el mayor número de usuarios posibles en el ámbito español. Para acceder a la plataforma de juegos el usuario necesitará, por tanto, una televisión o STB con soporte para esta tecnología, y utilizará el mando a distancia para interactuar con la aplicación. En las siguientes secciones de este trabajo se presentan la arquitectura, diseño de interfaz y juegos incluidos en el sistema diseñado.

4. Arquitectura general del sistema

En la Imagen 9 se muestra la arquitectura general del sistema, formada por tres elementos principales: Aplicación interactiva de visualización de contenidos, Sistema de gestión de contenidos inteligente y Herramienta de supervisión.

La aplicación interactiva de visualización de contenidos constituye la interfaz del sistema con los pacientes que sufren deterioro. Esta

aplicación presentará a los usuarios los diferentes tipos de juegos y les permitirá jugar empleando el mando a distancia. Los juegos asignados a cada paciente son recibidos por la aplicación desde el sistema de gestión de contenidos inteligente, del mismo modo que los resultados de dichos juegos (número de aciertos o fallos, tiempo de respuesta, etc.) son enviados desde la aplicación a dicho sistema. Esta aplicación interactiva cuenta además con una sección de carácter divulgativo, principalmente enfocada a los cuidadores informales de los pacientes.

El sistema de gestión de contenidos inteligente será el repositorio de todos los juegos existentes en la plataforma; realizará además la gestión de los perfiles de los pacientes con el objetivo de asignar de manera autónoma a cada paciente los juegos más adecuados a su grado de deterioro y capacidades. De este modo, es importante resaltar que no todos los usuarios accederán al mismo tipo de ejercicios, sino que sólo interactuarán con los que los terapeutas encargados de su seguimiento consideren adecuados para ellos, teniendo en cuenta el grado de deterioro que sufran.

La comunicación entre la aplicación interactiva de visualización de contenidos y el sistema de gestión de contenidos se realiza mediante una conexión a internet segura, mientras que la transmisión de la propia aplicación interactiva se realiza mediante la señal de televisión digital.

Finalmente, la herramienta de supervisión permitirá a los terapeutas acceder al sistema de gestión de contenidos para dar de alta nuevos juegos o realizar el seguimiento de los pacientes. La información enviada durante el juego servirá para conocer si las funciones cognitivas del

usuario se están deteriorando. De este modo, los terapeutas encargados del seguimiento del paciente accederán a través de Internet a los datos correspondientes, pudiendo así evaluar el estado de los mismos.



Imagen 9: Arquitectura del sistema.

Este diseño de arquitectura general del sistema ha sido materializado en un prototipo que cubre una versión funcional de la aplicación interactiva de visualización de contenidos y del sistema de gestión de contenidos. Dicho prototipo ha permitido realizar una evaluación inicial de la arquitectura con pacientes reales como paso previo al desarrollo completo de la misma.

En los siguientes apartados se describen los aspectos más importantes en cuanto al diseño de la interfaz de usuario de la aplicación interactiva y los tipos de juegos de estimulación cognitiva soportados por el prototipo.

5. Diseño de la interfaz de usuario

Teniendo en cuenta las capacidades especiales de los usuarios finales de la aplicación interactiva de televisión, se ha prestado especial atención al diseño de la interfaz para que sea lo más usable posible.

En algunos estudios previos se ha constatado que las personas mayores deberían interactuar con las aplicaciones interactivas utilizando un mando a distancia más simple, que dispusiera de un menor número de teclas. Aunque los autores están de acuerdo en este aspecto, la evaluación de este trabajo se ha llevado a cabo con un mando a distancia estándar, con objeto de reproducir un entorno de prueba lo más realista posible. De este modo, los resultados obtenidos también serán más realistas y prácticos, puesto que en la mayoría de los hogares no se dispone de un mando a distancia especialmente diseñado para personas mayores.

Por otra parte, para conseguir la personalización de los juegos y la evaluación de los resultados por parte de los terapeutas, es necesario algún medio de identificación. El método más utilizado para la identificación (nombre de usuario y contraseña) se descartó debido a la dificultad añadida de recordar estos datos e introducir texto. En su lugar se utilizó el DNI electrónico, que está siendo distribuido actualmente en España, u otro tipo de tarjetas electrónicas de similares características. De este modo, el usuario sólo necesitaría una televisión o STB con un lector de tarjetas, donde quedaría identificado simplemente introduciendo su tarjeta.

5.1 ENFOQUES DE USABILIDAD EN TRABAJOS PREVIOS

Como paso previo a la fase de diseño de la aplicación se tuvieron en cuenta los estudios de usabilidad existentes en la materia. Entre ellos se eligieron los que han considerado el factor de la edad en los usuarios ya que, aunque ellos no sufrían ningún tipo de demencia, son los que tienen unas características más similares a las de los usuarios a los que va dirigido este trabajo.

Algunas guías de usabilidad, como la propuesta por Carmichael ⁰, ofrecen recomendaciones sobre diversas consideraciones de diseño especialmente enfocadas a personas ancianas. Algunas de las recomendaciones son muy específicas y sencillas de aplicar. Sin embargo, la elección del concepto de navegación (cómo el usuario accede a la información en las diferentes pantallas y cómo cambia de una pantalla a otra) no es cubierto de manera adecuada en dichas guías.

Habitualmente la navegación de la interfaz de una aplicación interactiva está basada en el movimiento: existe un elemento destacado (el elemento activo o que tiene el foco) con el que el usuario puede interactuar. El resto de componentes de la interfaz pueden ser accedidos empleando las teclas del mando a distancia y moviendo este elemento destacado. Esta estrategia de navegación se denomina navegación espacial dado que la posición relativa entre los diferentes elementos de la interfaz es fundamental en la interacción.

Tras revisar otros trabajos previos acerca de las alternativas existentes en los conceptos de navegación, algunos estudios de usabilidad en los

que se cita como colectivo objetivo el de las personas mayores ⁰ confirman que la navegación espacial es un mecanismo sencillo y fácil de emplear.

Rice y Alm ⁰ diseñaron y evaluaron una aplicación interactiva para personas ancianas. Durante la fase de diseño trabajaron con un grupo de usuarios que discutieron los aspectos deseables de la aplicación, sus posibles problemas con el mando a distancia, ideas de cómo presentar la información, etc. Finalmente los autores proponen cuatro diseños de interfaz de usuario alternativos empleando todos ellos el concepto de navegación espacial. En algunos de los diseños el usuario mueve el foco hasta el elemento deseado mientras que en otros la posición de dicho foco es fija y lo que se desplazan son los elementos de la interfaz (carrusel de elementos).

Tres tipos de diseños fueron propuestos por Mirlacher et al. ⁰ con el objetivo de encontrar las diferencias entre ellos desde el punto de vista de la usabilidad. Al igual que los resultados de Rice y Alm ⁰, todos los diseños propuestos estaban basados en el concepto de navegación espacial. El diseño que obtiene mejores resultados en las pruebas de usuario realizadas estaba basado en el concepto de “mirar aquí”, donde el foco tenía una posición fija en la pantalla.

Obirst et al. ⁰ llevaron a cabo una evaluación de usabilidad con un grupo de personas ancianas empleando un sistema de tracking de ojos. El estudio confirmó las diferencias existentes entre personas jóvenes y ancianas en cuanto a los tiempos necesarios para la realización de las tareas y en cuanto a las áreas de la pantalla a las que se presta más atención.

Aunque los trabajos mencionados evalúan la usabilidad de servicios interactivos que presentan información 0 o dan soporte a aplicaciones de videoconferencia 0 y este trabajo plantea una plataforma de juegos de estimulación cognitiva, dado que el colectivo de usuarios es similar y por tanto los requisitos de usabilidad tendrán muchos puntos en común, las conclusiones de dichos trabajos son a priori aplicables al diseño de la interfaz del sistema presentado.

5.2 PRINCIPIOS DE DISEÑO APLICADOS

La etapa de diseño de la interfaz de usuario de la plataforma de juegos tuvo en consideración las guías de usabilidad y los trabajos previos presentados en el apartado anterior, así como las opiniones de los profesionales sanitarios involucrados en el proyecto DeSICA. Teniendo en cuenta los usuarios potenciales del servicio interactivo, el principal requisito de diseño fue la simplicidad. En los siguientes párrafos se detallan algunas de las decisiones más importantes llevadas a cabo durante esta fase de diseño.

Texto: se usó un tamaño de fuente de 24 puntos además de un alto contraste entre los colores del fondo y el texto para mejorar la legibilidad. La mayor parte del texto es de color oscuro sobre fondo claro, mientras que en partes específicas de la aplicación el texto es de color claro sobre fondo oscuro.

Colores: la paleta de colores empleada es muy sencilla y cuenta tan sólo con tres colores. El fondo de las pantallas es de color gris muy pálido

mientras que los elementos principales son de color granate. Estos dos colores son empleados para definir las principales áreas de cada pantalla, mientras que los elementos activos o con foco son de tono naranja.

Diseño de las pantallas: cada pantalla se encuentra dividida en tres zonas horizontales. La parte superior se emplea para mostrar a los usuarios instrucciones y otra información importante, mientras que la parte inferior muestra a los usuarios qué teclas del mando a distancia deben emplearse para interactuar con la aplicación. La parte central de cada pantalla contiene los contenidos en sí mismos, en este caso los juegos de estimulación cognitiva. Este diseño se ha mantenido lo más simple posible con el objetivo de evitar distracciones a los usuarios y proporcionar sentido de continuidad y consistencia entre todas las pantallas de la aplicación.

Mensajes de texto: la información se muestra al usuario de manera concisa para minimizar las distracciones. Cada pantalla contiene unas breves instrucciones textuales en la parte superior que el usuario puede consultar en caso de duda.

Mensajes de audio: la aplicación reproduce de manera automática mensajes de audio complementarios a las instrucciones textuales con el fin de ayudar a los usuarios cuando éstos no sepan cómo interactuar con la aplicación.

Navegación: para interactuar con la aplicación se emplea una combinación de navegación espacial y navegación basada en las cuatro teclas de colores del mando a distancia. La navegación basada en colores se emplea para cambiar de una pantalla a otra (pantalla de juegos, de ejemplos o menú principal) mientras que la

navegación espacial permite al usuario moverse entre los diferentes elementos de cada pantalla (escoger un juego concreto o marcar una respuesta a un juego). En toda pantalla y en todo momento existe un elemento con el foco que es fácilmente identificable por su color llamativo (un tono naranja con un alto contraste respecto al resto de elementos). Empleando las teclas de movimiento del mando a distancia (arriba, abajo, derecha e izquierda) el usuario puede cambiar el elemento activo (moverlo de un elemento a otro). Finalmente empleando la tecla OK el usuario puede ejecutar la acción asociada al elemento que tiene el foco.

Teclas del mando a distancia: para interactuar con la aplicación el usuario necesita emplear un conjunto reducido de teclas: arriba/abajo, derecha/izquierda, OK y las cuatro teclas de colores (rojo, verde, amarillo y azul). Debe tenerse en cuenta que estas teclas se encuentran generalmente agrupadas en los mandos a distancia en dos bloques, uno para las teclas de desplazamiento y otro para las teclas de colores. Todas estas teclas están presentes en los mandos a distancia de los receptores de televisión digital que soporten algún mecanismo de interactividad.

6. Juegos de estimulación cognitiva soportados

Una vez fijados los principios y características de la interfaz de usuario en la sección anterior, este apartado recoge cómo dichos principios se han aplicado al diseño de la interfaz de usuario de dos tipos de juegos dentro de la plataforma. Los dos tipos de juegos implementados en el prototipo están destinados a la estimulación de las capacidades de lenguaje y de memoria respectivamente. No obstante ha de tenerse en cuenta que el diseño de la plataforma permite la incorporación de cualquier número de juegos a posteriori.

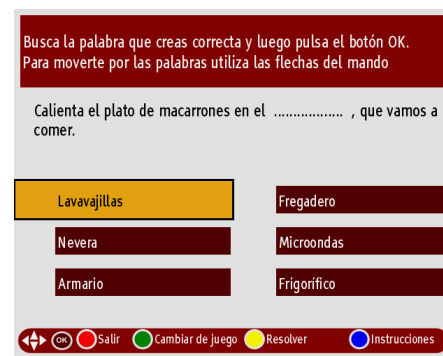


Imagen 10: Juego de lenguaje.

La Imagen 10 muestra un juego de lenguaje, en el que el objetivo es completar una frase, utilizando para ello la palabra correcta de entre las opciones que se muestran debajo. Con las teclas de arriba/abajo y derecha/izquierda del mando a distancia, los usuarios podrán mover el elemento resaltado hasta que alcance la posición deseada. Al pulsar el botón de OK se confirma que la opción resaltada es la que da respuesta al juego. A continuación, el sistema informa al usuario

sobre la correcta (o no) resolución del juego, simultáneamente a través de texto y audio. En caso de que el usuario fallase, el sistema le permitiría seguir jugando hasta alcanzar el número máximo de intentos configurado.



Imagen 11: Juego de memoria.

La interfaz del juego de memoria puede verse en la Imagen 11. El objetivo de este juego es que el usuario identifique, entre un conjunto de imágenes dadas, aquéllas que el sistema le había mostrado previamente. El modo de navegar por las posibles imágenes es el mismo que se explicó en el juego de lenguaje: cuando los usuarios deseen seleccionar una imagen, sólo tienen que remarcarla y pulsar OK para que el sistema les indique si han acertado.

Tanto el juego de lenguaje como el de memoria disponen de dos niveles de dificultad, pero la plataforma ha sido diseñada para albergar cualquier número de niveles. Las diferencias entre los dos niveles definidos se basan en el número de palabras entre las que elegir y la dificultad de la frase, en el caso del juego de lenguaje; y en el número de imágenes a recordar, el número y características de las imágenes presentadas para elegir, en el caso del juego de memoria.

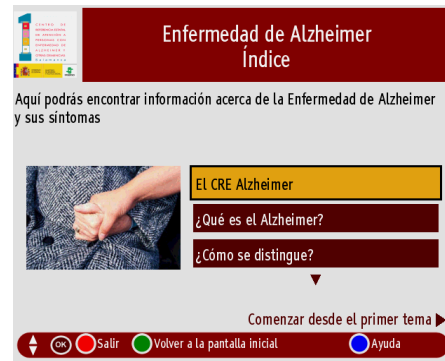


Imagen 12: Temas de información al cuidador.

Además de los juegos, existe otra parte de la aplicación destinada a los familiares y/o cuidadores informales del paciente. El objetivo de este apartado es el de proporcionar diversa información útil para el cuidado del paciente. Como puede verse en la Imagen 12, dicha información está agrupada por temas, por los que el usuario podrá navegar utilizando las teclas de desplazamiento vertical del mando a distancia. Cuando se pulse el botón OK se accederá a la información concreta del tema seleccionado, que combinará textos e imágenes (ejemplos en Imagen 13).

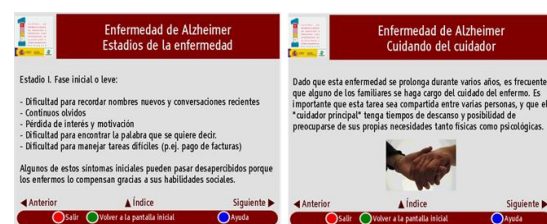


Imagen 13: Información al cuidador.

7. Evaluación

Una vez implementado el prototipo de la plataforma de estimulación cognitiva se llevó a cabo una evaluación de la usabilidad utilizando técnicas de observación 0 y cuestionarios tanto para los usuarios pacientes como para los profesionales sanitarios o terapeutas a su cargo. El objetivo inicial de esta evaluación era comprobar si el sistema resultaba fácil de usar por parte de los usuarios, así como recoger las impresiones generales de los terapeutas acerca de la viabilidad del sistema para la estimulación cognitiva de los pacientes.

Cabe resaltar, además, que aunque la implementación del sistema se haya llevado a cabo utilizando MHP, las conclusiones y resultados obtenidos acerca de la interfaz de usuario pueden ser aplicados para cualquier otro tipo de tecnología de interactividad.

7.1. DESCRIPCIÓN DE LOS PARTICIPANTES Y DEL ENTORNO DE EVALUACIÓN

Para llevar a cabo la evaluación del servicio interactivo, diez personas con algún tipo de demencia fueron seleccionadas entre los pacientes del Centro de Referencia Estatal de Alzheimer y otras demencias del IMSERSO en Salamanca (CRE-Alzheimer). Cinco de estas diez personas sufrían deterioro cognitivo de grado leve, mientras que el nivel de deterioro de las otras cinco personas podía considerarse moderado. La edad de los participantes en el

estudio variaba entre los 74 y los 89 años, con una media de 82 años.

Aunque en general los pacientes seleccionados no tenían experiencia previa en el uso de ordenadores, como parte de su actividad dentro del CRE-Alzheimer sí que estaban acostumbrados a realizar actividades de estimulación en otros soportes electrónicos, como pantallas táctiles o la videoconsola Nintendo Wii.

Las pruebas con los pacientes seleccionados fueron llevadas a cabo en el CRE-Alzheimer, utilizando una cámara Gesell compuesta por dos habitaciones contiguas, con un espejo de una sola dirección entre ellas. La sala en la que estaban los usuarios estaba equipada con una televisión de 42" y un receptor de televisión digital terrestre compatible con MHP 1.1.2. Los pacientes permanecieron sentados en una silla a una distancia de dos metros de la pantalla y un terapeuta del CRE-Alzheimer los acompañó durante todo el proceso para asistirlos en aquellas dudas que pudiesen tener durante el uso de la aplicación interactiva. El terapeuta que asistió a los experimentos no era siempre el mismo, sino que en el experimento realizado participaron en total cuatro terapeutas. La observación de los usuarios fue realizada por el propio terapeuta que acompañaba a los pacientes y por un grupo de investigadores ubicados en la habitación contigua (Imagen 14).



Imagen 14: Entorno de evaluación.

7.2. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN

Cada uno de los pacientes que participaron en la evaluación del sistema empleó la plataforma de juegos durante 30 minutos aproximadamente. Durante este tiempo los usuarios jugaron dos o tres veces a cada tipo de juego implementado. Dado que los usuarios estaban acostumbrados a jugar al mismo tipo de juegos pero en otros soportes, los terapeutas les explicaban el uso básico del mando a distancia y de la aplicación interactiva al comienzo de cada sesión. Esta explicación incluía las principales características del concepto de navegación espacial.

Durante las pruebas, la aplicación interactiva recogía de manera autónoma diversos indicadores relativos a la interacción de los usuarios, como por ejemplo el tiempo necesario para completar cada juego, las teclas presionadas del mando a distancia o el número de intentos en cada juego. Al mismo tiempo, los investigadores situados en la habitación contigua registraron otros aspectos relevantes de la interacción de los usuarios.

Tras cada prueba con un paciente, dicho paciente era entrevistado siguiendo un cuestionario de evaluación para recoger sus principales impresiones. El cuestionario incluía preguntas relativas a los tipos de juegos realizados, a la interfaz de usuario, etc.

Tras finalizar la evaluación del sistema con todos los pacientes, se llevaron a cabo varias entrevistas individuales con cada uno de los terapeutas que habían estado presentes durante las pruebas. Se les preguntaba acerca de sus impresiones generales respecto al sistema, diferencias que habían observado entre niveles de deterioro leve y moderado, etc.

7.3. RESULTADOS

La Tabla 1 muestra los tiempos de juego medios recogidos para cada usuario y cada tipo de juego, indicando además el nivel de deterioro cognitivo asociado a cada usuario (leve o moderado). Los datos indican que los usuarios necesitaron, por lo general, más tiempo en los juegos de memoria que en los juegos de lenguaje. Dado que los pacientes de demencia sufren por lo general más deterioro en las facultades relacionadas con la memoria que con el lenguaje, estas diferencias no pueden ser atribuidas a problemas de usabilidad de la aplicación interactiva. Además, los usuarios necesitaban seleccionar más opciones y, por tanto, interactuar más veces en el caso de los juegos de memoria que en el de lenguaje.

Tabla 1. Tiempos de juego de cada usuario.

Usuario (Leve / Moderado)	Juego de lenguaje		Juego de memoria	
	Nº juegos jugados	Tiempo medio juego (σ) (minutos)	Nº juegos jugados	Tiempo medio juego (σ) (minutos)
1 (L)	4	1.06 (0.45)	3	1.92 (0.54)
2 (M)	3	1.51 (0.75)	2	4.53 (0.84)
3 (M)	6	1.21 (0.31)	3	2.20 (0.25)
4 (M)	4	1.51 (0.82)	3	3.54 (0.52)
5 (L)	3	1.90 (0.48)	4	3.57 (0.81)
6 (M)	4	1.19 (0.25)	3	2.39 (0.23)
7 (L)	4	2.24 (0.83)	2	3.24 (0.09)
8 (L)	4	1.05 (0.75)	3	2.93 (0.20)
9 (L)	3	1.49 (0.81)	3	2.08 (0.37)
10 (M)	3	0.63 (0.36)	3	1.58 (0.76)

El 80% de los pacientes evaluados empleaban el mando a distancia usando las dos manos, de entre los cuales el 30% sostenían el mando a distancia con las dos manos y el resto lo sostenían con una sola mano pero presionaban las teclas con los dedos de la otra. Además, todos los pacientes miraban al mando a distancia antes de presionar una tecla, incluso aunque esa misma tecla hubiese sido empleada pocos segundos antes.

Sólo uno de los participantes en el estudio tuvo algún problema con la tarjeta de identificación electrónica, dado que no quedó completamente insertada en el lector de tarjetas integrado en el receptor de televisión digital. El resto de pacientes fueron capaces de introducir y sacar la tarjeta electrónica de manera autónoma y sin ningún tipo de problema.

Durante las sesiones de evaluación los pacientes necesitaron la ayuda de los terapeutas de manera frecuente debido a que tenían problemas para entender el concepto de navegación espacial. Aunque ninguno de los pacientes indicó tener dificultades visualizando el texto o con el contraste de colores, las observaciones directas realizadas por los investigadores revelan que los usuarios tenían problemas para entender cuál era el elemento con foco. El concepto de tener que mover el foco de un elemento de la interfaz a otro empleando las teclas de desplazamiento resultó ser un concepto difícil de entender para los usuarios evaluados. Las observaciones también mostraron que el cambio entre la navegación basada en colores y la navegación espacial resultaba confuso para algunos usuarios.

Por otro lado, debido a las características del mando a distancia, los botones resultaban

pequeños y difíciles de presionar. Algunos usuarios tendían a presionar cada tecla demasiado tiempo, lo que provocaba la ejecución consecutiva y casi inmediata de varias acciones no deseadas.

En relación a los comentarios realizados por los terapeutas y profesionales del CRE-Alzheimer destacar que todos ellos valoraron positivamente la plataforma de juegos y coincidieron en que podría ser utilizada para la estimulación cognitiva, si bien puntualizaron que su uso lo recomendarían para pacientes con un grado leve de deterioro.

8. Discusión

Los resultados de la evaluación han mostrado que algunas de las consideraciones de diseño empleadas en el diseño de la plataforma de juegos son adecuadas para personas ancianas. La utilización de mensajes de audio con instrucciones de apoyo, tamaños de letra grandes y contrastes de color altos tuvieron buena aceptación por parte de los usuarios. Estos resultados confirman la utilidad y validez de muchos de los principios presentados en las guías de usabilidad seguidas.

Por otro lado, aunque las guías de usabilidad recomiendan el uso de las teclas de colores 0, mezclar la navegación basada en las cuatro teclas de colores y la navegación espacial parecer ser confusa para los usuarios analizados. Además, la forma en la que las personas evaluadas sostienen y emplean el mando a distancia ralentiza la interacción con la aplicación, aún cuando se emplean grupos de teclas contiguas para tratar

de agilizar dicha interacción. Estos resultados contradicen las conclusiones de otros trabajos 000, los cuales recomiendan el uso de las teclas de navegación por su simplicidad para los usuarios. El principal problema encontrado es que, aunque usuarios con poca experiencia en el uso de ordenadores pueden entender la metáfora de la interfaz, las personas ancianas evaluadas carecían de dicha experiencia previa y no comprendieron el concepto de navegación espacial.

Finalmente, aunque diversos trabajos de investigación han estudiado el diseño de mandos a distancia especialmente adaptados con el objetivo de mejorar la usabilidad y ergonomía 0, pocos trabajos han considerado la forma en la que los usuarios sujetan dichos mandos o presionan las teclas. Tal y como arrojan los resultados de la evaluación de este trabajo, dichas consideraciones tienen un gran impacto sobre el diseño de interfaces usables. Si los usuarios tienden a mirar el mando a distancia antes de cada pulsación, entonces el uso de teclas próximas entre sí puede que no sea un factor muy relevante en términos de usabilidad. A la vista de los resultados obtenidos con los usuarios evaluados, se diría que el tamaño y facilidad de pulsación de las teclas son factores más relevantes que su distribución en el mando a distancia.

Las dificultades encontradas por los usuarios evaluados en relación a la navegabilidad son el principal motivo de que los terapeutas aconsejen el uso de esta plataforma sólo para pacientes con un deterioro cognitivo leve. Esto es debido a que, si bien todos los pacientes presentaban problemas con la navegación espacial, los profesionales creen que los pacientes con grado

leve serían capaces de aprender este concepto si usasen habitualmente la plataforma de juegos.

9. Conclusiones y trabajos futuros

Este trabajo ha presentado una nueva plataforma de estimulación cognitiva para pacientes con algún tipo de deterioro cognitivo (Alzheimer y otras demencias). El diseño de la arquitectura general del sistema y el prototipo implementado han demostrado la viabilidad técnica de dicha plataforma.

En cuanto a la usabilidad del sistema, se prestó especial atención a la fase de diseño, utilizando como referencia guías generales, estudios específicos para personas mayores y la opinión de los profesionales del CRE-Alzheimer. La evaluación con usuarios reales ha demostrado que, aunque los principios de usabilidad que se aplican en el diseño de las interfaces de usuario tienen utilidad para un gran número de dominios de aplicación y grupos de usuarios, algunas recomendaciones específicas son cuestionables cuando están destinadas a grupos de usuarios con características especiales, como pueden ser los usuarios con deterioro cognitivo. El principal problema encontrado está relacionado con el uso de una interfaz basada en el concepto de navegación espacial.

Teniendo en cuenta las conclusiones de la evaluación con usuarios, el grupo de terapeutas que asistió a la evaluación valora positivamente el uso de la televisión como plataforma de estimulación cognitiva, indicando que su uso

habitual en pacientes con deterioro cognitivo leve sería recomendable. En cualquier caso, apuntaron a lo idóneo que sería idear algún mecanismo de navegación aún más sencillo.

Tomando como referencia los resultados obtenidos, el trabajo futuro se centrará en el diseño de una nueva interfaz basada en un concepto de navegación más adaptado a las capacidades de los usuarios finales y que tenga en cuenta las conclusiones obtenidas durante este estudio. La nueva interfaz permitirá evaluar la usabilidad del sistema en comparación con la interfaz presentada en este trabajo y también en comparación con otras plataformas de estimulación basadas en pantallas táctiles u ordenadores.

10. Agradecimientos

Al Instituto de Mayores y Servicios Sociales (IMSERSO), que ha financiado parcialmente el proyecto DeSICA dentro del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011, exp. 42/2008.

A los profesionales del CRE-Alzheimer del IMSERSO en Salamanca, que desde el inicio del proyecto participaron en el diseño del sistema, así como en fases posteriores de validación con usuarios reales.

11. Referencias

DeSICA.

http://www.crealzheimer.es/crealzheimer_01/investigacion/es/l_D_i/idi_2009/index.htm (accedido el 08.abril.2011).

M. Orrell, A. Spector, L. Thorgripsen y B. Woods, "A pilot study examining the effectiveness of maintenance Cognitive Stimulation Therapy (MCST) for people with dementia", *International journal of geriatric psychiatry*. Wiley Online Library. Vol 20. No. 5, 2005, pp. 446-451

R. S. Wilson, C. F. Mendes de Leon, L. L. Barnes, J. A. Scheider, J. L. Bienias, D. A. Evans y D. A. Bennett, "Participation in Cognitively Stimulating Activities and Risk of Incident Alzheimer Disease", *The Journal of The American Medical Association*, Vol. 287, No. 6, 2002, pp. 742 - 748

D. Facal, M.F. González, V. Martínez, C. Buiza, F. Talantzis, T. Petsatodis, J. Soldatos, E. Urdaneta, J.J. Yanguas, "Juegos cognitivos para personas mayores sin deterioro sobre una multitouch screen", *Libro de ACTAS III Congreso Internacional sobre Domótica, Robótica y Teleasistencia para Todos DRT4all*, 2009, pp. 83-90

L. Tárraga, M. Boada, G. Modinos, A. Espinosa, S. Diego, A. Morera, M. Guitart, J. Balcells, O.L. López, J.T. Becker, "A randomised pilot study to assess the efficacy of an interactive, multimedia tool of cognitive stimulation in

Alzheimer's disease", *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, Vol. 77, No. 10, 2006, pp. 1116-1121

M.A. Franco y Y. Bueno, "Entrenamiento cerebral en ancianos con y sin demencias: aplicación de nuevas tecnologías (Programa Grador)"

A. Carmichael, "Style guide for the design of interactive television services for elderly viewers", 1999

R. Bernhaupt, M. Obrist, y M. Tscheligi, "Usability and usage of iTV services: lessons learned in an Austrian field trial", *ACM Comput. Entertain.* Vol. 5. No. 2, Article 6, 2007.

M. Rice y N. Alm, "Designing new interfaces for digital interactive television usable by older adults", *ACM Comput. Entertain.* 6, 1, Article 6, 2008,

T. Mirlacher, M. Pirker, R. Bernhaupt, T. Fischer, D. Schwaiger, D. Wilfinger y M. Tscheligi, "Interactive Simplicity for iTV: Minimizing Keys for Navigating Content", *Proceedings of the 8th international interactive conference on Interactive TV&Video, EuroITV*, 2010, pp. 137-140

M. Obrist, R. Bernhaupt, E. Beck, y M. Tscheligi, "Focusing on Elderly: an iTV Usability Evaluation Study with Eye-Tracking", *Proceedings of Interactive TV: a shared experience: 5th European conference, EuroITV*, 2007, pp. 66-75

L. Pemberton, y R.N. Griffiths, "Usability evaluation techniques for interactive television", *Proceedings of HCI International*, 2003, pp. 882-886

V. Hansen, "Interactive Television Design (BBC)", 2005

Usability evaluation of a cognitive stimulation platform based on interactive television

Sonia García, Vanesa Lobato, Víctor Peláez
Departamento de I+D+I, CTIC Centro Tecnológico
{sonia.garcia, vanesa.lobato, victor.pelaez}@fundacionctic.org

Elena González
CRE-Alzheimer of IMSERSO
egonzalezi@imserso.es

Francisco Barrientos
Fundación CARTIF
frabar@cartif.es

Stephanie Carretero
Innovaciones Sociosanitarias
scarretero@sociosanitarias.com

Abstract

There are a number of cognitive stimulation platforms based on Information and Communication Technologies (ICT) for patients in the early stages of dementia. These non-pharmacological approaches are usually based on computers or video games. This work proposes a new cognitive stimulation platform based on an interactive television service. The main objective is to facilitate access to this kind of service to users with little or no experience using computers or similar technologies. The technological design and feasibility of the system are presented, as well as the main usability conclusions obtained during the evaluation phase of the prototype with real patients. Results show promising conclusions about the use of these types of systems by patients suffering from mild levels of dementia.

Resumen

En la actualidad existen varias plataformas de estimulación cognitiva basadas en ordenadores o videoconsolas y dirigidas a pacientes con algún tipo de demencia de grado leve o moderado. Este trabajo propone una nueva plataforma de estimulación empleando un servicio de televisión interactiva como canal de interacción. El objetivo es facilitar el acceso a este tipo de terapias a un colectivo de usuarios (ancianos) con escasa o nula experiencia en el uso de tecnologías como ordenadores o similares. Además de presentar el diseño tecnológico del sistema, este trabajo recoge las conclusiones de viabilidad técnica y usabilidad derivadas del prototipo implementado y evaluado con pacientes reales. Los resultados arrojan conclusiones prometedoras en cuanto al uso de este tipo de sistemas en pacientes con un grado leve de deterioro, identificándose el factor de más relevancia en relación a la usabilidad general del sistema.

1. Introduction

In recent years much work has been devoted to the use of non-pharmacological and cognitive stimulation therapies for the treatment of dementia. These therapies involve activities that stimulate the cognitive functions of the brain avoiding further deterioration where possible. These kinds of activities can be quite diverse: remembering aspects of childhood, following a recipe, etc. It has also been proven that games stimulate cognitive abilities. Therefore, specific activities for each of these abilities have been developed (matching games for memory, synonym games for language, etc).

As computers and game consoles allow the creation of visually appealing games, several cognitive stimulation platforms have been created using these devices. However, people with some kind of dementia are often older people who have little or no knowledge of computers or similar technologies. Although they may be able to use these platforms in a controlled environment (e.g. a day care center) with the help provided by practitioners or caregivers, the use of such tools is more complex in the home where they may lack human support and equipment.

Nowadays several platforms and interactive TV (iTV) standards are being developed. These include MHP, HbbTV, OpenTV, TV Google, Yahoo widgets, etc. As a consequence, the number of available interactive services is increasing quickly and reaching an increasing number of households. As nothing more than a TV or a digital decoder is needed to use interactive applications, it is widely assumed that the elderly, who are more familiar with TV sets and remote control units than with

computer-based applications, will profit from iTV services. Theoretically, it should be natural to them to go one step further in their TV-viewing experience and embrace iTV.

This paper proposes the definition of a novel cognitive stimulation platform based on an iTV application. Its technical design, the main usability considerations that have been taken into account during the user interface design, and a first evaluation of the system with real patients are presented. This system has been developed within the framework of the R&D project DeSICA (Definition of an intelligent system for cognitive stimulation of Alzheimer's patients), partly funded by the Institute for the Elderly and Social Services (IMSERSO) within the National Plan for Scientific Research, Development and Technological Innovation 2008-2011, exp. 42/2008 0.

A review of the tools and systems used for cognitive stimulation is presented in (2). Existing technologies regarding interactive television are described in (3), and in (4) the proposed cognitive stimulation system based on interactive television is presented. Section (5) describes the usability considerations taken into account when designing the user interface of the developed games which are described in (6). The evaluation process with real patients suffering from some kind of dementia is presented in (7), results are discussed in (8) and final conclusions and future work are summarized in (9).

2. Cognitive stimulation and information technologies

In recent years, several studies have proven the utility of cognitive stimulation therapies for patients suffering from some kind of dementia. This has favoured the development of various platforms and related products.

Orrell et al. 0 conducted a set of cognitive stimulation activities for seven weeks with a group of people suffering from dementia. These activities were varied and consisted of simple tasks: bringing back childhood memories, using everyday objects, recognizing celebrities, etc. At the end of the test period a significant increase in the cognitive function in this group of users was noted.

There are also specific studies into Alzheimer's disease, such as the study carried out by Wilson et al. 0. 801 users were monitored for several years. In the initial phase of the study, the users did not suffer from any type of dementia. In this case, unlike in 0, specific tasks were not carried out with the group of users to study, but the degree of cognitive stimulation was measured through the frequency of performing routine activities: reading books, watching TV, listening to the radio, playing cards, etc. Subsequently the percentage of the users that had developed Alzheimer's disease was analyzed. This experiment proved that the participation in determined activities reduces the risk of suffering from this kind of dementia.

Some cognitive stimulation activities are based on games, using fun and entertainment to engage users. There are several studies into the

use of games to slow the onset of dementia symptoms, such as the Facal et al. study 0 where a multi-touch screen is used as an interaction channel.

Advances in the ICT sector have promoted the use of these kinds of technologies in the development of several gaming platforms. Smartbrain was used by Tárrega et al. 0 to evaluate cognitive stimulation in patients with Alzheimer. The study lasted twelve weeks, during which the patients performed a set of activities on the platform. Results confirmed that using the application improved the cognitive functions of the users.

Intras Foundation has developed a software application called Grador 0 for the training and rehabilitation of cognitive functions, using a touch screen as its user-interface device. This software is currently being used in many centres which offer this type of therapy, due to its ease of use as well as its wide range of features.

Another existing platform for cognitive stimulation, called Feskits, was developed by the Espai Salut Foundation. Like Grador, it has a large number of exercises that can be configured. Patients interact via the computer mouse or the keyboard.

In addition to the aforementioned computer systems, cognitive stimulation games can be played with consoles. However, to the best of the authors' knowledge, the platform presented in this paper is the first that uses an iTV application.

3. Interactive Digital TV

The introduction of digital television technology has enabled the execution of several services and applications in the television set. These kinds of applications are generally broadcast via the digital TV signal in the same way as video, audio and subtitle signals are sent.

Spain has established the DVB-T standard for the new model of digital television (DTT). The standard MHP (Multimedia Home Platform) is defined in DVB-T for the development of interactive applications, based on the Java programming language.

An MHP-capable digital television decoder is needed in order to run this kind of application. This decoder can be integrated into the television set or it can be a separate device called the STB (set-top box). Nevertheless, most of the digital TV decoders on the market do not implement the MHP standard, which means that a large proportion of the population is unaware of digital TV interactive services. This also slows the development of these kinds of services.

However, interactive television is becoming more important with the recent development of hybrid-TV technologies. This type of television combines the access to broadcast and broadband content using an Internet connection. In Europe, the most important standard of this technology is HbbTV (Hybrid Broadband Broadcast TV), which is based on a number of elements of existing web technologies and standards.

Apart from HbbTV, there are several models of interactivity not based on standards. One of the

most widely used is the "widget" model offered by Yahoo Each "widget" is an interactive application. Some major TV manufacturers (such as LG, Sony or Samsung) support this technology in some of their models. Another platform of this type, available since 2010, is GoogleTV, which offers many interactive services over the Internet.

The interactive platform for cognitive stimulation proposed in this paper is designed to be broadcast over the existing digital terrestrial television network in Spain. Therefore, the implementation was done using the MHP standard in order to achieve the largest number of potential users in Spain. Thus, a TV or STB that support this technology is required in order to access the gaming platform, and users need the remote control as a means of interaction with the application. In the following sections of this paper the architecture, interface design and the games included are presented.

4. Overall system architecture

Figure 1 shows the overall system architecture, which is based on three main elements: the interactive application for content visualization, the intelligent content management system and the supervision tool.

The interactive application for content visualization is the part of the system implementing the patient's interface. This application displays different types of games, allowing users to play using the remote control

unit. The games assigned to each patient are provided by the intelligent content management subsystem. Game results, such as the number of successes or failures, response times, etc., are sent from the application to the intelligent system. The interactive application also has an informative section, mainly addressed to patients' informal caregivers.

The intelligent content management system is the repository of all the existing games on the platform. In addition, it manages the patient profiles in order to give each patient the most suitable games according to their type and level of dementia. Thus, it is important to note that not all users access the same type of exercise. Rather, they interact only with the exercises that their practitioners consider suitable for them.

Communication between the interactive application for content visualization and the content management system is done via a secure Internet connection, whereas the interactive application is broadcast via the digital television signal.

Finally, the supervision tool allows therapists to access the content management system to create new games and supervise the status of patients. The information submitted during the game helps to determine whether the user's cognitive abilities are deteriorating. Thus, the practitioners in charge of the patients' follow-up are able to monitor the evolution of their cognitive disease by analyzing the previously collected data via Internet.

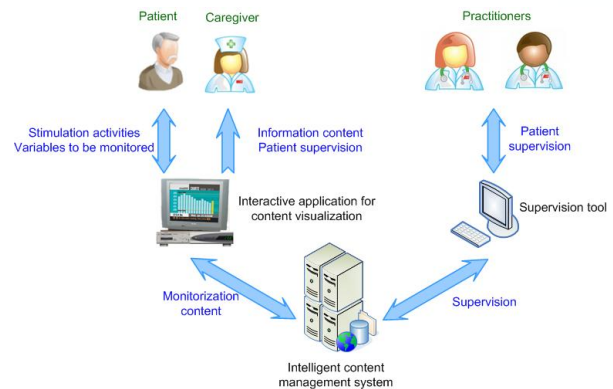


Figure 15: Overall system architecture.

A prototype with the main parts of the interactive application for content visualization and the content management system has been developed. Using this prototype, an initial evaluation of the system architecture has been carried out with real patients. A more complete development of the system architecture will be done once the prototype has been tested.

The following sections describe the most important aspects of the user-interface design and the types of cognitive stimulation games supported by the prototype.

5. User interface design

Taking into account the special needs of the final users of the iTV application, a lot of attention was paid to the user interface design in order to make it as usable as possible.

Some previous studies have stated that older people should interact with interactive applications using a simpler remote control with fewer keys. Although we agree that this might be the most effective approach, the evaluation in this project was carried out with a standard remote control. We believe that this gives more realistic and practical results, as most households are not equipped with a remote control specially designed for older people.

Some method of identification is needed for game personalization and result evaluation by practitioners. The usual method of identification (login and password) was discarded due to the difficulty of remembering data and entering text. The electronic identification smart cards currently being distributed in Spain were used. In this way, the user only needs a TV or an STB with a smart card reader to be identified by simply introducing his or her card.

5.1 USABILITY APPROACHES IN PREVIOUS STUDIES

Some existing usability studies of iTV applications were researched before starting the application design phase. Authors focused on studies that consider users' age as a usability factor. Although users in these studies did not suffer from any type of dementia, they were of similar ages and had similar skills to the users targeted in this work.

Some usability guidelines, such as those proposed by Carmichael ⁰, offer recommendations about many design parameters, focusing on the special needs of elderly people. Some of these proposals are very specific and easily followed, but the concept of navigation (how the user accesses the information on a screen and the movement from one screen to another) is not so easy to define.

Generally the navigation of an interactive application is based on movement: there is one highlighted element (the active or focused element) with which the user can interact. The rest of the components can be accessed by

moving the highlighted element using the remote control keys. This can be called spatial navigation, because the relative position of each element is essential for user interaction.

After reviewing the state of the art for alternatives concerning the navigation concept, studies on iTV usability for adult people ⁰ have confirmed that spatial navigation is very simple and easy to use.

Rice and Alm ⁰ have designed and tested an interactive application for older people. During the design phase they worked with a group of elderly people who discussed what they wanted from the application, possible problems using the remote control, ideas about how to access the information, etc. Finally, four kinds of designs were developed: the purpose of each of them was the same, but they differed in how the information was placed on the screen. In addition, all of them were designed using the spatial navigation concept: in some of them the user moves the focus position to the desired element, whereas in others the focus position is fixed and the screen elements can be moved towards it.

Three kinds of layouts were designed by Mirlacher et al. ⁰ and a usability test was carried out to find the differences between them. Like the results of Rice and Alm ⁰, all of the proposed designs were based on a spatial concept. The design which obtained the best results uses a "look there" concept, where the focused item has a fixed position on screen.

Obrist et al. ⁰ carried out a usability test with a group of older people using an eye-tracking system. They confirmed the differences between younger and older adults concerning the time used for task completion and the

screen areas to which they paid special attention.

The aforementioned works that evaluate usability for older people are based on either information 0, or video-conference 0 interactive applications. This work uses a completely different approach, as its aim is the development and evaluation of a gaming platform for digital television. However, the results in the studied works can be applied to this platform due to the similar age of the users.

5.2 DESIGN PRINCIPLES APPLIED

The design phase of the gaming interactive application was very important and the design guides for the elderly were taken as a reference, as well as the opinion of the practitioners related to the DeSICA project. Taking into account the potential users of this interactive application, the main design requirement was simplicity of use. Some of the most important issues concerning usability are listed below, including a short explanation about how the gaming application addresses them.

Text: to improve legibility, a large text font (24 points) is used, as well as high contrast between the text and the background. The main text is dark on a light background whereas text on some special areas is light on a dark background.

Colours: the colour palette used is very simple, with only three colours. A very pale shade of gray is used for the background and maroon is used as the main colour. These two colours are

used to create different screen areas. The third colour used is a light orange for highlighting the active element.

Screen layout: each screen is horizontally divided into three parts. The top part is used to display instructions or useful information, and the lower part shows the user how to reach other parts of the application. The large central part contains the main information. This is a very simple layout which avoids distraction and provides sense of continuity throughout all the screens of the application.

Text prompts: the displayed information is concise, so that the user does not become distracted. In addition, each screen has instructions at the top, which the user can consult in case of confusion.

Audio prompts: in order to help users when they do not know what to do, some simple audio messages are automatically played, even when there are written messages with the same information.

Navigation: interacting with the application is achieved using a combination of 4-colour navigation and spatial navigation. The first navigation technique is used to move to different screens (play, view an example or main menu) and the second allows the user to move through the elements of each screen (choosing a game or an answer). There will always be an element on screen with the focus, which can be easily identified due to its highlighted colour (a shade of orange that allows a high contrast between all the elements). Using the up/down and left/right keys on the remote control, the user can move the active element, and by pressing the OK button he can select an option.

Remote control keys: only a few keys of the remote control are needed to interact with the application: up/down, left/right keys, OK button and 4-coloured keys (red, green, yellow and blue) which are generally grouped in two blocks. Each of these keys is standard and present on all TV and STB remote controls which support any form of interactivity.

6. Supported cognitive stimulation games

Having established the main features of the user interface, this section explains how these principles have been applied to the user interface design of two types of games that are available in the prototype. The purpose of these games is the stimulation of language and memory skills. However, it is important to point out that the platform design allows the addition of any number of games at any time.

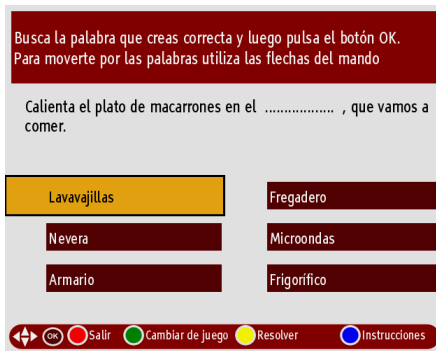


Figure 16: Language game.

Figure 2 shows a language game whose aim is to complete a sentence, filling a gap with the correct word from options that appear below. Using the up/down and right/left keys of the remote control, users must move the highlighted item until it reaches their selection.

Pressing the OK button confirms that the highlighted option is the desired one. The system then shows feedback both via text and audio informing of either success or failure. If the user fails the task, he is allowed to try again, until the maximum number of attempts is reached.



Figure 17: Memory game.

Figure 3 shows the interface of the memory game. Its aim is to find a group of pictures that have been previously displayed to the user. The way of navigating through the possible images is the same as that explained for the language game. When users highlight the item to be selected they need only to press the OK button and the interactive application will give them feedback.

Both the language and memory games have two levels of difficulty, but the platform has been designed to support any number of levels. Differences between the two levels are based on the total number of words from which the user has to choose, as well as on the difficulty of the sentence, in the case of the language game. In the memory game the differences between the two levels are based on the number of pictures to remember, and the number and type of the pictures from which the user has to choose the correct ones.

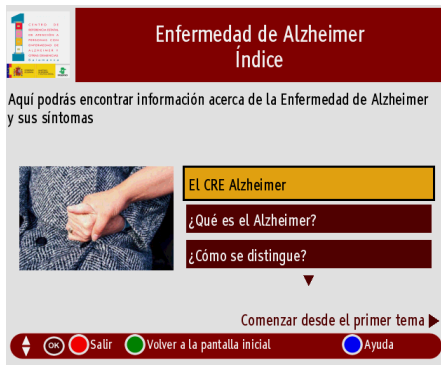


Figure 18: Information subjects for the caregiver.

Besides games, there is another part of the application designed for the family and/or caregivers of the patient. The aim of this section is to provide some useful information for patient care. As Figure 4 shows, the information is grouped by subject, which can be selected by users via the up/down and left/right keys on the remote control. When the OK button is pressed, specific information of the selected topic will be shown. This information combines text and images (examples in Figure 5).



Figure 19: Information for the caregiver.

7. Evaluation

After implementing a platform prototype, a usability test was carried out using observational techniques and questionnaires for both patients and the therapists in charge of patients' follow-ups. The initial objective of this evaluation was to check if the system was

easy to use and to gather general impressions from the therapists concerning the feasibility of the system for patients' cognitive stimulation.

Finally, although system implementation is based on MHP, conclusions and findings about the user interface can be applied to any other technology of interactivity.

7.1. PARTICIPANT DESCRIPTION AND EVALUATION SET UP

Ten elderly people suffering from some type of dementia were recruited at the Alzheimer's Spanish Reference Centre (CRE-A of IMSERSO) in Salamanca to participate in the evaluation of the interactive application. Five of them suffered from a mild level of cognitive disease, whereas the cognitive disease of the other five had reached a medium level. Participants' age ranged between 74 and 89, with a mean of 82.

In general, users had no previous experience with personal computers but they were used to playing similar stimulation games with touch screens and the Nintendo Wii.

Taking into account user background and skills, tests were conducted in a room within the Alzheimer's Spanish Reference Centre at Salamanca. The room was equipped with a 42" television set and an MHP 1.1.2 compliant set-top box. Users were seated on a chair at two meters distance from the television screen. A specialized practitioner was in the test room during the evaluation tests to help users to perform tasks. Four different practitioners took part in the test, as not every user was accompanied by the same practitioner. Observation of the users was done in a Gesell dome (two contiguous rooms with a one-way

mirror between them) by a practitioner in the same room as the user, and a group of researchers in the next room (Figure 6).

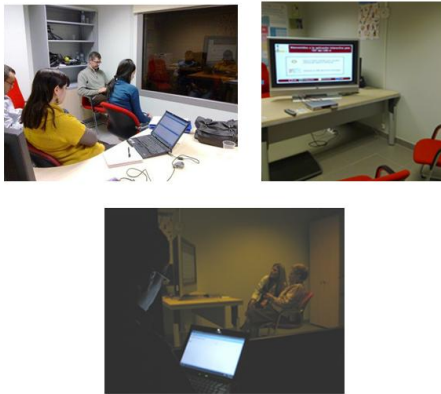


Figure 20: Evaluation set up.

7.2. EVALUATION PROCEDURE

Users were asked to use the application with the help of the practitioners for about 30 minutes. During this time they had to play each game of the evaluation study two or three times. As they were used to playing the same type of games via different interaction channels, practitioners explained the basic usage of the application and the remote control unit. The explanation included the main characteristics of the spatial navigation concept used in the interface.

The interactive TV application automatically collected several indicators concerning user interaction such as the time elapsed on each game, the keys of the remote control unit pressed and the number of attempts during each game. At the same time, the researchers in the next room recorded the most relevant aspects of the user interactions.

After testing the application, users were interviewed using an evaluation questionnaire and their impressions were recorded. The questionnaire included questions related to the kind of games played, interface elements such as font size, colours, audio messages, etc.

After the testing phase, individual interviews with each of the practitioners who had been present during the tests were conducted. They were asked about their general impressions about the system, differences they had observed between users in different stages of cognitive disease, etc.

7.3. RESULTS

Table 1 shows the execution times needed by users to play each type of game, as well as the level of cognitive disease associated to each user (mild or medium). Figures indicate that users needed to spend more time with memory games than with language games. However, as dementia patients generally have more problems related to memory skills than language skills, these longer times could not be clearly related to usability problems. Moreover, users are required to select more options in the memory game than in the language game.

Table 1. Game times of each user.

User	Language game		Memory game	
	Num. of games play	Mean of playing time (σ) (minutes)	Num. of games play	Mean of playing time (σ) (minutes)
(Mild / Medi				

- um)	d)	d)
1 (Mi)	4	1.06 (0.45)	3	1.92 (0.54)
2 (Me)	3	1.51 (0.75)	2	4.53 (0.84)
3 (Me)	6	1.21 (0.31)	3	2.20 (0.25)
4 (Me)	4	1.51 (0.82)	3	3.54 (0.52)
5 (Mi)	3	1.90 (0.48)	4	3.57 (0.81)
6 (Me)	4	1.19 (0.25)	3	2.39 (0.23)
7 (Mi)	4	2.24 (0.83)	2	3.24 (0.09)
8 (Mi)	4	1.05 (0.75)	3	2.93 (0.20)
9 (Mi)	3	1.49 (0.81)	3	2.08 (0.37)
10 (Me)	3	0.63 (0.36)	3	1.58 (0.76)

Eighty percent of participants needed both hands to use the remote control unit. Of this eighty percent, thirty percent held the remote control unit with two hands and the rest held it with one hand and pressed keys with the other one. In addition, all the participants looked at the remote control unit before pressing a key, even when they had just pressed the same key or a neighbouring key only moments before.

Only one of the participants had problems using the smart electronic identification card as he could not insert the card into the reader properly. The rest of the participants were able to introduce the card into the STB and start the application.

During test sessions, participants needed to ask practitioners for help frequently because they had difficulties understanding the spatial navigation concept. Although none of the users indicated low visibility or colour contrast problems, direct observations show that users had difficulties understanding the concept of focus. Having to move the focus from one element to another using the movement keys was difficult for them. Observations indicate that after users get used to the spatial navigation concept, they have difficulties going back to using colour keys.

Finally, due to the characteristics of the remote control unit, the keys were small and difficult to press. As a result, some users pressed keys for long periods of time which caused more than one action over the interface.

Each of the practitioners who took part in the test considered the platform to be positive and they agreed that it could be used for cognitive stimulation, but they would recommend its use to patients with a mild level of cognitive disease.

8. Discussion

Evaluation results have shown that some of the design considerations used in the iTV game application tested are suitable for elder people.

The use of audio messages with instructions, big font sizes and high colour contrast had very good user acceptance. These findings confirm the usefulness of some of the principles of the main usability design guidelines.

However, although usability guides recommend the use of movement and colour keys, mixing 4-colour navigation with spatial navigation seems to be confusing for users. Moreover, the way the elderly tend to hold the remote control unit and their use of both hands does not enable fast user interaction, even when the contiguous movement keys are used. This finding contradicts the results of other works [10] that recommend the use of spatial navigation keys due to their simplicity. The main problem is that although users with low level computer skills can understand the interface metaphor, the elderly are not used to using computers or similar devices, and are not able to understand the spatial navigation concept.

Although some research works have studied the design of more usable and ergonomic remote control units [11], few studies have considered the way in which users hold the remote control unit or press keys. These considerations have a great impact in the design of usable interfaces and have not yet been properly considered. If users tend to look at the remote control unit before pressing any key, the proximity of the keys used in the remote control unit should not be considered a usability improvement. Rather, the size of the keys takes on greater importance.

The difficulties encountered by users concerning navigation are the main reason that practitioners recommend this platform only for patients suffering from cognitive disease with a

mild level. Although all patients had problems with spatial navigation, practitioners believe that these patients would be able to learn this concept if they use the gaming platform often.

9. Conclusions and future work

A new platform for cognitive stimulation of patients suffering from any cognitive disease (Alzheimer and other types of dementia) is presented in this paper. The design of the overall system architecture and the implemented prototype has proven the technical feasibility of this platform.

Special attention was paid to system usability in the design phase using general guidelines, specific studies for the elderly and the opinion of the practitioners of CRE-Alzheimer as a reference. Real user evaluation has shown that although general usability principles used to design iTV interfaces are useful for a large number of application domains and user groups, some specific recommendations are questionable when applied to interfaces specially designed for people with special needs, such as people with cognitive disease. The main problem found in this work is related to the use of an interface based on the spatial navigation concept.

The group of practitioners who attended the evaluation consider the use of the television as a platform for cognitive stimulation to be positive, recommending it to patients suffering a mild level of cognitive disease. In addition,

they said it would be appropriate to provide an even simpler navigation method.

Taking into account the presented results, the authors will focus on the design of a new interface based on a completely new navigation system. The new design will be adapted to the final users' capacities and it will consider the presented findings. In addition, the new interface will allow the evaluation of the system usability compared to the interface presented in this paper, as well as to other cognitive stimulation platforms based on computers or touch screens.

10. Acknowledgements

We would like to thank the Institute for the Elderly and Social Services (IMSERSO), which has partially funded the DeSICA project within the National Plan for Scientific Research, Development and Technological Innovation 2008-2011, exp. 42/2008.

We would also like to thank the professionals of CRE-Alzheimer of IMSERSO in Salamanca involved in the project, who have participated since the beginning in the designing phase, as well as in the later validation stage with real users.

11. References

DeSICA.
http://www.crealzheimer.es/crealzheimer_01/investigaciones/I_D_i/idi_2009/index.htm (accessed on 08.04.2011).

M. Orrell, A. Spector, L. Thorgrimsen and B. Woods, "A pilot study examining the effectiveness of maintenance Cognitive Stimulation Therapy (MCST) for people with dementia", *International journal of geriatric psychiatry*. Wiley Online Library. Vol 20. No. 5, 2005, pp. 446-451

R. S. Wilson, C. F. Mendes de Leon, L. L. Barnes, J. A. Scheider, J. L. Bienias, D. A. Evans and D. A. Bennett, "Participation in Cognitively Stimulating Activities and Risk of Incident Alzheimer Disease", *The Journal of The American Medical Association*, Vol. 287, No. 6, 2002, pp. 742 - 748

D. Facal, M.F. González, V. Martínez, C. Buiza, F. Talantzis, T. Petsatodis, J. Soldatos, E. Urdaneta, J.J. Yanguas, "Juegos cognitivos para personas mayores sin deterioro sobre una multitouch screen", *Libro de ACTAS III Congreso Internacional sobre Domótica, Robótica y Teleasistencia para Todos DRT4all*, 2009, pp. 83-90

L. Tárraga, M. Boada, G. Modinos, A. Espinosa, S. Diego, A. Morera, M. Guitart, J. Balcells, O.L. López, J.T. Becker, "A randomised pilot study to assess the efficacy of an interactive, multimedia tool of cognitive stimulation in Alzheimer's disease", *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, Vol. 77, No. 10, 2006, pp. 1116-1121

M.A. Franco and Y. Bueno, "Entrenamiento cerebral en ancianos con y sin demencias: aplicación de nuevas tecnologías (Programa Gradior)"

A. Carmichael, "Style guide for the design of interactive television services for elderly viewers", 1999

R. Bernhaupt, M. Obrist, and M. Tscheligi, "Usability and usage of iTV services: lessons learned in an Austrian field trial", *ACM Comput. Entertain.* Vol. 5. No. 2, Article 6, 2007.

M. Rice and N. Alm, "Designing new interfaces for digital interactive television usable by older adults", *ACM Comput. Entertain.* 6, 1, Article 6, 2008,

T. Mirlacher, M. Pirker, R. Bernhaupt, T. Fischer, D. Schwaiger, D. Wilfinger and M. Tscheligi, "Interactive Simplicity for iTV: Minimizing Keys for Navigating Content", *Proceedings of the 8th international interactive conference on Interactive TV&Video, EuroITV*, 2010, pp. 137-140

M. Obrist, R. Bernhaupt, E. Beck, and M. Tscheligi, "Focusing on Elderly: an iTV Usability Evaluation Study with Eye-Tracking", *Proceedings of Interactive TV: a shared experience: 5th European conference, EuroITV*, 2007, pp. 66-75

L. Pemberton, and R.N. Griffiths, "Usability evaluation techniques for interactive television", Proceedings of HCI International, 2003, pp. 882–886

V. Hansen, "Interactive Television Design (BBC)", 2005

Sistema abierto de Televisión Digital Terrestre (TDT) accesible para personas con deficiencia visual

Esther Moreno¹, Carolina García¹, Miguel A. Valero¹, Carlos Díaz² y Valia Merino²

¹ T>SIC, Universidad Politécnica de Madrid. EUIT Telecomunicación. Ctra. de Valencia, km. 7. 28031 Madrid. E-mail: {emoreno,carogar,mavalero}@diatel.upm.es

² Optiva Media S.L. Edificio Europa II. Calle Musgo 2, primera planta. 28023 Madrid. E-mail: {carlos.diaz, valia.merino}@optivamedia.com

Resumen

Este artículo detalla el diseño, implementación y validación de un sistema abierto de Televisión Digital accesible para personas con deficiencia visual. La solución facilita que este colectivo pueda acceder a los contenidos de la guía electrónica de programación recibidos a través de la TDT, pudiendo configurar a demanda la interfaz de usuario gráfica (IGU) y la síntesis de voz (TTS).

Se presenta el análisis de sistemas existentes, requisitos demandados por este colectivo y tecnologías disponibles, tanto de TDT como de TTS, con el fin de elegir las más apropiadas con criterios de accesibilidad, interoperabilidad y bajo coste.

Los resultados obtenidos en la investigación demuestran que el sistema desarrollado es congruente con los criterios del Diseño para Todos según constata la validación realizada. El sistema ofrece combinaciones de colores y fuentes (contraste, tamaño) para diferentes necesidades de la deficiencia visual, y utiliza TTS local y adaptable para las personas con ceguera.

Abstract

This paper details the design, implementation and validation of an accessible open-system for Digital Terrestrial Television (DTT), addressed to visually impaired people. The solution eases this collective to access to the Electronic Program Guide (EPG) and to the contents received through DTT, allowing on demand configuration of the graphical user interface (GUI) and speech synthesizer facilities (TTS).

Existing DTT systems are reviewed taking into account user demands and available technologies in order to choose the most appropriate ones with accessibility, interoperability and low cost criteria.

The results obtained in this research work demonstrate that the developed system is consistent with the Design for All principles as the performed validation shows. The system offers colors and fonts combination (contrast, size) for different visual impairment needs and uses local and adaptable TTS for blind people.

Introducción

El presente trabajo de investigación sienta sus bases en dos premisas clave: la primera, la televisión digital como tecnología más extendida en la actualidad para el acceso a contenidos en el hogar y la segunda, el derecho que tienen las personas con discapacidad visual de acceder a la misma y a los nuevos servicios que ofrece, recogido en la Ley de Impulso de la Sociedad de la Información (LISI, 2007) [1].

Tras el apagón analógico acontecido en abril de 2010 la población ha tenido que equiparse adecuadamente para poder acceder a esta nueva tecnología, sin embargo la tecnología apenas ha considerado su adaptación necesaria considerando la diversidad funcional. Por un lado se han tenido que adaptar las antenas de televisión y allí donde hubiera un televisor convencional se ha instalado un decodificador de TDT, conocidos como Set Top Box (STB), o bien se ha cambiado por un nuevo aparato con decodificador digital integrado.

Finalmente, la tasa de penetración de la TDT en España superó el 98% en 2010 [2], pero la tasa de penetración de receptores accesibles de TDT en España es prácticamente nula. En la actualidad vivimos en la llamada Sociedad de la Información, y se estima que el 80% de la misma llega a los ciudadanos de forma visual, por lo cual es necesario que las personas con ceguera o algún tipo de limitación visual dispongan de soluciones accesibles.

Las demandas de accesibilidad en las tecnologías de la Sociedad de la Información fueron identificadas hace años por entidades relevantes tales como la Organización Nacional de Ciegos Españoles (ONCE), el Royal National

Institute of Blind People (RNIB), el National Council for the Blind of Ireland (NCBI) o el American Council of the Blind (ACB), entre otros.

En respuesta a esta problemática, el grupo de investigación Sistemas Telemáticos para la Sociedad de la Información y del Conocimiento (T>SIC), del Dpto. de Ingeniería y Arquitecturas Telemáticas (DIATEL) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) se puso a trabajar en cooperación con la empresa Optiva Media S.L, íntimamente ligada al sector de la televisión digital en la búsqueda de una solución abierta, replicable y accesible. El análisis del problema planteado desembocó en la realización del proyecto APG (Guía accesible para personas con discapacidad visual), liderado por Optiva Media S.L., y financiado por el Plan Avanza I+D 2008 (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio) dentro de la convocatoria de ayudas para la realización de proyectos y acciones de la Acción Estratégica de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información, Los trabajos de diseño, desarrollo y validación del sistema presentado en este artículo se han realizado de forma cooperativa entre la universidad y la empresa y el sistema resultante funciona de forma permanente en el Hogar Digital Accesible de la EUITT de la UPM.

1.1. JUSTIFICACIÓN

La naturaleza altamente visual de las interfaces gráficas de usuario usadas en los nuevos formatos digitales tales como la TDT, ha creado grandes barreras para las personas con alguna limitación visual ya que cuanto más gráfica es la

interfaz más difícil resulta para estos usuarios acceder a dichos medios.

La interfaz de usuario que presentan la mayoría de los STB existentes en el mercado, es esencialmente gráfica con poco grado de usabilidad y accesibilidad y sin considerar los principios del Diseño para Todos. Si tenemos en cuenta la tasa de penetración de la televisión digital y que en España hay alrededor de un millón de personas con deficiencias visuales [3] nos encontramos que la Televisión Digital Terrestre puede cerrar muchas barreras a los usuarios con baja o nula visión si no se toman medidas apropiadas. Las personas con discapacidad visual y mayores no tendrán acceso a nuevos productos y servicios dependientes de la TDT contribuyendo como tantas veces a ensanchar la llamada Brecha Digital. Algo similar ocurrió primero con las interfaces de los ordenadores personales y luego en la Web, si bien se fueron adoptando soluciones para evitar los problemas de accesibilidad. En la actualidad existen lectores de pantalla, sintetizadores de voz, audiodescripción y las recomendaciones de accesibilidad para Web del World Wide Web Consortium (W3C) [4], pero desafortunadamente este tipo de soluciones aún no se aplican ni en los STB ni en los televisores. La interactividad es un elemento básico de la televisión digital, por ello, la navegación por los distintos menús, para poder disfrutar de sus posibilidades, es lo que más preocupa a las personas con discapacidad visual ya que es quizá la barrera más difícil de superar.

Por todo lo expuesto anteriormente existe la necesidad de diseñar e implementar soluciones que proporcionen una completa accesibilidad a personas con limitaciones visuales ya que el

acceso de estos usuarios a los servicios emergentes de la TDT es un derecho que los profesionales de las TIC deben atender. Se sugiere adoptar mejoras como [5]:

- Síntesis de Voz (TTS): también conocida como conversión de texto a voz (*text to speech*), consiste en dotar al sistema de la capacidad de convertir en directo un texto específico en voz [5]. De esta forma el usuario puede saber en qué menú está, cuáles son las opciones que se le ofrecen y obtener información sobre la programación.
- Interfaces gráficas accesibles y configurables: es necesario permitir la adaptación de tamaños de textos, colores, contraste, entre otros, a las necesidades de las personas con diferentes tipos de deficiencia visual dándoles la posibilidad de configurar sus preferencias de forma accesible.
- Alto grado de usabilidad: la navegación por los menús debe ser fácil e intuitiva. En demasiadas ocasiones el acceso a la información en los STB resulta tediosa, lo que demanda facilitar el acceso a la misma, beneficioso para la población en general.

A través de las medidas adoptadas en el desarrollo del sistema que nos ocupa, se persigue reducir las barreras existentes en especial para las personas con discapacidad visual pero extensible al conjunto de la población. El objetivo es que los servicios que ofrece actualmente la televisión digital terrestre sean accesibles para todos.

1.2. OBJETIVOS

El objetivo fundamental de este trabajo es facilitar que las personas con deficiencia visual puedan acceder a la guía electrónica de programación y a los contenidos recibidos en sistemas basados en TDT, pudiendo configurar la interfaz de usuario gráfica y la síntesis de voz según sus necesidades. El alcance efectivo de este objetivo tiene como misión contribuir a una real y completa accesibilidad de las personas con diferentes grados de discapacidad visual a los servicios y oportunidades que ofrece la televisión digital.

Con el fin de alcanzar el objetivo global del trabajo se plantean los siguientes objetivos operativos:

- Dotar al sistema de acceso a la miniguía, microguía y guía electrónica de programación (EPG) de síntesis de voz para que la persona pueda acceder a la información suministrada por estos servicios.
- Crear una configuración de la interfaz gráfica de usuario que sea accesible, atendiendo a las necesidades de los colectivos con visión reducida.
- Permitir que las personas adapten las características de la interfaz según sus necesidades.
- Ofrecer sencillez en la interacción para dotar de alta usabilidad al modo de navegación entre menús.

Análisis del sistema

Este apartado detalla la funcionalidad del sistema, incluyendo el estudio de requisitos de las personas con discapacidad visual y el Análisis UML donde se recogen los casos de uso contemplados.

2.1 ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS DE USUARIO

El acceso de las personas con discapacidad visual a la televisión digital plantea una serie de problemas que de no resolverse ocasionan una inadmisibles exclusión social de un medio audiovisual que, como ya se ha indicado en la introducción, va a suponer un verdadero centro de comunicaciones en el hogar, proporcionando a los ciudadanos servicios de información, formación, entretenimiento, etc.

El estudio detenido de la mayoría de las interfaces gráficas de los STB del mercado muestra grandes carencias en cuanto a las necesidades de las personas con algún tipo de limitación visual:

- Interfaces poco accesibles y de difícil lectura. La tónica común entre los STB es ofrecer la información de forma escasamente organizada, con contrastes de colores poco accesibles, letras demasiado pequeñas e imposibilidad de configuración.



Fig.1: Ejemplo de interfaz de STB [7]

- Navegación entre menús ineficiente con forma de acceso a la información no normalizada. Existe una dependencia de los botones del mando que, con frecuencia, son difíciles de localizar, ya que cada fabricante los coloca y nombra de distinta manera.
- Inexistencia de realimentación por voz, por lo que las personas con limitaciones visuales no pueden acceder a la información o servicios ofrecidos.

Assumiendo las necesidades expuestas previamente y las limitaciones de las personas con discapacidad visual en cuanto a la percepción del color, visión reducida, pérdida de sensibilidad al contraste, pérdida de la percepción de profundidad y ceguera, se sintetizan los requisitos de usuario siguientes:

- Interfaces de usuario con combinaciones de colores que consideren las limitaciones de las personas con problemas en la percepción del color, pérdida de sensibilidad al contraste o visión reducida.
- Independencia funcional de los códigos de colores o iconos del mando a distancia ya que puede haber personas con dificultades para distinguirlos.

- Oferta de diversidad de tamaños de letras suficientes para que resulten legibles por personas con diferentes grados de baja visión.
- Acceso sencillo a la información con navegación entre menús, intuitiva, eficiente e independiente de botones en el mando difíciles de localizar.
- Realimentación por síntesis de voz para personas con limitaciones visuales que facilite la navegación y obtención de la información requerida.
- Ocultación automática de ventanas de información en caso de que el telespectador sea ciego. Una vez que se acabe de locutar la información deseada, la pantalla debe ocultarse pasado un cierto tiempo.
- Configuración accesible de la interfaz según las preferencias y necesidades del usuario.

2.2 ARQUITECTURA DE COMPONENTES

El sistema resultante contempla los cuatro componentes mostrados en la siguiente figura:

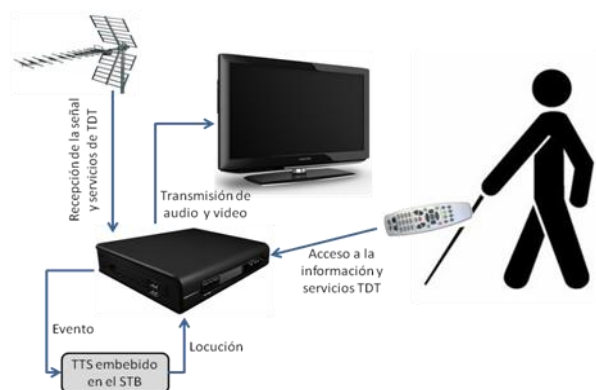


Fig. 2: Componentes del sistema

Los bloques funcionales del sistema y su interacción se detallan en la figura 3:

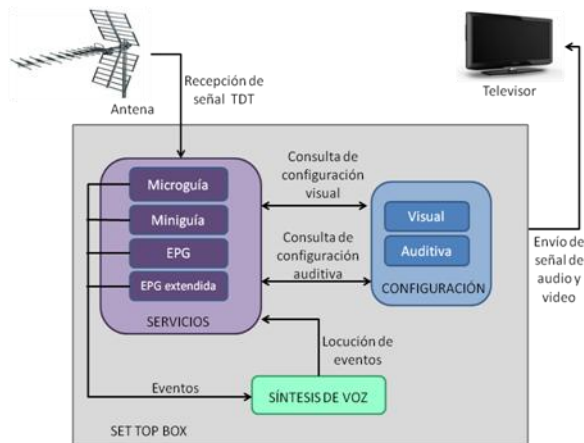


Fig. 3. Diagrama de bloques del sistema

La descripción de cada bloque integrante del sistema desarrollado es la siguiente:

- Set Top Box: Decodificador TDT que ha de ser usable y accesible para personas con discapacidad visual. Debe poseer disco duro (PVR) y sistema operativo Unix para facilitar la síntesis de voz.
- Bloque de configuración: Conjunto de clases y ficheros que implementan la interfaz gráfica y permiten la configuración, tanto visual como auditiva, de la misma.
- Bloque de Servicios: Conjunto de clases y ficheros que implementan el acceso a los distintos servicios así como a la interfaz gráfica:
- Microguía: Información del canal sintonizado y el evento que se está viendo en ese momento.
- Miniguía: Información extendida de un evento: descripción, fecha de comienzo y duración, número de capítulo.

- Guía electrónica de programación (EPG): lista de canales disponibles.
- Guía electrónica de programación extendida: lista de eventos (para una semana) del canal seleccionado en la pantalla EPG.
- Antena de TDT: Recibe la señal de la emisión en la cual viaja la información de los eventos que se desean mostrar al usuario.
- Televisión: Permite visualizar la información o servicios requeridos y escuchar la síntesis de voz. Dispone de un tamaño de al menos 32" para la correcta visualización de las interfaces.
- Síntesis de Voz (TTS): Conjunto de clases, embebidas en el STB, que permiten locutar la información presentada en los distintos servicios. Convierte el texto en voz sintética cumpliendo características de voz natural e inteligible y síntesis del habla automática con texto arbitrario.

2.3 FUNCIONALIDAD

En este apartado se describen las principales operaciones del sistema mediante diagramas UML de Casos de uso y de Secuencia. El actor que interactúa con el sistema es la persona que se dispone a ver la televisión e interactúa a través del mando a distancia del STB. La solución está diseñada para personas con discapacidad visual, si bien sus características de usabilidad y accesibilidad la hacen apta para personas poco familiarizadas con interfaces complejas, personas mayores, o simplemente para quien desee acceder a la TDT a través de una interfaz fácil de utilizar. En el diagrama de

casos de uso, mostrado en la figura 4, se detalla su relación con la funcionalidad del sistema:

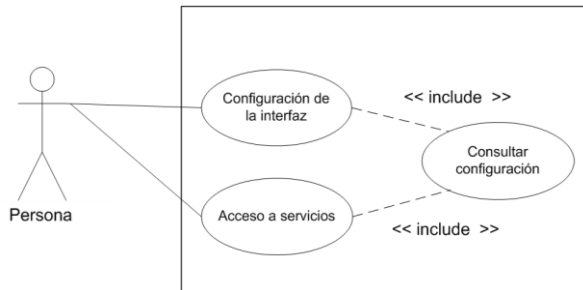


Fig. 4. Diagrama principal de casos de uso

- Configuración de interfaz: Facilita que la persona pueda adaptar a sus necesidades la configuración tanto auditiva como visual de presentación de datos a través de un menú.
- Acceso a servicios: Presentación visualmente accesible y locutada con síntesis de voz de información de la programación: canal actual sintonizado, contenidos retransmitidos y programados, descripción, duración, etc.

Los casos de uso correspondientes a la Configuración de la interfaz, visual y auditiva son:

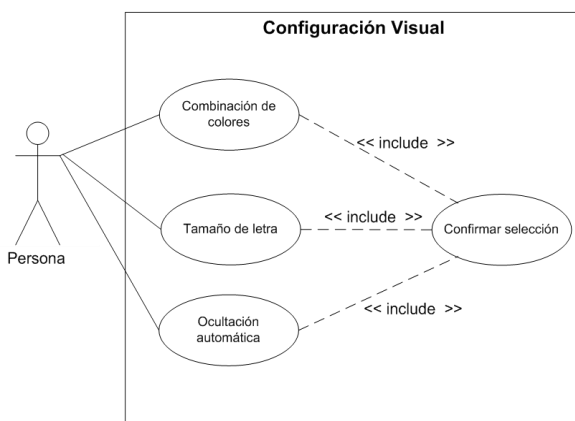


Fig. 5. Casos de uso de la configuración visual

- Combinación de colores: funcionalidad que permite seleccionar la combinación de colores entre el texto y fondo, con un nivel de contraste apropiado.
- Tamaño de letra: posibilidad de personalizar según las necesidades de cada persona, el tamaño de los textos de la interfaz gráfica.
- Ocultación automática: establece si las pantallas del menú de configuración y las que ofrecen la información de la programación, han de cerrarse pasados unos segundos.

Los casos de uso para la configuración auditiva, según muestra la figura 6 son:

- Velocidad de reproducción: establece los parámetros de configuración de la síntesis de voz.
- Nivel de información: permite configurar la cantidad de información a locutar pudiendo elegir si se quiere escuchar toda la información que aparece en pantalla, únicamente la más relevante, o bien, desactivar la locución.

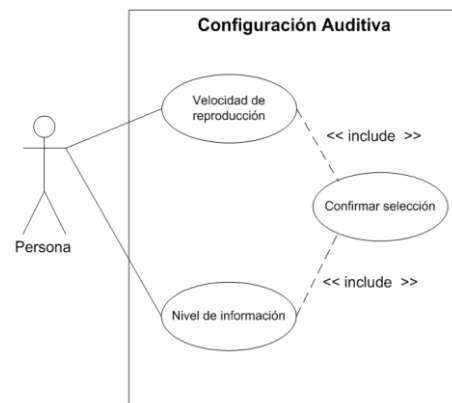


Fig. 6. Casos de uso de configuración auditiva

Por último se muestra el diagrama de casos de uso en el que se desglosa el general: Acceso a servicios.

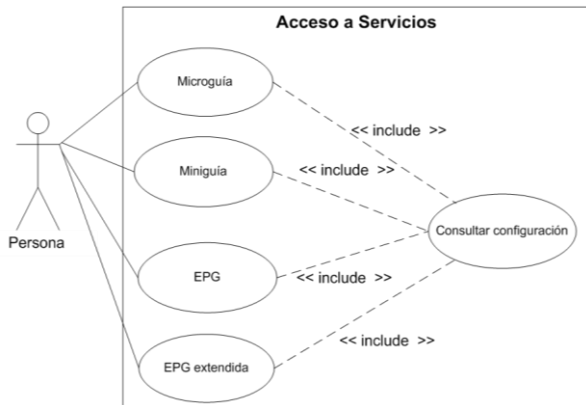


Fig. 7. Casos de uso del acceso a servicios

El detalle de la funcionalidad de cada caso de uso se describe a continuación. El usuario, al cambiar de canal con el mando a distancia obtiene la Microguía, con información de canal y evento, y esta función ha de silenciar los contenidos de la televisión mientras se estén locutando los contenidos recibidos. Asimismo, el usuario puede acceder pulsando un solo botón a la guía electrónica de programación para ver y escuchar la oferta existente sin cambiar el canal actual.

- **Microguía:** se accede a ella a través de la pantalla de la televisión, bien pulsando un botón o al cambiar de canal. Se oculta automáticamente pasados unos segundos. Esta pantalla permite ver y/o escuchar de forma accesible, el canal que está sintonizado y el evento que se está visualizando.
- **Miniguía:** se puede llegar a ella de dos formas, bien para ampliar información del evento que se está visualizando en la microguía, o bien para ampliar información del evento seleccionado en la EPG extendida. Ofrece

información detallada del evento en emisión así como de los futuros.

- **EPG:** esta pantalla se muestra cuando queremos visualizar la lista de canales disponibles, bien desde la microguía o desde la pantalla de la televisión. Permite sintonizar el canal seleccionado de la lista.
- **EPG extendida:** se trata una lista con todos los eventos del canal seleccionado en la EPG.

El diagrama de secuencias del sistema siguiente describe la obtención de la configuración accesible:

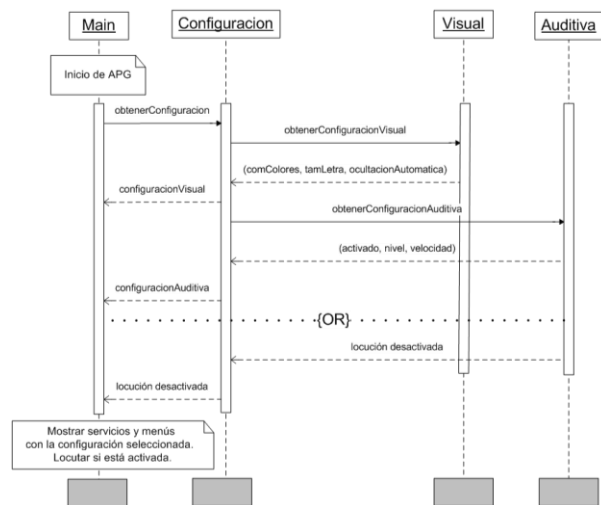


Fig. 8. Intercambio de mensajes para funciones de configuración

La primera acción de inicio del sistema comprueba la configuración previa de una sesión anterior y la aplica. La configuración auditiva puede estar o no activada, la miniguía se presenta siempre. Las secuencias de acciones que conformar esta acción son totalmente transparentes para el usuario.

Diseño del sistema

El desarrollo de este sistema se ha basado prioritariamente en diversas tecnologías de libre distribución que se detallan y justifican a continuación. Estas tecnologías han impuesto requisitos de uso para su interacción, debido a sus características software .

3.1. TECNOLOGÍA EMPLEADA

La síntesis de voz necesaria de ha integrado mediante un sistema Text To Speech (TTS), capaz de convertir texto en habla a través de una voz artificial, realizando la reproducción artificial de la lengua natural sin ser procesada a partir de expresiones pregrabadas, sino generada en directo. La herramienta elegida ha sido Festival Lite (FLITE), desarrollado por la Universidad Carnegie Mellon de Pittsburgh (Pensilvania), por ser 100% libre y ofrecer una gran variedad de configuraciones disponibles, entre ellas, lenguaje y velocidad. Sus características de sistema de síntesis de formantes permiten dotar de habla al STB y resulta idóneo, tanto para personas con discapacidad visual (inteligible a altas velocidades) como para ser incorporado a un STB donde los recursos son limitados ya que son herramientas computacionalmente ligeras.

El proceso de TTS local requiere un STB con disco duro (PVR), gran velocidad de proceso y middleware Linux abierto compatible con Flite. Por este motivo se seleccionó el STB Dreambox DM 800 HD por ser estable, presente el mercado y con interfaz de usuario configurable mediante la aplicación:



Fig. 9. Dreambox DM 800 HD PVR

3.2. SÍNTESIS DE VOZ

La solución detallada en este trabajo exige que la síntesis de voz se realice en el propio STB para facilitar el acceso a la información a personas con limitación visual. La síntesis basada en formantes, ofrece mayor inteligibilidad a altas velocidades, necesidad primordial para las personas con discapacidad visual. Se establecen varias opciones de configuración de la síntesis de voz para que el usuario la adapte a sus necesidades:

- Velocidad de reproducción: se ofrecen 3 posibilidades, normal, rápido y muy rápido.
- Nivel de información: establece la cantidad de información que se desea recibir por TTS.
- Nivel normal: se locutan todos los componentes de la pantalla.
- Nivel resumido: sólo será locutada la información más relevante.
- Sin reproducción de audio: síntesis de voz desactivada.

3.3. INTERACCIÓN CON LA INTERFAZ DE USUARIO

Las normas de accesibilidad la interfaz de usuario gráfica exigen que sea configurable, lo cual es un requisito clave para las expectativas

del colectivo de personas con discapacidad visual. Se han tenido en cuenta las diversas limitaciones funcionales que presentan las personas con deficiencia en la percepción del color, pérdida de sensibilidad de contraste y pérdida de la percepción de profundidad eligiendo así diferentes combinaciones de colores, de forma que no contengan colores rojo, verde o azul, y ofrezcan un fuerte contraste.

- Fondo negro y texto amarillo: combinación de colores elegida por personas con visión reducida, ya que ofrece un fuerte contraste.
- Fondo blanco y texto negro.
- Fondo negro y texto blanco.

Otra funcionalidad imprescindible es poder configurar el tamaño del texto. Se ofrecen 5 tamaños de texto distintos con diferencia notable entre ellos: muy pequeña, pequeña, mediana, grande y muy grande. Junto con las combinaciones de colores se dota al sistema de 15 posibles configuraciones. Por último la configuración visual ofrece la posibilidad de activar la ocultación automática de ventanas

El modelo de navegación, perceptible y eficiente, es un punto crítico para la usabilidad y accesibilidad del sistema. El diseño propuesto se ha basado en el análisis de diferentes mandos a distancia presentes en el mercado comparando la diversidad de teclas y su ubicación. Este proceso de análisis de diversos mandos comerciales muestra que cada fabricante distribuye los botones de forma diferente, si bien se observa un patrón que se repite: las flechas de navegación central y el botón de confirmación, OK:

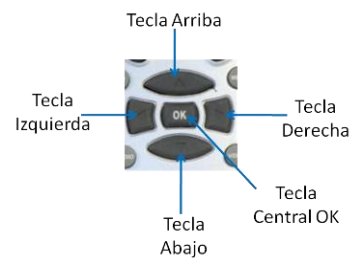


Fig. 10. Teclas usadas del mando a distancia

Por este motivo, se seleccionaron las teclas de navegación como elemento común entre los fabricantes de mandos a distancia cuya forma característica las hace fáciles de localizar al tacto para interactuar con el sistema usando exclusivamente estas 5 teclas. El diseño de la navegación ha tratado de ser coherente, de forma que, las teclas conserven la misma funcionalidad en las distintas partes de la aplicación, además de que su uso sea eficiente e intuitivo. Se ha establecido una funcionalidad distinta a cada tecla:

- Función de las teclas en acceso a servicios:
- OK: Acceso a EPG y selección del canal en la misma. Ocultación de pantallas.
- Tecla derecha: Ampliar información del evento seleccionado.
- Tecla izquierda: Volver a la pantalla anterior.
- Teclas arriba y abajo: Cambiar de canal en microguía y navegar por las diferentes pantallas.
- Función de las teclas en el menú de configuración:
- Tecla central (OK): Ocultar pantallas de los menús.
- Tecla derecha: ampliación de opciones de configuración y confirmación de la selección.
- Tecla izquierda: acceso al menú de configuración desde la pantalla de

televisión y volver a la pantalla anterior dentro del menú.

- Teclas arriba/abajo: navegación por menús.

El diagrama de navegación se presenta en el siguiente diagrama UML de componentes. El acceso a las funcionalidades principales de Microguía, EPG, cambio de canal y configuración se producen a través de una sola pulsación del usuario reservándose un segundo nivel para la selección específica de opciones en cada una de estas funcionalidades (Miniguía, EPG extendida y opciones auditivas o visuales).

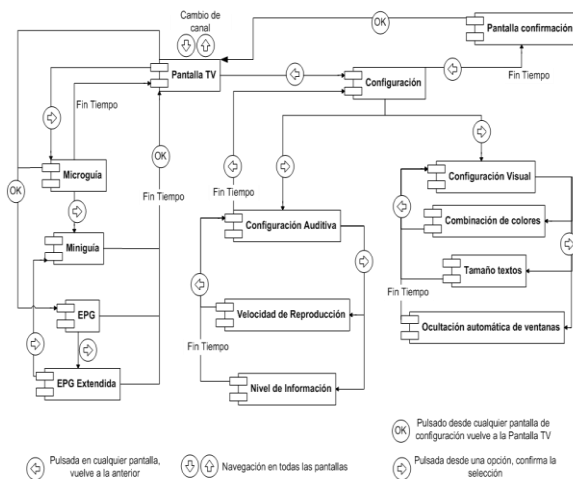


Fig. 11. Diagrama de navegación

3.4. ARQUITECTURA DEL SISTEMA

En la figura que se muestra a continuación se presenta la arquitectura final del sistema desarrollado y en particular la arquitectura interna de la Dreambox.

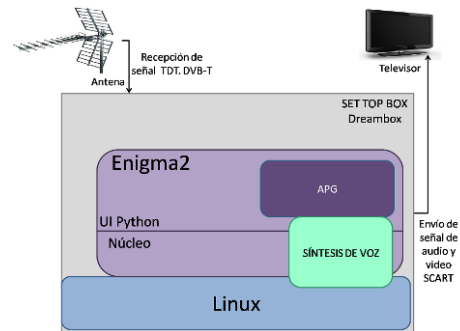


Fig. 12. Arquitectura del sistema

Tal como se comentó anteriormente la Dreambox tiene Linux como sistema operativo. Sobre éste está Enigma2 que posee un núcleo C y la interfaz de usuario implementada en Python.

El sistema desarrollado usa la parte Python de Enigma2 para implementar la solución accesible, accediendo desde allí a la síntesis de voz, que se ejecuta, a través de funciones del núcleo llamadas desde la parte Python, directamente en Linux.

Resultados de implementación

En este apartado se muestra, mediante capturas de la interfaz gráfica resultante, los resultados de implementación del sistema.

4.1. DESARROLLO DE LA CONFIGURACIÓN

En primer lugar se muestra la pantalla principal del menú. Como se puede observar, la interacción requerida con el mando del STB es

muy usable puesto que con los botones de flecha arriba y abajo es suficiente para elegir la opción de configuración deseada y después pulsar flecha derecha para avanzar.

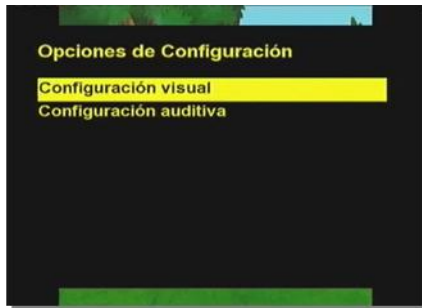


Fig. 13. Pantalla del menú de configuración
En la figura que se muestra a continuación, se muestra la pantalla con las diferentes opciones de configuración visual y posteriormente la elección de combinación de colores:

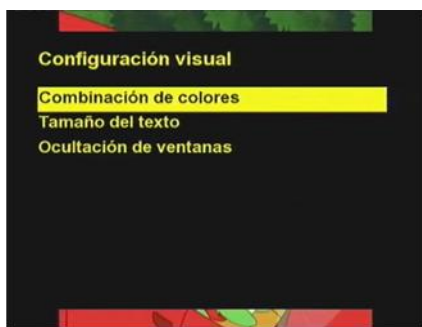


Fig. 14. Pantalla de la configuración visual

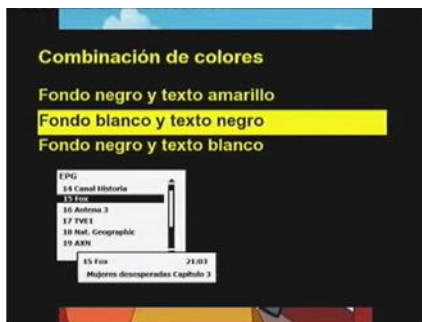


Fig. 15. Elección de la combinación de colores

4.2. FACILIDADES DE ACCESO A SERVICIOS

El resultado obtenido tras la implementación de microguía se muestra a continuación. La locución asociada indica al usuario el canal y contenido que está recibiendo y la hora de inicio:



Fig. 16. Microguía

A continuación se muestra la implementación en pantalla que muestra y locuta la miniguía a través de la cual se amplía la información del evento mostrado en la microguía con solo pulsar la tecla de navegación derecha.

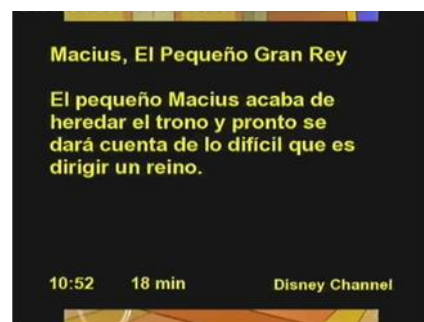


Fig. 17. Miniguía

Por último se muestra en la figura 18 la implementación de la EPG, a la que se accede pulsando el botón OK, y que es locutada en directo cada vez que el usuario selecciona un canal con las teclas arriba y abajo del mando:



Fig. 18. EPG

- Cambio de parámetros de configuración visual y/o auditiva y aceptar los cambios.
- Cambio de parámetros de configuración visual y/o auditiva y no aceptar los cambios.

El sistema abierto de TDT accesible para personas con deficiencia visual se encuentra instalado para su uso de forma estable en el Hogar Digital Accesible.

El protocolo de evaluación ha sido diseñado a través de dos modelos de evaluación distintos en los que participaron diferentes tipos de usuarios.

Validación y evaluación

El proceso de validación ha sido realizado en el Hogar Digital Accesible de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de Telecomunicación, situada en el Campus Sur de la Universidad Politécnica de Madrid. Para ello, fue necesario conectar mediante Euroconector la televisión estándar existente a la Dreambox y ésta a la toma de antena de la casa.

Se realizaron diferentes baterías de pruebas para validar el sistema:

- Navegación por los servicios con las distintas combinaciones de configuración visual y auditiva.
- Acceso al menú de configuración y navegar por las distintas pantallas con todas las posibles configuraciones.

5.1. VIDENTES SIN DEFICIENCIA VISUAL

Se han realizado pruebas con personas videntes que nunca habían utilizado el sistema. El procedimiento fue realizado por 10 voluntarios con edades comprendidas entre los 24 y los 35 años, de los cuales 6 eran mujeres y 4 hombres. Los pasos efectuados fueron:

- Privación del sentido de la vista mediante un antifaz.
- Explicación de funcionalidades de las teclas de navegación.
- Acceso al mando de la Dreambox.
- Navegación no guiada por las pantallas microguía, miniguía, EPG y EPG extendida.

- Acceso al menú de configuración y realizar algún cambio.

Una vez concluidas las pruebas se observó que prácticamente la totalidad de los voluntarios se encontraban ante las mismas dificultades, pero que en general la experiencia fue positiva debido al fácil manejo del sistema.

5.2. VIDENTES CON DEFICIENCIA VISUAL

El procedimiento descrito en el apartado anterior se realizó por una persona con alto grado de miopía (7.5 dioptrías en el ojo izquierdo y 8.5 en el derecho). La experiencia se llevó a cabo sin la utilización del antifaz y resultó satisfactoria, ya que experimentó con las diferentes configuraciones visuales para intentar leer lo que aparecía en pantalla a una distancia de 2 metros de una televisión de 32 pulgadas. Finalmente concluyó que la configuración que mejor se adaptaba a sus necesidades era la de fondo negro y texto amarillo con letra muy grande. Con dicha interfaz seguía teniendo dificultades para leer la información en pantalla por lo que valoró muy positivamente la realimentación de la misma mediante la síntesis de voz.

5.3. VALIDACIÓN CON INVIDENTES

Para esta fase de la validación se contó con la colaboración de Enrique Varela [7] (Ex - director de tecnología accesible e I+D de la Fundación Once y presidente de la Fundación de Tecnología Social), dado que su valoración

del sistema resultaba especialmente interesante al aportar tanto su punto de vista de usuario como persona experta en la materia y exigente en cuanto a temas de accesibilidad en la tecnología.

En este caso el proceso de validación se inició con una entrevista previa al uso del sistema para saber qué expectativas le producía y una posterior para conocer su valoración tras la experiencia obtenida. Previo a la experiencia de usuario, Enrique Valera comentó que un sistema como éste es muy necesario, ya que en la actualidad no existe nada, o nada realmente satisfactorio, puntualizó, que informe de lo que está sucediendo a nivel gráfico por pantalla. Actualmente, apuntaba Enrique, una persona ciega lo único que puede hacer es cambiar de canal (previa sintonización por otra persona) y controlar el volumen, por ello todo avance en este sentido es bienvenido. Como usuario sufre la inexistencia de un producto como el que nos ocupa y como experto considera que la existencia de algo que les permita acceder a todos los servicios de TDT es un derecho. Las funcionalidades que esperaba de APG fueron las siguientes:

- Conocer qué programa se está emitiendo cuando cambia de canal.
- Poder sintonizar los canales por sí mismo.
- Acceder a la guía de programación para conocer la hora y las emisiones, etc.
- Interactuar con la televisión en la medida en la que vaya siendo interactiva.
- En resumen, poder acceder a la televisión como cualquier otra persona.

El procedimiento a seguir fue el siguiente: tras la conversación previa en la que se recopilaron las expectativas generadas, se le facilitó el mando a distancia y tras una breve explicación de en qué consistía el sistema y cómo se utilizada se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Las teclas elegidas para la navegación son las más apropiadas, ya que son las más fáciles de reconocer mediante el tacto y todos los mandos las tienen.
- Las opciones de configuración son adecuadas y suficientes para lo que la televisión ofrece.
- Valoración positiva de la accesibilidad y usabilidad.
- Es un sistema que puede ser utilizado fácilmente por personas poco familiarizadas con la tecnología gracias a las teclas escogidas para la navegación.
- Tras la experiencia de usuario concluye que el sistema abierto de TDT accesible cumple las expectativas generadas a priori.

Enrique Valera destaca que la principal virtud del sistema es: *“Él en sí mismo, ya que hace accesible una cosa que no lo es”*. Lo recomendaría y utilizaría en su vida cotidiana, ya que lo considera mejor y más usable que otros sistemas implementados recientemente, por supuesto, siempre que se encuentre a un precio competitivo.

Conclusiones

La Televisión Digital Terrestre ofrece numerosas posibilidades y nuevos servicios, pero también representa una gran barrera de accesibilidad para las personas que sufren ceguera o deficiencias visuales. El principal motivo se encuentra en la escasa o nula accesibilidad de la interfaces gráficas que ofrecen la mayoría de los decodificadores TDT, ya que son complicadas de usar y no atienden a las recomendaciones del diseño para todos.

Una vez finalizado el presente trabajo de investigación se ha llegado a la conclusión principal de que es factible el acceso a un sistema como éste para ofrecer una solución al derecho legítimo de la personas con discapacidad visual y, en general, al colectivo de personas con diversidad funcional demandante de soluciones al alcance de todos.

El sistema resultante es interoperable e integrable debido a su diseño modular y al uso de tecnologías de libre distribución lo que le hace también ser un sistema asequible en cuanto al ámbito económico se refiere siempre que las economías del mercado de STB lo faciliten. Es importante destacar también el bajo coste humano, ya que gracias a su alto grado de usabilidad la curva de aprendizaje es mucho más eficiente que otros sistemas similares que existen en la actualidad.

En cuanto al hardware utilizado, Dreambox ofrece numerosas posibilidades para la I+D en el área de la TDT gracias a que sus características técnicas que lo convierten, además de un decodificador TDT, en un “ordenador de salón”. Sin embargo, su penetración comercial no es todavía todo lo

competitiva que se requiere para una economía de escala.

Respecto al uso de Flite como motor de síntesis de voz de libre distribución, el resultado ha sido satisfactorio, ya que ha sido fácilmente integrable en un hardware limitado como es un STB y cumple con las expectativas esperadas.

En definitiva en el presente trabajo se describe una solución accesible y usable no sólo para personas con discapacidad visual, si no que puede ser utilizado por personas mayores o poco familiarizadas con la tecnología, ya que ofrece una alternativa a las interfaces complejas que presentan la mayoría de las soluciones de televisión presentes en el mercado.

Agradecimientos

Los autores queremos agradecer a los voluntarios participantes, en particular a Enrique Varela, de la FTS, por su interés en el desarrollo y evaluación del sistema descrito en este artículo; y al proyecto APG (Guía accesible para personas con discapacidad visual), financiado por el Plan Avanza I+D 2008 (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio).

Referencias

Ministerio de la Presidencia, Gobierno de España. Ley 56/2007, de 28 de diciembre, de Medidas de Impulso de la Sociedad de la Información. BOE núm. 312 de 29/12/2007, pp. 53701 a 53719.

Instituto Nacional de Estadística, "Viviendas que disponen de Televisión Digital Terrestre por tamaño del hogar, hábitat, ingresos mensuales netos del hogar y forma de recepción de la señal de TDT", Encuesta sobre Equipamiento y Uso de Tecnologías de la Información y Comunicación en los hogares 2010.

Instituto Nacional de Estadística, "Población con discapacidad o limitación según tipo de deficiencia de origen por edad y sexo", Encuesta de Discapacidad, Autonomía Personal y Situaciones de Dependencia 2008 (EDAD 2008).

World Wide Web Consortium, "Web Content Accessibility Guidelines 2.0", Recomendación W3C, 11/12/2008, <http://www.w3.org/TR/WCAG20>

World Wide Web Consortium, "Implementation Plan for Web Accessibility", Web Accessibility Initiative, consultado en marzo de 2011, <http://www.w3.org/WAI/impl/Overview>

[6] ONCE, "Investigación, Desarrollo y Tecnología: Claves en la mejora de la calidad de vida de ciegos y deficientes visuales". Dossier de Prensa, 2010.

[7] Ministerio de educación, política social y deporte, Gobierno de España, "Observatorio tecnológico: reconocimiento y síntesis de voz". <http://observatorio.cnice.mec.es/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=689>. Consultado en septiembre de 2010.

[8] Todo Dream. <http://www.tododream.com/>. Consultado en septiembre de 2010.

[9] Web Oficial Fundación Tecnología Social (FTS) <http://fts.org.es/web/guest>. Consultada en septiembre de 2010.

SocialTV para 3G: Plataforma Accesible Integrada en el Televisor para Fomentar las Relaciones Sociales de las Personas Mayores en Red con el objetivo de Mejorar su Calidad de Vida y Favorecer la Vida Independiente

Ana Peñalver Blanco
Fundación TECSOS
apblanco@fundaciontecsos.es

Ana Isabel Arroyo Hernández
Fundación Vodafone España
aarroyo6@corp.vodafone.es

Maite Gutierrez Cachán
Cruz Roja Española
mgc@cruzroja.es

Resumen / Abstract

En el marco del proyecto “SocialTV para 3G”, en el que participan Fundación Vodafone España, Cruz Roja Española y la Fundación TECSOS, se ha desarrollado una solución tecnológica para favorecer el proceso de inclusión digital del colectivo de personas mayores, promoviendo y facilitando su comunicación en red y el acceso rápido y sencillo a la información. Para ello, se ha aplicado una metodología específica centrada en el conocimiento y experiencia de los potenciales usuarios que ha permitido llevar a cabo un desarrollo software y hardware específico; ambos aspectos se detallan a continuación a lo largo del presente artículo.

Under the project “SocialTV for 3G”, involving Vodafone Spain Foundation, Spanish Red Cross and TECSOS Foundation, it has been developed

a technological solution to facilitate the process of digital inclusion for the collective of elder people by promoting and facilitating their digital communication and their quick and easy access to information. Specific methodology focus on the user has been applied to reach the objective; specific software and hardware development has been carried out for the same reason. Both aspects are explained throughout the paper below.

1. Introducción

En España un 28% de las personas mayores se sienten solas con frecuencia, aumentando este porcentaje al 38% si además, viven solas, algo que se da en casi un 20% de ellas.

El sentimiento de soledad puede derivar en la autopercepción de desadaptación, que suele ir

asociada a la pérdida de actividad y aislamiento social, aspectos que pueden desembocar en una serie de trastornos afectivos, tales como la ansiedad o la depresión. Una persona mayor que haya perdido su actividad y se encuentre aislada socialmente, acabará por presentar en alguno de los casos un deterioro funcional y físico, que se manifestará en última instancia en un deterioro cognitivo y de la salud en general [1].

Las nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) se erigen como una de las herramientas más idóneas para el mantenimiento y refuerzo del entorno social. Internet y las redes de telefonía, entre otras, son tecnologías que han evolucionado enormemente durante las últimas décadas, reduciendo cada vez más las barreras de espacio y tiempo.

El surgimiento y extensión de las redes sociales en Internet constituye uno de los fenómenos emergentes de mayor relevancia en los últimos años en relación al uso de las nuevas tecnologías. Surgidas a principios del siglo XXI, en muchos casos inicialmente como herramientas para la comunicación entre grupos reducidos en contextos concretos (como compañeros de universidad), algunas plataformas de redes sociales se han expandido rápidamente y de forma exponencial hasta lograr cobertura y popularidad en todo el mundo. En un caso concreto, el de Facebook, desde su creación en 2004 ha pasado de ser una plataforma para uso exclusivo de estudiantes de universidades norteamericanas, a extenderse espacial y numéricamente hasta alcanzar, con los últimos datos disponibles, los 450 millones de usuarios y la traducción a más de 70 idiomas.

España es uno de los países con mayor implantación (y más rápida) de las redes sociales en Internet [2], lo que hace plantearse la necesidad de que esa implantación se produzca de manera más homogénea y las redes sociales lleguen también a los colectivos más vulnerables de la población.

Todos estos hechos constatados impulsan la aparición de **“SocialTV para 3G”**, proyecto con la finalidad de reducir barreras en la comunicación de las personas mayores con su entorno, facilitándoles un “Punto de Encuentro” virtual a través del cual pueden ver y hablar con distintas personas con las que tengan algo en común. **“SocialTV para 3G”** pretende prevenir la aparición de los trastornos y deterioros derivados del sentimiento prolongado de soledad y aislamiento, puesto que mantiene a las personas mayores conectadas, tanto entre ellas como con la actualidad y su entorno, a través de una conexión a Internet de banda ancha y una plataforma sencilla y accesible que se integra con su propio televisor.

2. Descripción y objetivos del proyecto

“SocialTV para 3G” es un proyecto coordinado por Fundación Vodafone España y en el que participan Fundación TECSOS y Cruz Roja Española. Se enmarca dentro de la línea de Ayudas para la inclusión de las Personas con Discapacidad y de las Personas Mayores del Plan Avanza 2 (TSI 040200-2009-59) cofinanciado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. La empresa Qualcomm

participa también como cofinanciador del proyecto a través de su iniciativa Wireless Reach.

El proyecto comprende la definición, el desarrollo y el pilotaje de un “Punto de Encuentro” virtual destinado a personas mayores, al que podrán acceder a través de su televisor para comunicarse, informarse, entretenerse y compartir experiencias con otros/as usuarios/as. El apoyo y seguimiento de la actividad de la plataforma es realizado por Cruz Roja Española, de manera distribuida, a través de profesionales y voluntariado.

El objetivo principal del proyecto es reducir el sentimiento de soledad y aislamiento a través del fomento de las relaciones sociales, validando la utilidad de la tecnología para conseguir tal fin. Se persigue valorar la mejora del bienestar de las personas mayores a medida que utilizan el sistema desarrollado y van ganando confianza y familiaridad con el mismo.

Para incidir sobre estos objetivos, se plantea una metodología con varias etapas, que finaliza con una fase de pilotaje real con personas usuarias, cuyo perfil será el de los potenciales usuarios y usuarias del servicio, para poder aprovechar las funcionalidades ofrecidas por **SocialTV**. Esta prueba piloto se desarrollará en diferentes escenarios: domicilios de usuarios, Centros Asistenciales de la red de Cruz Roja Española y Centros Demostradores.

El proyecto comenzó en Septiembre de 2009 y finalizará en Diciembre de 2011. Durante la primera etapa del 2009 se completaron las fases de especificación técnica y diseño, como se podrá ver en el apartado 3. *Metodología del proyecto*. En 2010 se han realizado sesiones de validación técnica y social, esta última con

expertos/as y usuarios/as, para completar el diseño final. Durante el año 2011 está en desarrollo la fase de puesta en marcha y ejecución de la experiencia piloto con una muestra de más de 100 personas usuarias en 41 provincias del territorio español.

En paralelo a todos los beneficios sociales que puede aportar **“SocialTV para 3G”** en el marco de la inclusión social de las personas mayores, se pretende también validar cómo las nuevas tecnologías, y en concreto cómo el acceso a Internet de banda ancha, puede reducir las barreras de comunicación entre las personas mayores y su entorno. Para abordar este último objetivo, habrá que valorar aspectos de requerimientos claves, debido a las características del colectivo de las personas mayores: alfabetización digital, accesibilidad tecnológica y económica, usabilidad y sostenibilidad a largo plazo.

3. Metodología del proyecto

En el marco de los proyectos destinados a favorecer la inclusión social a través de las nuevas tecnologías, e-inclusión, es fundamental basarse en una metodología de desarrollo que contemple todas las fases imprescindibles para completar una solución orientada a la persona usuaria. En el caso del proyecto **“SocialTV para 3G”** la amplia red de personas que forman parte de Cruz Roja Española, permitió realizar sesiones de trabajo y entrevistas personalizadas a profesionales y voluntariado experto en el área de las personas mayores, así

como sesiones focus group con potenciales usuarios/as del servicio.

La metodología que se ha aplicado a lo largo de todo el proyecto pasa por las siguientes etapas en las que se contempla el papel del usuario/a final desde el principio:

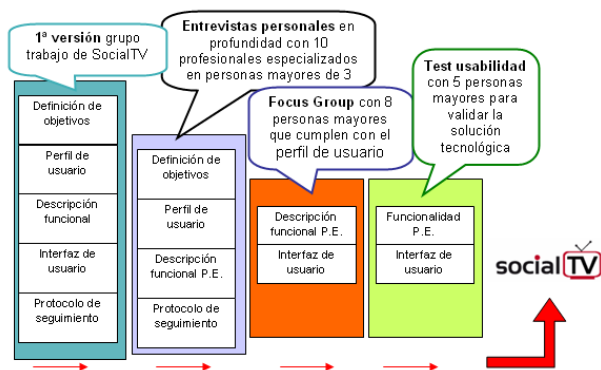


Imagen 1: Metodología aplicada para SocialTV

Pasa por las etapas mostradas en el diagrama:

1º En primer lugar se definió con el grupo de trabajo de SocialTV con personal de CRE, FVE y TECSOS una propuesta de red social digital para personas mayores a través de Internet y usando el televisor. En este primer planteamiento tanto de diseño como de funcionalidad se tuvieron presentes las recomendaciones de Accesibilidad Universal y Diseño para Todos: I Plan Nacional de accesibilidad del actual Ministerio de Sanidad y Política Social Ministerio de Asuntos Sociales, Ley 51/2003, de 2 de diciembre, de Igualdad de Oportunidades, La Declaración de Estocolmo del EIDD (Design for All Europe 2004), Recomendaciones de usabilidad según (ISO) /IEC 9241, European Interoperability Framework, W3C Web Accessibility Initiative y

al SID@R Seminario de Iniciativas sobre Discapacidad y Accesibilidad en la Red.

2º A continuación, se trabajó sobre esta primera versión aplicando el conocimiento y experiencia de los/as agentes involucrados en el proyecto, en concreto se realizaron 10 entrevistas personalizadas con profesionales expertos en el área de personas mayores de 3 provincias españolas.

3º En la siguiente etapa, con una mayor definición del “Punto de Encuentro” y de los “Contenidos”, se desarrolló un Focus Group con 8 personas mayores que cumplen con el perfil de usuario/a propuesta para definir los temas de usabilidad y manejo de la plataforma, así como los aspectos de diseño de interfaz.

4º En la parte final de la metodología, una vez desarrollada la versión definitiva de “SocialTV” junto con las pruebas de fiabilidad, estabilidad, robustez, funcionamiento e integración técnica, se realizaron test de usabilidad con 5 personas mayores para validar su funcionamiento, interacción y temas relacionados con la accesibilidad.

Toda la información recopilada de la validación y testeo del “Punto de Encuentro”, ha permitido desarrollar el sistema de SocialTV que actualmente están probando usuarios/as en profundidad en la fase del piloto.

4. Funcionalidades y ventajas

Los objetivos establecidos dentro del presente proyecto, tanto los sociales como los tecnológicos, se alcanzan a partir de una solución técnica específica, que se explica detalladamente en el siguiente punto del documento. En este apartado se describe, desde un punto de vista más funcional, qué ofrece a la persona usuaria el sistema **SocialTV** como solución innovadora y cómo puede responder a las necesidades del colectivo objetivo: las personas mayores.



Imagen 2: Pantalla de “Inicio” de SocialTV (usuario con nombre Juan)

A continuación se definen estas dos funcionalidades principales que ofrece la aplicación **SocialTV**, a las que los usuarios/as pueden acceder desde sus propios domicilios y en el horario de preferencia.

4.1 APLICACIÓN SOCIALTV: APLICACIÓN PRINCIPAL

SocialTV es una aplicación que se integra con la televisión del usuario/a, ofreciéndole una serie de funcionalidades orientadas a promover las relaciones sociales entre personas mayores y proporcionándole un acceso rápido y sencillo a diversa información multimedia. El sistema facilita a la persona usuaria el acceso a **SocialTV** a través de su televisor y mando a distancia habitual. En la pantalla inicial de la aplicación, mostrada en la Imagen 2, se encuentran dos opciones (secciones) accesibles para realizar dos actividades distintas: “Punto de Encuentro” y “Contenidos”.

• VIDEOCOMUNICACIÓN.

A través de la opción “Punto de Encuentro” se permite la videocomunicación entre personas mayores (que tienen en común pertenecer a la red de Cruz Roja Española), conocidas entre sí o no, a través de un sistema de fácil manejo integrado en su televisor. De esta manera las personas usuarias se sienten más acompañadas, entretenidas y motivadas en su vida diaria, disfrutando de la posibilidad de ver, escuchar y compartir experiencias con otras personas que, como ellas, tienen el sistema **SocialTV** instalado en su domicilio o en su Centro Asistencial. Dentro del “Punto de Encuentro”, cada participante tiene asociada una ficha con algunos datos personales (nombre, foto, aficiones, intereses) que el resto de personas usuarias tiene la oportunidad de consultar, ofreciendo a priori una pequeña información de las personas con las que pueden contactar.



Imagen 3: Pantalla de “Personas” dentro del “Punto de Encuentro”



Imagen 4: “Ficha Personal” de un usuario en el “Punto de Encuentro”

4.1.2. ACCESO A “CONTENIDOS”.

Otra oportunidad de uso de **SocialTV** para los usuarios/as, es estar informados/as mediante el acceso a diferentes contenidos que se publican periódicamente dentro del sistema **SocialTV**. Esta información textual, audiovisual o basada en imágenes, se organiza en diferentes categorías o temáticas de manera que los usuarios/as tienen la opción de acceder únicamente a aquellas temáticas que les interesen. Los usuarios/as se mantienen conectados con la actualidad y relacionados con lo que ocurre a su alrededor de una manera fácil, rápida y cómoda desde sus propios hogares o Centros Asistenciales. La publicación de los contenidos multimedia en **SocialTV** se realiza principalmente a través de

una herramienta Web específica (ver apartado 4.2.1. *Herramienta Web de mantenimiento de la plataforma de usuarios/as y gestión de los contenidos*).



Imagen 5: Pantalla de “Temáticas” dentro de la sección de “Contenidos”

4.2. FUNCIONALIDADES ADICIONALES

El desarrollo de la aplicación principal de **SocialTV** se ha acompañado de otros dos desarrollos que, cumpliendo los estándares de accesibilidad Web [3], completan las funcionalidades de “Punto de Encuentro” y “Contenidos”. Como se enuncia en los siguientes apartados, estos dos desarrollos adicionales facilitan en un caso la funcionalidad y en el otro, complementan a la perfección los servicios que ofrece la aplicación principal utilizando la tecnología 3G.

4.2.1. HERRAMIENTA WEB DE MANTENIMIENTO DE LA PLATAFORMA DE USUARIOS/AS Y GESTIÓN DE LOS CONTENIDOS.

Se trata de una herramienta que no va dirigida a los usuarios/as finales sino a los perfiles de “Administrador” de usuarios/as SocialTV y “Contenidos”. La herramienta Web denominada “Gestor de Contenidos” se ha desarrollado, para realizar el seguimiento y mantenimiento de la plataforma SocialTV: alta de equipos de SocialTV, gestión de usuarios/as y tareas de publicación y gestión de los contenidos multimedia. Estas acciones se llevan a cabo por los/as profesionales de Cruz Roja Española que participan en el proyecto y por los/as “Dinamizadores/as”, miembros seleccionados del equipo de voluntariado de la misma organización, que desarrollarán las tareas más relacionadas con la dinamización de usuarios/as y contenidos.



Imagen 6: Pantalla inicial de “Gestor de Contenidos” de la Herramienta Web SocialTV

4.2.2 PUBLICACIÓN DE CONTENIDOS MULTIMEDIA EN MOVILIDAD.

A través de una herramienta móvil desarrollada en el sistema operativo Android, se permite a los/as “Dinamizadores/as” que

publiquen en **SocialTV** contenidos multimedia (fotos y vídeo de Youtube autorizados) en movilidad, de manera sencilla y rápida, desde cualquier lugar. Para esta herramienta móvil se ha definido, además del “usuario/a dinamizador/a”, un perfil de “usuario/a de SocialTV” para personas mayores usuarias que tienen un avanzado conocimiento en el manejo de teléfonos móviles. Estos usuarios/as pueden colgar y compartir con todos los participantes del “Punto de encuentro” fotografías personales en un apartado específico ubicado en la “Ficha personal” dentro de **SocialTV**.



Imagen 7: Pantalla de inicio y carga de una foto de la aplicación móvil SocialTV

5. Solución tecnológica

Basada en los principios de accesibilidad universal y diseño para todos [4], se desarrolla la solución tecnológica **SocialTV**. El dispositivo, desarrollo propio basado en comunicación 3G, tiene como clave de éxito la interacción del usuario/a-SocialTV a través de su propio televisor y mando a distancia.

El sistema es accesible con un botón del mando a distancia y la interfaz y las posibilidades de navegación de las pantallas han sido

desarrolladas según los criterios más adecuados de usabilidad y accesibilidad para personas mayores. Aspectos como la seguridad en el acceso y el tratamiento de datos personales de los mayores están preservados para estos dispositivos según la LOPD¹

5.1. REQUISITOS FUNCIONALES DE LA SOLUCIÓN

En base a la metodología del proyecto, en las primeras fases se definieron las especificaciones funcionales que se requerían para cubrir las necesidades y expectativas de los usuarios/as, obtenidas a través de las diversas actividades de validación social y funcional realizadas tanto a potenciales usuarios/as como a personas expertas y técnicas cercanos al colectivo de personas mayores. En primer lugar se definió el **perfil de persona usuaria** de la solución de la siguiente manera: *Persona mayor de 60 años, en situación de soledad, sin deterioro cognitivo, con o sin problemas de movilidad, con capacidad mínima de manejo de nuevas tecnologías, o en su defecto, capacidad de aprender a manejarlas.*

En cuanto a características y requisitos funcionales, la solución que se iba a desarrollar tenía que contar necesariamente con los siguientes:

¹ **Ley Orgánica 15/1999 de 13 de diciembre de Protección de Datos de Carácter Personal**, (LOPD), es una Ley Orgánica española que tiene por objeto garantizar y proteger, en lo que concierne al tratamiento de los datos personales, las libertades públicas y los derechos fundamentales de las personas físicas, y especialmente de su honor, intimidad y privacidad personal y familiar.

Aspectos de accesibilidad y usabilidad: es necesario tener en cuenta los correspondientes al colectivo de personas mayores.

Manejo sencillo de la aplicación: los dispositivos que vayan a manejar los usuarios/as deben ser familiares para ellos y el manejo de la aplicación debe ser muy intuitivo.

Información de usuario/a: es necesario que se registre a cada usuario/a dentro de la aplicación. Cada usuario/a tiene que proporcionar una serie de datos personales, y especificar dos franjas horarias en las que desea estar disponible para que le puedan llamar. Además, cada usuario/a tiene que poder consultar cierta información sobre el resto de usuarios/as, de manera que se promueva la comunicación y la participación inicial entre ellos/as.

Alta y baja de usuarios/as: la inclusión en el “Punto de Encuentro” de un nuevo participante se gestiona de la siguiente manera: el nuevo contacto aparecerá marcado de una manera diferente en la lista de contactos durante un tiempo determinado. La baja de un/a participante no se comunica al resto de usuarios/as, salvo que vaya asociado a un comportamiento negativo que deba ser reconocido públicamente dentro de la red, para recordar el buen funcionamiento del “Punto de Encuentro”.

Control de presencia: es necesario tener un control de presencia para que los usuarios/as sepan cuándo están disponibles ellos/as mismos y con quién pueden comunicarse en cada momento, garantizando así cierto nivel de intimidad.

Número de contactos: cuando un usuario/a entra al “Punto de Encuentro” es requisito que

vea la lista de todos los usuarios/as que estén registrados en el mismo, tanto si están conectados/as como si no en ese momento al “Punto de Encuentro”.

Contenidos: debe existir un espacio dentro de la aplicación en el que se puedan publicar y actualizar contenidos multimedia con información sobre diferentes temáticas de interés para el colectivo de personas mayores. Para la aparición de los contenidos en la lista se aplicarían los mismos requisitos que para el caso de los contactos.

Aparición de los contactos y otros elementos en la lista: para garantizar la accesibilidad, es necesario que el número de elementos que se visualiza en cada pantalla no sea excesivo, y permita un tamaño de texto, imágenes y símbolos adecuado al colectivo objetivo de la solución.

Gestión de grupos: es requisito que se puedan crear grupos de usuarios/as en función de sus intereses, de manera que los miembros de un mismo grupo tengan aficiones y temas de interés comunes y se promueva así la comunicación entre ellos.

Llamadas: las llamadas se realizan siempre entre dos usuarios/as **SocialTV**, y se puede aceptar o rechazar la llamada libremente.

Mensajes al usuario/a: deben ser claros, con información redundante en diferentes formatos y en ningún caso en tono negativo.

5.2. PLATAFORMA Y DISPOSITIVO: DESARROLLO SOFTWARE Y HARDWARE

En base a las especificaciones funcionales, que reflejaban las necesidades y expectativas del colectivo de usuarios/as, se buscó el desarrollo tecnológico más adecuado para cubrir esas necesidades y cumplir con todos los requisitos funcionales de la solución. La plataforma y el dispositivo de usuario/a han sido desarrollados y configurados por la empresa CSA (Centro Regional de Servicios Avanzados), que centra su principal actividad en la prestación de servicios para la gestión, desarrollo, implantación y mantenimiento de soluciones basadas en las Tecnologías de la Información y la Comunicación.

5.2.1. PLATAFORMA.

Para llegar a conseguir la plataforma más adecuada para ejecutar un servicio con las características que se han descrito anteriormente, ha sido necesario llevar a cabo un desarrollo software específico, realizado en entorno Linux [5], y establecer las comunicaciones de datos a través de las redes de telefonía móvil de tercera generación (3G). Se ha empleado un navegador Firefox versión 4 que hace las funciones de interfaz de usuario/a. La parte de televisión se muestra en el navegador a través de un plugin multimedia, que obtiene la imagen emitida por un Media Player, corriendo en segundo plano. La videollamada hace uso de un cliente programado en Adobe Flash y, por último, para la comunicación entre el cliente y el servidor se utilizan servicios Web (a través de HTTP).

5.2.2. EQUIPAMIENTO HARDWARE.

También la configuración de equipamiento necesaria viene dada por la intención de cubrir ciertas especificaciones funcionales y técnicas extraídas directamente de las necesidades y expectativas de los potenciales usuarios/as. La Imagen 9 muestra el equipamiento completo que asegura el correcto funcionamiento de **SocialTV**. Entre los componentes del equipamiento hay un dispositivo que se ha desarrollado ad hoc para este proyecto, se trata de un prototipo hardware, tipo **set-top box**, que contiene una serie de dispositivos, cableado y conexiones necesarias para el buen funcionamiento del sistema **SocialTV**. Los componentes internos específicos de este set-top box son los que se enumeran a continuación:

- Ordenador
- Sintonizador de televisión TDT
- Router 3G
- Receptor de infrarrojos
- Conversor VGA a S-Video
- Conector para ADSL
- Alimentación para el ordenador
- Alimentación para el router
- Alimentación auxiliar

En este set-top box se han incorporado una serie de conexiones externas en la parte trasera del mismo, que permiten la conexión a la red eléctrica además de la conexión con el **televisor** y con los periféricos necesarios. La siguiente imagen muestra las conexiones externas que incorpora el set-top box.



Imagen 8: Conexiones externas del set-top box o caja SocialTV

Además de los componentes del set-top box que se acaban de describir, el equipamiento necesario para **SocialTV** incluye también dos periféricos imprescindibles para que se pueda establecer la videocomunicación entre los dos extremos:

Un **micrófono** (conectado a uno de los puertos USB del set-top box)

Una cámara Web (idem)

Es posible conectar también otro tipo de periféricos, como auriculares y micrófonos jack, puesto que el set-top box está preparado para ello y presenta dos entradas de este tipo en su parte trasera.

El dispositivo que completa el equipamiento de **SocialTV** es el **mando a distancia**. Este mando a distancia ha sido seleccionado para **SocialTV** de entre un amplio catálogo de controles remotos universales para televisión por sus prestaciones y características de accesibilidad para personas mayores. Ha sido configurado de tal manera que puede emplearse para interactuar con **SocialTV** únicamente a través de los 4 botones de colores del teletexto. Además puede entrenarse para que realice las funciones básicas de manejo de la televisión y sustituya, por lo tanto, al mando a distancia propio del televisor en la ejecución de esas funciones.



Imagen 9: Equipamiento SocialTV

5.2.3. Seguridad. Se han establecido una serie de requisitos de seguridad que aportan garantías en la autenticidad de las transacciones de información así como fiabilidad y protección en la comunicación. Entre ellas podemos destacar la asignación de líneas de teléfono preferenciales de tipo QoS cuya característica principal es la garantía de que siempre dispondrán de velocidad 3G, incluso en situaciones de congestión de red. Así mismo, todas las transacciones cliente-servidor entre dispositivos SocialTV y la plataforma, así como entre los propios dispositivos, incorporan una capa de seguridad SSL con mecanismo de intercambio de clave pública que asegura la autenticidad y privacidad de las comunicaciones. Con respecto a la información de los/as usuarios/as, ésta se encuentra almacenada en las bases de datos propiedad de Cruz Roja de España. La plataforma SocialTV sólo incluye información que la persona usuaria haya previamente consentido a intercambiar, no incluyendo en ningún momento información confidencial o sensible a tratar. Dicha información factible de compartir es almacenada en las bases de datos de la plataforma SocialTV, siendo previamente cifrados los datos para conseguir una mayor integridad. Las videollamadas que se realicen

entre dispositivos SocialTV se registran según ciertos parámetros pero no son grabadas en ningún momento al no ser un servicio de emergencias. Sin embargo, las llamadas telefónicas de seguimiento y dinamización, realizadas por el Centro de Contacto (CC) de Cruz Roja Española a los/as usuarios/as SocialTV, sí serán grabadas según protocolos internos de seguridad.

5.2.4. Integración SocialTV + televisión. El desarrollo realizado permite que la aplicación de SocialTV esté totalmente integrada con la visualización de la televisión, de manera que el usuario/a verá la televisión a través del sintonizador de TDT que incorpora el set-top box, sin necesidad de conmutar a su sintonizador de TDT habitual. Gracias a esta integración se permite algo muy útil y uno de los puntos fuertes de la solución: poder intercalar la información de SocialTV sobre la señal de televisión. Así, la persona usuaria puede saber en todo momento si se encuentra conectado al “Punto de Encuentro” por la presencia de un icono en la parte baja de la pantalla que se lo indica. Igualmente si un/a usuario/a está conectado/a a SocialTV y se encuentra en un momento dado viendo la televisión, recibe una llamada, el aviso de llamada entrante le aparecerá sobre la pantalla de visualización del canal que se encuentre viendo en ese momento, teniendo la oportunidad de aceptar o rechazar esa videollamada.

5.2.4. IMPLEMENTACIÓN DE LOS REQUISITOS FUNCIONALES.

Aunque ya se han especificado tanto la configuración de software como la de hardware implementadas en la solución para conseguir los objetivos deseados, se expone a continuación, de forma detallada, cómo se han cubierto las necesidades y especificaciones funcionales que se detectaron y definieron en las primeras fases del desarrollo del proyecto, y que se han detallado anteriormente en el apartado 5.1. Requisitos funcionales de la solución:

Aspectos de accesibilidad: se ha seleccionado como interfaz de manejo para los usuarios/as el mando a distancia tradicional como único elemento de interacción. Este dispositivo se ha seleccionado por sus botones y números de gran tamaño y la rugosidad de las teclas. La interfaz se ha diseñado basada en los aspectos de accesibilidad más importantes para personas mayores, tal y como se explica en el apartado 5.3. *Interfaz*. La herramienta Web de gestión de contenidos y usuarios/as cumple con los estándares de accesibilidad Web.

Manejo sencillo de la aplicación: el dispositivo que se maneja para usar *SocialTV* es el televisor, a través de un mando a distancia accesible. Únicamente es necesario usar los 4 botones de colores del mismo para interactuar con *SocialTV*. Se puede acceder al “Punto de Encuentro” usando el verde y salir de la aplicación pulsando el botón rojo de acceso directo en el mando a distancia. La navegación dentro de la aplicación es muy intuitiva como se puede detectar por el ejemplo anterior: la parte baja de todas las pantallas de *SocialTV* muestra una representación de los 4 botones

de colores del mando con las acciones que se ejecutan al pulsar cada uno de ellos en cada pantalla.

Información de usuario/a: el/la usuario/a proporciona una serie de datos para darse de alta en *SocialTV*. Además de sus datos personales o datos de usuario/a para el registro (nombre completo, dirección, teléfono), proporciona otra serie de datos (datos de *SocialTV*) algunos de los cuáles se muestran al resto de usuarios/as en lo que se ha definido como “Ficha Personal” (nombre, foto, aficiones, intereses). Los/as usuarios/as pueden consultar esas fichas personales del resto de usuarios/as de manera previa a realizar una llamada. (Conocer a priori alguna información sobre las personas con las que puedes hablar resulta muy útil para encontrar puntos en común y generar conversaciones). Dentro de los datos de *SocialTV* el/la usuario/a proporciona su horario deseado de conexión, que consiste en una franja horaria en la que diariamente la persona usuaria va a estar dispuesta a que la contacten a través de *SocialTV* (por supuesto, este horario de conexión por defecto puede ser modificado puntualmente de forma manual). Esta información se gestiona a través de la herramienta Web de *SocialTV*, pero los datos críticos personales, residen en la Base de Datos de Cruz Roja Española.

Alta y baja de usuarios/as: la gestión de las altas y bajas de las personas usuarias se realizará según los protocolos internos de Cruz Roja Española, así como los cambios de datos. Las personas nuevas en el “Punto de Encuentro” se mostrarán marcadas con un recuadro amarillo con objeto de potenciar su actividad en *SocialTV*. La baja de un/a usuario/a solamente es notificada al resto de participantes en caso de que sea provocada por

un comportamiento negativo dentro del “Punto de Encuentro”.

Control de presencia: Para cumplir con el requisito de control de presencia se definen una serie de estados y subestados dentro del “Punto de Encuentro”:

Conectado: un/a usuario/a se identificará como *conectado* al “Punto de Encuentro” siempre que se encuentre dentro de su horario de conexión, o se haya conectado manualmente. Mientras que el usuario/a está en este estado aparece en todo momento el icono de un punto verde en la esquina inferior izquierda de su pantalla de televisión (ver Imagen 10), y el resto de usuarios/as pueden ver que está *conectado* consultando su ficha personal. Dentro del estado *conectado* se pueden dar dos situaciones diferentes (o subestados):

Ocupado / No Disponible: equivale a estar comunicando en el teléfono convencional y, por lo tanto, a un/a usuario/a que se encuentre en este estado no se le puede llamar. En cambio sí se le puede dejar un “Aviso” (equivalente a una llamada perdida) para que lo vea cuando termine de hablar. El/La usuario/a que se encuentre hablando o realizando una llamada a algún/a otro/a usuario/a aparecerá en el “Punto de Encuentro” como *no disponible* y el resto de usuarios/as verán un icono ilustrativo de “comunicando” sobre ese contacto en la lista

Disponible: siempre que el/la usuario/a no esté *ocupado*. El estado *conectado-disponible* implica que puedes llamar y te pueden llamar.

No Conectado: un/a usuario/a se encontrará en estado de *no conectado* al “Punto de Encuentro” cuando se encuentra fuera de su horario de conexión, o está dentro de ese

horario pero tiene el equipo apagado, o se desconecta manualmente del “Punto de Encuentro”. El resto de usuarios/as pueden saber que un/a usuario/a está *no conectado* en un momento dado por la información que muestra su ficha personal.

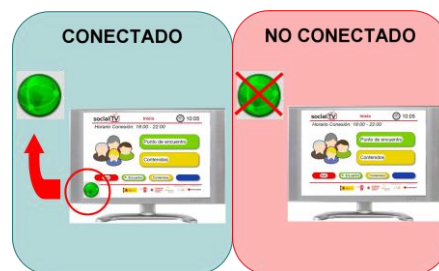


Imagen 10: Identificación del estado dentro de SocialTV

Contactos/Personas: es la lista completa de usuarios/as que están dados de alta en el sistema de **SocialTV** y que cada participante puede videollamar. Previo a una videocomunicación es necesario acceder a cada una de las “Fichas Personales” para comprobar si un/a usuario/a concreto se encuentra *conectado* o *no conectado*. En el caso de que un/a usuario/a esté *ocupado* en una llamada, se identificará por un icono tanto en su “Ficha Personal” como en la lista de “Personas”.

Contenidos: junto a la “Punto de Encuentro”, cuando la persona usuaria entra en la aplicación de **SocialTV**, tiene la oportunidad de acceder a “Contenidos”. En este apartado se organiza por una serie de temáticas que resultan de interés para el colectivo de personas mayores, dentro de las cuáles se van publicando periódicamente contenidos multimedia que los usuarios/as pueden consultar según lo deseen.

Aparición de los contactos y otros elementos en la lista: en cada una de las pantallas en las que aparece una lista (ya sea de contactos o de contenidos) en **SocialTV** se visualizan como máximo 8 elementos. En el caso de la lista de contactos se visualizan 6 contactos y dos opciones: “Contactos por grupos” y “Más contactos”. Para los 6 contactos de la primera página, cada día se muestra una configuración diferente, formada por: 2 favoritos (contactos con los que más habla ese usuario/a), 2 nuevos (marcados con recuadro amarillo) y 2 que se muestran en esa primera página de manera aleatoria. En el caso de las pantallas de temáticas de contenidos se visualizan 7 contenidos y una opción (“Más temáticas”). Los contenidos nuevos se marcan con un recuadro amarillo.

Gestión de grupos: se han creado una serie de grupos de aficiones o intereses, a los que los/as usuarios/as pueden decidir si pertenecer o no en el momento de darse de alta en **SocialTV** (y posteriormente pueden modificar). La posibilidad de filtrar a los contactos por grupos, permite que los usuarios/as tengan un acceso más directo y rápido tanto a contactos con los que ya han hablado y de los que conocen sus intereses, como a contactos que aún no conocen pero con los que pueden tener puntos en común.

Llamadas: las llamadas dentro del “Punto de Encuentro” solamente se pueden realizar entre dos personas con sistema **SocialTV**. Los/as usuarios/as pueden aceptar, rechazar o no atender la llamada libremente, sabiendo que el mensaje que le va a llegar al otro usuario/a va a ser siempre un mensaje neutro, tanto en el caso de no responderla como en el caso de rechazarla.

Mensajes al usuario: la información desde la aplicación hacia el usuario/a se le proporciona tanto a través de mensajes visuales (texto, imágenes) como por medio de señales auditivas cuando es necesario (Ejemplo: llamada entrante). Todos los mensajes que se envían se construyen de manera que resulten comprensibles y positivos para el usuario/a.

5.3. INTERFAZ

La interfaz de **SocialTV** se ha diseñado en base a los principios de accesibilidad universal [6], sobre todo teniendo en cuenta los correspondientes a la accesibilidad para las personas mayores, que se resumen en los puntos que se enumeran a continuación:

Las letras y los números son de gran tamaño.

Los colores de los títulos y contraste y fondo de las pantallas cumplen con las principales normativas de accesibilidad universal.

Los mensajes textuales se acompañan con imágenes ilustrativas y/o señales auditivas que ayudan al usuario/a.

Los mensajes y señales auditivas se acompañan de un soporte de símbolos, imágenes y/o texto.

No se han empleado símbolos ni iconos que pudieran resultar confusos para el usuario/a por el hecho de no comprender su significado.

Se ha incluido en la interfaz información útil para el usuario/a que se muestra en las pantallas principales en las que el usuario/a puede estar ubicado. Prueba de esto es que el usuario/a ve su nombre y horario de conexión en la pantalla de inicio y también que en todo momento se le muestra la hora actualizada.

6. Conclusiones

La solución tecnológica que se ha explicado, así como la metodología llevada a cabo teniendo en cuenta en todo momento la experiencia de usuario/a, se han construido para acercar el mundo de las redes sociales al colectivo de personas mayores, y hacerlo en función de las necesidades y expectativas que ellos mismos expresan.

En función de los resultados de la prueba piloto se podrá conocer si realmente esta solución alcanza los objetivos planteados y si demuestra que el crecimiento de las relaciones sociales consigue mejorar la calidad de vida y favorecer la independencia de las personas mayores.

7. Referencias

[1] D. ^a. Ramona Rubio Herrero, “La soledad en las personas mayores españolas”. Artículo. Portal Mayores, Pág. 4. Madrid, 30 de junio de 2004.

[2] Observatorio Accesibilidad TIC Discapnet, “Accesibilidad de Plataformas de Redes Sociales”, Informe. Pág. 4. Diciembre 2010.

[3] Andrew Arch (WC3), “Web Accessibility for Older Users: A Literature Review”. W3C Working Draft. 14 de mayo de 2008.

[4] EIDD Design for All Europe (2008). Consultado el 15 de abril de 2011, página web de Diseño para todos: <http://www.designforalleurope.org>

[5] UBUNTU (2011). Consultado el 3 de abril de 2011, página Web de Ubuntu: <http://www.ubuntu.com/>

[6] Jakob Nielsen, (2003). “Usability 101: Introduction to Usability”. Consultado el 3 de abril de 2011. Página web de Useit.com: <http://www.useit.com/alertbox/20030825.html>

8. Derechos de autor

Las autoras de este artículo aceptan la cesión de los derechos de autor sobre los mismos para su publicación en el libro de actas del Congreso.

9. Agradecimientos

Las autoras de este trabajo quieren expresar su agradecimiento a las siguientes personas y entidades, por apoyar y participar activamente en esta iniciativa y hacer posible el buen desarrollo de todas las fases del proyecto. Así, agradecemos la colaboración, apoyo y participación:

A Cruz Roja Española y a todo su personal participante en el proyecto.

A la muestra de usuarios/as seleccionada para participar en la prueba piloto.

A los desarrolladores de la solución software y hardware.

Gestión accesible de servicios de ocio online

Esteban Etayo Gil, Jaisiel Madrid Sánchez
Fundosa Technosite S.A.
etayo@technosite.es, jmadrid@technosite.es

Resumen

En este artículo se presenta un prototipo para la gestión accesible de servicios de ocio online, desarrollado en el contexto del proyecto INREDIS, en su plataforma del entorno de productos y servicios. Este prototipo crea canales de comunicación directos con determinados servicios digitales de ocio existentes en la web, habilitando diversos canales de interacción entre los usuarios, sus dispositivos de acceso y las funcionalidades de los citados servicios de ocio. El sistema desarrollado se encarga, de manera transparente al usuario final, de la personalización automática de las interfaces, adecuándolas a las necesidades y preferencias de los usuarios, según sus capacidades y las capacidades tecnológicas de sus dispositivos. El artículo muestra el diseño tecnológico necesario para la integración de una plataforma de ocio accesible en el ecosistema INREDIS, los resultados obtenidos y las conclusiones que se han obtenido de todo el proceso.

Abstract

This article presents an accessible management leisure prototype, developed within the INREDIS project framework, within its Products and Services platform. This prototype enables the user to have direct communication with a specific digital entertainment services available on the web. The prototype allows every user to interact through his access device with the leisure services. The developed system is in charge of the automatic personalization of interfaces, adapting them to the user needs and preferences and to the technological capabilities of his device, while all the process remains transparent to him. This article explains the technological design followed to enable a correct integration of the leisure prototype within the INREDIS system. It also shows the obtained results and it states the conclusions obtained throughout the whole process.

1. Introducción

El proyecto INREDIS es un proyecto de investigación básica que se centra en el desarrollo de tecnologías de base que permitan crear canales de comunicación e interacción entre las personas con algún tipo de necesidad especial y su entorno. Se basa en la interoperabilidad (puede utilizarse cualquier dispositivo), accesibilidad (convierte cualquier servicio en accesible), adaptabilidad (la interfaz se adapta a las características y preferencias del usuario, a su entorno y a su dispositivo), multimodalidad (la comunicación puede establecerse por distintas vías, para que el usuario pueda elegir la más apropiada) y seguridad (el sistema garantiza la confidencialidad y privacidad de los datos y de las comunicaciones). El objetivo final es que cualquier persona pueda usar cualquier dispositivo para controlar y comunicarse con su entorno (máquinas expendedoras, servicios web, paneles informativos, electrodomésticos, etc.) disponiendo siempre de la mejor interfaz posible [1].

El acceso a la información y la gestión pro-activa de la misma mejora la experiencia de usuario, consiguiendo una progresión del sistema y una mayor inteligencia.

El uso de tecnologías diversas en contextos diferentes permite automatizar los procesos, mejorando la accesibilidad de la interacción con los servicios que, originariamente, pueden presentar importantes barreras de acceso tecnológico.

La multimodalidad e interoperabilidad permiten que cada usuario explore las

capacidades que mejor desarrolla, supliendo aquellas que no tiene tan desarrolladas.

En la actualidad existen multitud de plataformas de ocio en donde los usuarios pueden reservar hoteles, restaurantes o comprar una entrada de cine, pero bien por el modo de interacción o bien por la falta de información referente a la accesibilidad del local, todavía existen grandes barreras para las personas con discapacidad y las personas mayores. Con el ecosistema INREDIS se pretende eliminar la brecha existente en la interacción y acercar las plataformas de ocio a los modos de interacción que les resultan útiles a estos usuarios, añadiendo además, toda la información que haya podido ser ignorada.

El artículo se organiza en cuatro secciones. En primer lugar, se introduce el alcance del proyecto INREDIS en el ofrecimiento de nuevos canales de interacción de las personas con diversidad funcional y su entorno. A continuación, se expone la plataforma de ocio accesible, como está compuesta, como se integra en el ecosistema INREDIS y que tecnologías se han utilizado. En la Sección 3 se introducen las funcionalidades de la plataforma y los resultados obtenidos tras la integración. Finalmente, se presentan las principales conclusiones del artículo.

2. Plataforma de ocio accesible

En esta sección se va a presentar las fases que ha tenido la generación de la plataforma de ocio, a partir del ecosistema INREDIS.

2.1. CONCEPTUALIZACIÓN INICIAL

La conceptualización inicial de la plataforma de ocio se puede ver representada en la Figura 1.

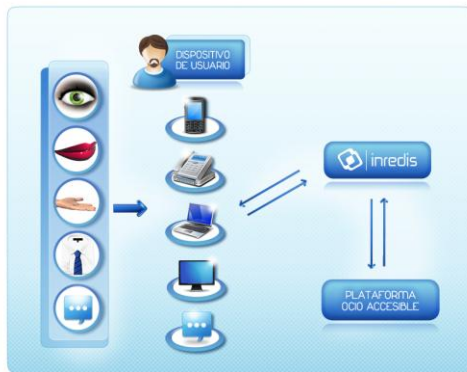


Figura1: Componentes básicos para la gestión de ocio accesible.

En la imagen se pueden ver los componentes básicos que son necesarios para mostrar la estructura general de funcionamiento de esta plataforma experimental. Por un lado están los dispositivos desde donde los usuarios se conectan al sistema, utilizando uno o varios modos de interacción. Como pieza principal está el ecosistema INREDIS que se mostrara en todo el artículo como una caja negra, abstrayendo detalles de su funcionamiento interno, y que se encarga de adaptar la presentación del contenido del servicio objetivo y adecuarlo a las necesidades del usuario final. Por último, se muestra la plataforma de ocio accesible, sistema cuyo

diseño estructural será introducido de manera detallada en los subsiguientes apartados.

Según la secuencia de funcionamiento general del sistema desarrollado, un usuario desde su dispositivo personal (móvil, PC, iPad, etc.) se conecta a la plataforma de ocio, quedando autenticado y autorizado desde el momento que ha accedido con los credenciales correctos al ecosistema INREDIS. A partir de ese momento la plataforma queda a la espera de una petición del usuario a través de su interfaz. Mediante un proceso de gestión de sesiones, el sistema identifica al usuario y recupera las preferencias y modos de interacción con que éste se siente más cómodo. A partir de este modelo, el sistema genera interfaces que gestionan la comunicación con el servicio objetivo mediante una adaptación personalizada, compatible con las necesidades y preferencias funcionales de la persona usuaria.

Así, la plataforma de ocio accesible busca:

Definir interfaces multimodales altamente interactivos, que favorezcan la interacción natural y amigable de las personas con diferentes capacidades y preferencias heterogéneas.

Aplicar la arquitectura de accesibilidad universal de INREDIS a la compra de diversos productos o servicios específicos, relacionados con el ámbito del ocio; por ejemplo, la compra de una entrada de cine, una reserva de un hotel o de un restaurante.

Habilitar mecanismos de comunicación de la arquitectura de accesibilidad de INREDIS con servicios de externos no críticos, para habilitar una interacción adaptada.

Desacoplar el núcleo o *core* INREDIS del resto de la plataforma experimental, favoreciendo la integración modular de los componentes funcionales principales de la plataforma experimental.

En la Figura 2 se muestran los componentes que interactúan en el interior de la plataforma experimental y cuál es el punto de entrada y salida hacia el exterior.

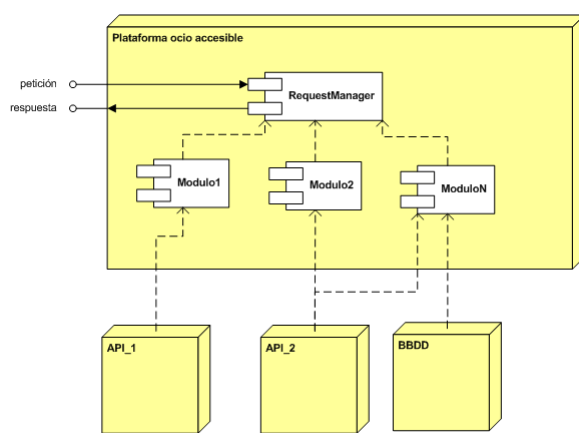


Figura 2: Diagrama de componentes internos de la plataforma de ocio accesible

En el interior de la plataforma experimental, se ha diseñado una pieza arquitectónica para canalizar la información y gestionar todas las peticiones. Se denomina *RequestManager*. Este canalizador es el encargado de abrir los canales de comunicación con los módulos que se han generado en la plataforma. Cada uno de estos módulos son completamente autónomos, siendo la gestión orquestada de los mismos a través del *RequestManager* la que habilita usos complejos, de valor añadido, de la plataforma experimental. Como también se muestra en la Figura 2, Cada uno de los módulos puede hacer uso de APIs externas y/o bases de datos propias o externas en donde recuperar o almacenar información.

2.2. DISEÑO DE MÓDULOS FUNCIONALES

En este apartado se van a desglosar las funcionalidades que han sido encapsuladas dentro de cada uno de los servicios que conforman la plataforma de ocio accesible de Technosite:

Módulo análisis de recomendación y análisis *postventa*: según el perfil de un usuario, conocido previamente, la solicitud realizada y su ubicación actual, se realiza una búsqueda condicionada en la que se genera un listado para mostrar al usuario las mejores alternativas posibles. En este módulo también se ha englobado la funcionalidad de análisis *postventa*, análisis sobre la satisfacción de los clientes tras haber consumido el producto de ocio que hayan comprado o reservado. Se realiza mediante la respuesta a un formulario propuesto de manera personalizada, según su perfil, el espectáculo, el transporte utilizado y su ubicación actual. Con las respuestas de los usuarios, se genera una realimentación continua del sistema, mejorando la calidad de la recomendación ante nuevas peticiones de los usuarios.

Módulo pago, seguridad y entrega: este módulo es el encargado de gestionar las operaciones llevadas a cabo por los usuarios que han decidido realizar la compra o reserva de un producto de ocio. Cada petición de compra llevará encapsulados datos seguros que serán comprobados por el sistema para cerciorar su veracidad; si el modelo de pago lo precisa, se podrán delegar comprobaciones hacia componentes externos, no propios de la plataforma. Si se produce el pago de manera correcta, o la petición de reserva se ha

realizado correctamente, se procede a la entrega del producto, generando como respuesta un ticket virtual con diferentes datos y un código de barras, que se utilizará como identificador en el momento de consumición del servicio de ocio.

Módulo localización: este módulo es el encargado de calcular la distancia desde la posición actual del usuario hasta los diferentes lugares donde son consumidos los productos de ocio. También se encarga de generar las rutas para llegar a cada lugar, indicaciones de tipo textual y/o tipo navegación.

2.3. INTEGRACIÓN EN LA ARQUITECTURA TECNOLÓGICA DEL PROYECTO INREDIS

La integración de la plataforma de ocio con INREDIS genera un entorno totalmente adaptado para cualquier usuario con diversidad funcional. De esta manera se integran todas las funcionalidades definidas en esta plataforma, con los diferentes productos de apoyo que le faciliten la interacción al usuario.

INREDIS define varias pautas para la generación de nuevas plataformas experimentales, entre las que destacan:

Abstraer al ecosistema INREDIS de la lógica interna de cada plataforma experimental.

Poder generar un canal de comunicación eficiente, dinámico y bajo estándares abiertos entre el ecosistema INREDIS y el/los servicios que componen la plataforma experimental.

Las interfaces que INREDIS genera de manera personalizada, necesitan como parámetro de

entrada un fichero UIML, fichero que define cada interfaz de manera abstracta. Estos ficheros pueden ser de dos modos:

Estáticos: empleados cuando los interfaces no van a cambiar.

Dinámicos: utilizados cuando los interfaces son totalmente dependientes de las peticiones que generan los usuarios al sistema.

La plataforma de ocio accesible se ajusta a estas directrices. En concreto, el *RequestManager* se encarga de introducir la lógica interna específica y abstrae a INREDIS de la misma.

El *RequestManager* y el resto de componentes de la plataforma han sido diseñados bajo una arquitectura orientada a servicios (SOA, por sus siglas en inglés) permitiendo la entrada/salida a la plataforma mediante peticiones SOAP, por lo que cumple el segundo objetivo, creando un canal de comunicación dinámico y eficiente bajo estándares abiertos.

Cada petición conlleva consigo la generación de resultados, resultados que no pueden devolverse a INREDIS tras haber sido obtenidos. Esta información tiene que ser tratada y encapsulada en un único fichero con formato UIML. En esta plataforma de ocio, cada respuesta del sistema depende directamente de la gran variedad de parámetros de entrada, como la posición actual del usuario, el perfil del usuario, los datos que hayan introducido en los formularios que se le hayan presentado, etc. Por ello, la creación de ficheros estáticos UIML no resulta suficiente, siendo precisa la creación de una nueva pieza arquitectónica que se encargue de crear el fichero UIML dinámicamente según la respuesta obtenida por parte del resto de componentes. En la

Figura 3 se puede ver el modo de integración de este nuevo componente en la plataforma experimental.

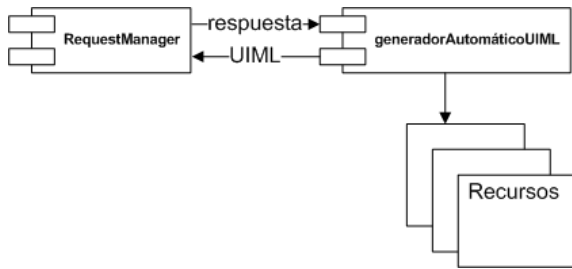


Figura 3: Diagrama generador automático UIML

En el diagrama se muestra como se capturan las peticiones que van a salir del sistema y se introducen en un nuevo elemento denominado generador automático de UIMLs. Este generador se encarga de encapsular toda la información que va a ser devuelta a INREDIS, en un nuevo fichero con formato UIML. Este fichero define de manera estructura y de manera funcional toda la información que es necesario mostrar en la interface del usuario, contando además, con referencias directas a los recursos que esta utilizando. Este fichero será devuelto posteriormente desde el *RequestManager* a INREDIS, y utilizado por este último para generar de manera personalizada la interfaz final que se le mostrara al usuario.

2.4. TECNOLOGÍAS UTILIZADAS

En este apartado se detallan las principales tecnologías empleadas en el diseño de la plataforma experimental y se justifica su uso en relación a otras tecnologías existentes.

2.4.1. SERVICE ORIENTED ARCHITECTURE (SOA)

La plataforma de ocio se ha diseñado e implementado bajo SOA, que es un paradigma arquitectónico referente a las arquitecturas orientadas a servicios web. Se define mediante una serie de principios, alineados con los fundamentos de la computación distribuida. Estos principios son los siguientes: contrato de servicios estándar, bajo acoplamiento de servicio, abstracción de servicio, reusabilidad de servicio, autonomía de los servicios, servicios carentes de estados, descubrimiento de servicios y servicio de composición [2].

En la actualidad, para poder implementar una plataforma SOA a gran escala, como es el caso de la plataforma de ocio propuesta, el mejor método es utilizar una tecnología de infraestructura conocida como Enterprise Service Bus (ESB). ESB está fuertemente basado en XML y los estándares de Web Services; facilita la gestión de flujos, la integración de nuevos componentes, la transformación de mensajes y soporta múltiples protocolos de entrada y salida [3].

2.4.2. WEB SERVICE

La World Wide Web Consortium lo define como un sistema de software diseñado para soportar interacción interoperable máquina a máquina sobre una red. Este tiene una interface descrita en un formato procesable por una máquina (específicamente WSDL). Otros sistemas interactúan con el servicios web en una manera prescrita por su descripción usando mensajes SOAP, típicamente enviados usando HTTP con

una serialización XML en relación con otros estándares relacionados con la web” [4].

En la plataforma experimental presentada, se ha encapsulado cada funcionalidad o conjunto de funcionalidades compatibles en un Web Service, respetando todos los estándares, tales como SOAP, WDSL o UDDI. De esta forma, se habilita, posteriormente, el intercambio de datos entre aplicaciones o servicios de una manera sencilla [5].

2.4.3. USER INTERFACE MARKUP LANGUAGE (UIML)

UIML es un tipo de fichero que se define bajo una estructura XML y se utiliza para definir una interfaz de manera abstracta. En él no se define posiciones ni diseños de elementos, únicamente se centra en definición de la interfaz a dos niveles:

Nivel estructural: definirá la estructura jerárquica y el tipo al que pertenece cada elemento; exista una biblioteca de elementos para INREDIS, pudiendo definir etiquetas, campos de entrada de texto, botones, etc.

Nivel funcional: definirá las reglas y comportamientos con que cuenta cada elemento que compone la estructura.

Cabe resaltar que mediante UIML no se define el dispositivo final que se ejecutara, ni el sistema operativo.

INREDIS utilizará este fichero para generar la estructura XHTML y el código javascript que enviará al navegador del usuario [6].

2.4.4. API (APPLICATION PROGRAMMING INTERFACE)

Una interfaz de programación de aplicaciones o API (del inglés Application Programming Interface) es el conjunto de funciones y procedimientos (o métodos, en la programación orientada a objetos) que ofrece cierta biblioteca para ser utilizado por otro software como una capa de abstracción. Son usados generalmente en las bibliotecas [7].

En el diseño e implementación de los diferentes servicios de la plataforma de ocio accesible, se han utilizado dos tipos de APIs:

API interna: no conecta con ningún servicio externo, el servicio lo lleva integrado en las clases que componen la API.

API externa: API utilizada para poder abrir un canal de comunicación e interactuar con un servicio exterior que nos proporciona una funcionalidad específica.

3. Resultados experimentales

En esta apartado se va a presentar los resultados obtenidos tras la implementación de la plataforma experimental, explicando las funcionalidades con que cuenta y las interfaces finales generadas a través de la arquitectura de accesibilidad de INREDIS.

3.1. FUNCIONALIDADES PLATAFORMA

En la Figura 4 se representan todas las funcionalidades y los flujos de cada una de las actividades en el interior de la plataforma de ocio accesible.

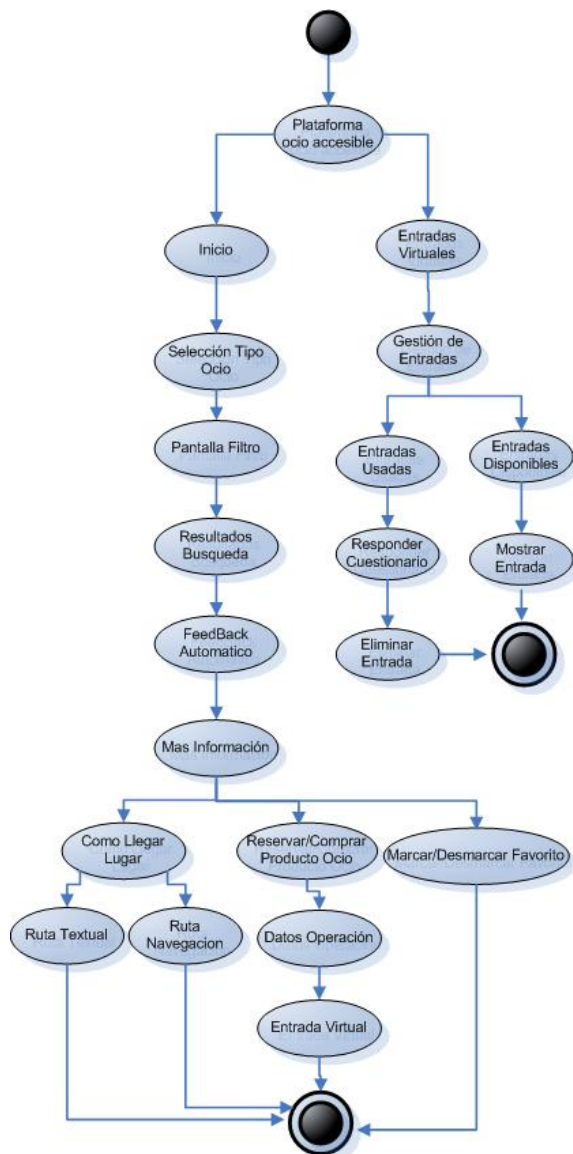


Figura 4: Diagrama de flujo de la plataforma

Al iniciar la plataforma de ocio se muestra la opción de poder iniciar un nuevo proceso de compra o reserva; o bien, la opción de poder

visualizar las entradas virtuales que actualmente tiene asignadas el usuario.

En el caso de elegir la opción de crear una nueva operación, se muestra en primer lugar un listado de los diferentes tipos de ocio con que cuenta la plataforma (Restaurantes, Hoteles, Espectáculos, Cines, Teatros, Bares, Discotecas, etc.). Seleccionado uno de ellos, se generará una nueva pantalla donde el usuario debe introducir datos en un formulario adaptado a sus necesidades, para precisar unos resultados acordes a su búsqueda. Se solicita el radio de distancia máximo en el que quiere realizar la búsqueda (el sistema conoce la posición del usuario a través de la información GPS de su terminal); también se puede introducir el subtipo de ocio que quiere buscar (por ejemplo, dentro de Restaurante, se puede seleccionar *Chino, Español, Comida Asturiana*, etc.), y por último se puede introducir el rango de precios para fijar el presupuesto del usuario.

La plataforma de ocio realiza la búsqueda condicionada a los datos introducidos y al perfil del usuario, teniendo en cuenta en todo momento el tipo de accesibilidad con que cuenta cada lugar y la diversidad funcional de cada usuario. Tras ello muestra un listado de resultados. En el momento que el usuario haya decidió ampliar la información de un lugar, el sistema genera una petición automática de *feedback* para decirle a la plataforma que el usuario con una diversidad funcional X, se ha interesado por un lugar Y. Esta acción es transparente al usuario. El usuario ve ampliada la información del lugar en cuestión, acerca de su accesibilidad, de sus precios, de su localización, de su distancia actual, precisa imágenes, y datos específicos de cada tipo de ocio, como pueden ser los horarios en un

teatro o la cantidad de habitaciones libres en un hotel.



Figura 5: Pantalla más información en un dispositivo móvil, interface alto contraste

En la pantalla de *mas información*, ver Figura 5, el usuario tiene la opción de conocer las rutas posibles para llegar al destino, de marcar ese lugar como lugar favorito o de reservar o comprar el producto de ocio seleccionado. Centrándonos en esta última acción, se le solicitará al usuario los datos necesarios para completar la operación, datos personales, datos para precisar la operación y los datos de pago. Si todos los datos son correctos, se generará al usuario una nueva entrada virtual, identificada mediante un código de barras y que le servirá igual que si tuviera la entrada físicamente.

Para poder ver las entradas virtuales, ver Figura 6, se debe seleccionar esta acción al inicio de la

plataforma. Tras ello podemos observar un listado de entradas con un panel para poder gestionarlas dependiendo de si son entradas usadas o entradas disponibles.



Figura 6: Pantalla con el listado entradas disponibles mostrado en un PC

Las entradas usadas, deben pasar un cuestionario de opinión o *feedback*, donde el usuario haga constar su impresiones acerca de cómo ha evolucionado el consumo del producto de ocio; todas estas respuestas servirán para crear una realimentación del sistema y dotarlo de mayor inteligencia en posteriores peticiones.

También es posible ver el listado actual de entradas disponibles y poder seleccionar alguna de ellas para ampliar su información.

4. Conclusiones

Se ha presentado un prototipo de gestión accesible de servicios de ocio online, mediante el empleo de la arquitectura de accesibilidad universal desarrollada en el proyecto INREDIS. El prototipo permite la interacción con diferentes servicios de ocio externos existentes en la web de forma adaptada a las necesidades y preferencias de los usuarios, de tal forma que

estos podrán gobernar las diferentes funcionalidades con que cuenta la plataforma de gestión accesible de servicios de ocio online desde un gran número de dispositivos de usuario y sin necesidad de tener ningún producto de apoyo instalado en ellos.

En el artículo se especifican las diferentes funcionalidades de la plataforma de ocio, se expone a alto nivel los módulos con que cuenta y la manera de interconexión entre ellos, explicando las tecnologías que se han utilizado en su implementación. El método para la integración tecnológica de esta plataforma de gestión en INREDIS es otro de los apartados en los que se centra el artículo.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo ha sido realizado en el contexto de la investigación llevada a cabo por el proyecto CENIT INREDIS (Interfaces de Relación entre el Entorno y las Personas con Discapacidad), inscrito en la iniciativa del gobierno español INGENIO 2010 y que es gestionada por el CDTI (Centro de Desarrollo Tecnológico Industrial). Las aproximaciones técnicas expresadas en este artículo no coinciden necesariamente con aquellas mantenidas en el consorcio INREDIS.

Una Experiencia de Ocio en la Tercera Edad con Juegos de Wii

Mercedes García-Camino
Grupo Tecnodiscap
Universidad de Zaragoza
(gcamino@unizar.es)

M^a Begoña Garrido
Grupo Tecnodiscap
Universidad de Zaragoza
(bgarrido@unizar.es)

Esteban Vaquerizo
Universidad de Zaragoza
(evaqueri@unizar.es)

José Ignacio Artigas
Universidad de Zaragoza
(jartigas@unizar.es)

Jorge L. Falcó
Universidad de Zaragoza
(jfalco@unizar.es)

Resumen

En esta comunicación se presenta el proyecto finalizado por el grupo de investigación Tecnodiscap, en colaboración con la Residencia Romareda de Zaragoza.

El objetivo del proyecto era valorar la incidencia de un juego "tecnológico" en el estado general de salud de los participantes mediante un instrumento de valoración internacional: la Clasificación Internacional del Funcionamiento de la Discapacidad y de la Salud. Los resultados tanto cuantitativos como cualitativos son positivos, sobre todo los referidos al grado de bienestar. Dados los resultados se intuye que, si la implantación de estas tecnologías fuera mayor en el tiempo, se podría llegar a reducir algunos costes económicos y sociales.

Experience of Leisure in the Elderly with Wii games

Summary

In this communication, the project completed by the research group Tecnodiscap, in collaboration with the Residence Romareda of Zaragoza, is presented.

The project's objective was to assess the impact of a "technological" game in the overall health of the participants using an international assessment tool: the International Classification of Functioning Disability and Health. The quantitative and qualitative results are positive, especially referred to the degree of wellbeing. Given the results we sense that, if the implementation of these technologies was greater in time, it could reduce some economic and social costs.

Introducción

Este proyecto se enmarca en la actividad del grupo de investigación Tecnodiscap de la Universidad de Zaragoza y en el Centro Aragonés de Investigación en Tecnología Asistencial (CAITA).

Aborda una acción, cuyo objeto es la realización de una investigación en torno a una herramienta basada en CIF (Clasificación Internacional del Funcionamiento, la Discapacidad y la Salud)⁽¹⁾, de validación de servicios para la promoción de la calidad de vida y la autonomía personal.

La investigación va dirigida a comprobar en qué grado productos y servicios (en este caso, un juego de bolos tipo de la Wii) pueden incidir y mejorar una serie de parámetros de diversos tipos en los participantes en la investigación.

Los objetivos propuestos hacen relación a un mayor nivel de nivel de activación de la persona, mejora de su estado general, emocional, o de salud, en definitiva en su calidad de vida y bienestar.

El objeto de este estudio fue adentrarnos en la verificación de los beneficios de las TIC para las personas mayores y/o con discapacidad. Este objetivo, en buena lógica, requiere un tiempo mayor del que se pudo trabajar dados los recursos con los que finalmente se contó, por lo que el trabajo realizado no puede evidenciar resultados cuantitativos y cualitativos más concluyentes.

Consideramos esta experiencia como una aproximación no carente de valor por su aproximación cualitativa. Este estudio arroja luz sobre cómo el factor humano es susceptible de beneficiarse con el entrenamiento y uso de estas tecnologías en personas mayores y/o con discapacidad.

En otro orden de cosas, este estudio, trata de favorecer el conocimiento y la aproximación de los mayores a determinadas tecnologías que pueden ser de enorme repercusión para ellos y en diferentes áreas de su vida. Una de las ventajas de utilizar un producto de mercado es que enriquece la participación de los mayores con su entorno familiar, hijos y nietos, que son usuarios habituales.

Fundamentos

Las investigaciones en neurociencia hablan de las posibilidades del ser humano, debido al cambio producido en concepto de plasticidad cerebral, según el cual la experiencia modifica de continuo el cerebro ya sea a través del establecimiento de nuevas conexiones como mediante la creación de nuevas neuronas. Howard Cutler⁽²⁾ afirma que nuestro cerebro es muy dúctil y, en consecuencia, el adiestramiento mental puede contribuir a aumentar nuestra cuota de bienestar y felicidad. Son éstos y otros fundamentos los que subyacen en nuestra investigación.

Para Judy Willis⁽³⁾ toda información novedosa, antes de ser aprendida, debe pasar por tres importantes filtros en nuestro cerebro. Estos filtros favorecen la discriminación y la atención del cerebro a lo que realmente les interesa absorber

como aprendizaje. Cada uno de ellos se determina por las emociones, si son positivas, el acceso de la novedad al cerebro se realizará con mayor rapidez. Si el cerebro detecta estrés puede bloquear y combatir la información. Cuanto mejor sea el ambiente para aprender, mejor será el aprendizaje.

El hecho de que el aprendizaje sea posible en todas las edades se debe a una cualidad denominada plasticidad cerebral que en palabra de Blakemore y Frith⁽⁴⁾ es ininterrumpida. La plasticidad o plasticidad neuronal, como se conoce también, es una capacidad del sistema nervioso para adaptarse continuamente a circunstancias cambiantes y adquirir información nueva. Esto ocurre cada vez que aprendemos algo: un idioma, una nueva herramienta, etc.

La plasticidad hace referencia asimismo al modo como el cerebro se adapta y encuentra nuevas formas de aprendizaje tras haberse producido una lesión, o también cuando resultan dañadas ciertas partes del cuerpo. Incluso los individuos de edad avanzada puedan aprender a compensar el percance.

A la memoria a largo plazo o si se quiere al “disco duro” podemos acceder a través cualquier estímulo. Los recuerdos o saberes previos pueden ayudarnos enormemente a enseñar o explicar y así incorporar de manera natural un nuevo conocimiento o habilidad. Como la emoción es el “pegamento” de la memoria⁽⁵⁾, en el juego se cuidarán especialmente los aspectos más lúdicos y emocionales de las personas y así contar con su enorme valor como agentes motivadores en estos procesos.

En neurociencia hay algunas afirmaciones probadas que se deben tener en cuenta, “Lo que no se usa, se muere” y Las conexiones dendríticas requieren ser ejercitadas y/o utilizadas para poder mantenerse; de lo contrario se desconectan y por último “la ausencia de estimulación puede ser tan dañina como la sobreestimulación.

Todo ello va a estar en la base de nuestros procedimientos.

CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL DEL FUNCIONAMIENTO

¿Qué es La Clasificación Internacional del Funcionamiento de la Discapacidad y de la Salud, OMS 2001? Es actualmente el repertorio de situaciones de discapacidad y/o dependencia más extenso y a la vez con mayor capacidad de concreción existente. Pertenece a la familia de clasificaciones sociosanitarias de esta organización y es compatible con otras clasificaciones de este organismo. Proporciona un marco y un lenguaje consensuado de forma universal que es sistematizado, fiable y sencillo de aplicar. Tiene un sistema de codificación estable y fácil de usar, se puede codificar la información resultante y es posible comprenderla a nivel mundial.

La CIF, en adelante se mencionará así, entiende la discapacidad como un hecho de naturaleza universal y en cierta medida intrínseco a la condición humana, y promueve la utilización de una terminología neutral que facilita la superación de la marginación y

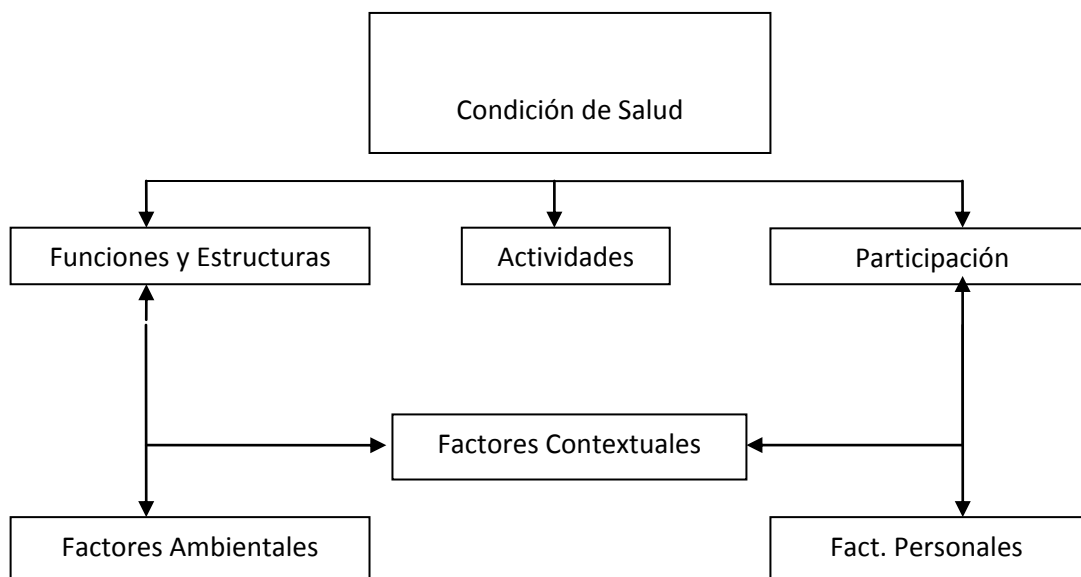
discriminación de las personas con discapacidades.

Algunas aplicaciones de CIF:

- Como herramienta estadística – en la recogida y registro de datos (ej. en encuestas y estudios de población o en sistemas de manejo de información).
- Como herramienta de investigación – para medir resultados, calidad de vida o factores ambientales;
- Como herramienta clínica – en la valoración de necesidades, para homogeneizar tratamientos con condiciones específicas de salud, en la valoración vocacional, en la rehabilitación y en la evaluación de resultados;
- Como herramienta de política social – en la planificación de sistemas de seguridad

Romareda de Zaragoza en el 2010, objeto de esta comunicación.

CIF evoluciona la terminología hacia expresiones que sean respetuosas con las personas y con el marco de los Derechos Humanos, y desde esta concepción define Discapacidad: “como aquella limitación en la capacidad de realizar actividades que restringe de manera permanente la participación de la persona en la sociedad y que es consecuencia de deficiencias en funciones y estructuras corporales y de obstáculos ambientales”.



social, sistemas de compensación, y para diseñar e implementar políticas;

Es por ello que se utiliza para validar el uso de tecnología para el ocio con personas mayores en la Residencia

Ilustración 1 (Cuadro CIF)

Tecnología utilizada

Wii es la consola de sobremesa de Nintendo, de todos conocida, que representa un salto en el mundo de los videojuegos. La consola Wii ofrece su atractivo en el hecho de que hace a uno sentirse más dentro del propio juego. Gracias al diseño de los juegos de la de Wii, parece que el jugador se coloca en la acción. Y, aunque es un juego dirigido a personas más jóvenes, en un principio, da muchas posibilidades con otro tipo de población.

Se eligió esta consola, también por su mando. El mando de Wii, es inalámbrico y sensible al movimiento, y, de esta manera, ofrece una manera de jugar intuitiva y natural. El mando ergonómico se adapta a los movimientos naturales. Es un mando que facilita la interacción, es decir, es el mando que más intuitivo nos parece de los que hay en el mercado, porque simula los gestos de los juegos (en este caso el gesto de lanzar).

Dentro de la gama de juegos que nos presenta la Wii-Nintendo, el más oportuno nos pareció el juego llamado Wii-Sport, y dentro de él, el juego de bolos, por distintos motivos:

El juego debería ser próximo y no algo extraño para la cultura de los usuarios del proyecto.

Se debía encontrar algo que aunque interactivo, fuera el usuario el que marcara el ritmo del juego.

Que fuera un juego en el que la velocidad de reacción no fuera importante, como puede pasar en otros juegos como el tenis.

Que permitiera la acción de un solo jugador, en cada actuación, y con posibilidad de hacer de ello un juego de grupo.

Que no fuera un juego en el que se desarrollaran valores contrarios a la buena convivencia.

Que el movimiento necesario para ejecutar la acción, fuera sencillo y sin compromiso de muchas estructuras corporales.

Que se pudiera desarrollar la acción necesaria en el juego, estando en una silla de ruedas o siendo ayudado de un andador.

Ahora bien, al utilizar el mando hemos comprobado que este mando también presenta claras incomodidades para las personas mayores en la manipulación, ya que exige mantener agarrado el mando, apretar éste con mucho control para no accionar otro botón, y con muy poco tiempo y espacio de maniobra. Y con la dificultad añadida de no poder visualizar la acción. Esto es, los botones a utilizar y los que no se “deben” presionar están muy cercanos en el gesto natural de agarre de la mano.

Objetivo

El objeto de este estudio es adentrarnos en la verificación de los beneficios de las TIC para las personas mayores y/o con discapacidad. Este estudio arroja luz sobre cómo el factor humano es susceptible de beneficiarse con el entrenamiento y uso de estas tecnologías en personas mayores y/o con discapacidad.

En otro orden de cosas, este estudio, trata de favorecer el conocimiento y la aproximación de los mayores a determinadas tecnologías que pueden ser de enorme repercusión para ellos y en diferentes áreas de su vida.

Desde las tecnologías de la sociedad de la información se desarrollan productos/servicios tecnológicos para que den soporte a las personas mayores y/o con discapacidad en la realización de sus actividades de la vida diaria, mejorando su autonomía y contribuyendo a mejorar su calidad de vida. Algunos de estos productos/servicios sirven también de apoyo a los/as cuidadores de estas personas en el desempeño de sus tareas de atención y cuidado y más aún en introducir otra forma de ocio compartido en las residencias.

Metodología

Se ha utilizado una metodología centrada en el usuario. Se trabaja con el grupo desde el primer día que se comenta la experiencia y se solicitan participantes, hasta el último día y siempre en la situación del día a día real. Se observa su funcionamiento, tasa de errores, manifestaciones comportamentales, motivación, etc. en su entorno natural.

Interesa de forma especial el papel de las emociones y la motivación en este proceso ya que existe amplia documentación acerca de su repercusión sobre el aprendizaje y la calidad de vida. Además, estos conocimientos pueden ser importantes de cara a implementar actividades o enfoques en la atención de estos grupos. Las emociones hoy en día tienen una fuerte presencia en campos tan diferentes como la inteligencia, la satisfacción, y el bienestar en el envejecimiento.

La metodología de valoración en este proyecto, combina elementos de medición universales y objetivos como CIF, con otros basados en cuestionarios cumplimentados por los profesionales de la residencia ambos coherentes entre sí. A ello se suma un registro diario de recogida de información durante las sesiones de entrenamiento y posteriormente de uso normal con los usuarios. Se utiliza un sistema de doble valoración con CIF y además un registro del desarrollo de las sesiones de trabajo en cuanto a tasa de errores, ejecución, problemas en el uso del mando, estrés, aspectos de comportamiento etc. Se cuenta también con la opinión de los usuarios.

En concreto se utilizaron los siguientes registros:

Valoración de los usuarios con la CIF, de la Organización Mundial de la Salud de 2001 el primer día y el último.

Observación sistematizada y registro en las sesiones de entrenamiento previo y sesiones de juego.

La participación del personal técnico y cuidador a través de cuestionarios. Además en la valoración de los usuarios de la residencia, se han tenido en cuenta informes médicos.

La participación y resultados en el juego de los usuarios se recoge en una tabla. Se tienen en cuenta así mismo las verbalizaciones del último día por su enorme valor en cuanto a su percepción sobre el proceso.

Desarrollos de las sesiones con la Wii

En la primera sesión, se presentó el proyecto a los profesionales de la residencia: terapeuta ocupacional, enfermera, fisioterapeuta, trabajadora social y auxiliares, y con ellas se valoró qué usuarios de la residencia podían participar en este proyecto

A lo largo de las sesiones se siguió el siguiente proceso:

1º- Se le enseñó el mando al usuario, que lo toque, verificar si puede apretar y mantener apretado y controlar cuanto tiempo. Hasta seis intentos para hacerlo bien.

2º- El entrenador les pone en marcha la Wii para que vean cómo se juega y se hagan una idea. Se les va contando lo que se hace, casi como una retransmisión deportiva, "ve ahora muevo el brazo con el mando, que es la bola, tiro y....bien!!!" lenguaje muy sencillo, sujeto verbo y predicado y siempre el verbo en presente de indicativo.

Todo ello favoreció la comprensión y más en este grupo que todos tienen problemas cognitivos y de memoria inmediata en mayor o menor grado. Si se trabaja movilizándolo a la persona con un lenguaje próximo y motivador conseguiremos que la emoción impregne el

aprendizaje y en esos casos los resultados son más duraderos.

3º- Para contribuir a que los usuarios tuvieran una representación mental adecuada, ya que nunca han utilizado este medio, hubo que darles consignas del tipo de "lanza la bola" haciendo el gesto con el mando.

Cada persona realizó tandas de tres intentos cada vez que les tocaba y deberían hacerlo al menos tres veces por sesión. En la semana de entrenamiento cuanto más intensivos mejor.

En esta primera sesión se valoró:

La capacidad funcional física para hacerlo, amplitud de movimiento. Capacidad para mantener el botón presionado.

La capacidad cognitiva de comprensión, mantenimiento de la atención mientras se realiza.

Valoración de si existe apraxia motora: trastorno en la ejecución intencional de un gesto, a consecuencia de una lesión cerebral. Un gesto motor es un comportamiento aprendido, que tiene un fin de comunicación a través de una realización motora, de la misma manera que el lenguaje es un comportamiento cuyo objetivo es el mensaje verbal, y que tiene una realización sonora. Esto implica que la alteración no se presenta por compromiso motor o sensitivo, sino debido a una disociación entre la idea del movimiento y su ejecución motora. A veces se hace el gesto sin el objeto y no con él. Esa es la disociación.

En la segunda sesión, se les presentó el proyecto a los residentes, en adelante usuarios, se les mostró el juego y ellos se familiarizaron con:

El juego propiamente dicho: sus normas, los turnos...

El mando a utilizar y los botones necesarios para completar la acción.

El movimiento a efectuar de manera adecuada.

A partir de ahí se iniciaron las sesiones de juego propiamente dichas a razón de cinco sesiones de cinco rondas cada una, de manera que cada usuario pudiera jugar cinco veces por dos tiradas cada vez (de no hacer pleno en la primera).

Se les explicó para qué se hacían estas sesiones de trabajo con ellos y desde el primer momento agradecieron que nos acordásemos de ellos y les llevásemos algo que “les entretiene y les espabila”. Tenían expectativas ante algo desconocido y estaban muy motivados.

Logros

La motivación de los usuarios a la hora de abordar esta experiencia fue, desde el primer momento buena, con verbalizaciones del tipo de “gracias por traernos cosas nuevas que nos estimulan”. Y además fue in crescendo hasta el último día, en el que las verbalizaciones eran del tipo de “¿nos van a dejar esto para seguir practicando?” “hay más juegos que podamos aprender”...etc. También había otras como “no se olviden de nosotros”

Todos los participantes mejoraron. Hay que reseñar que una persona que en la primera evaluación tuvo unos resultados que ponían de manifiesto una dificultad grave, en la segunda

mejoraron no sólo con una puntuación menor sino también pasando de una gravedad mayor a otra menor. En los demás casos ha disminuido la puntuación global sin modificar el nivel de valoración.

Mejoraron en capacidades como mirar, centrar la atención, etc., en general en factores cognitivos. Es coherente, ya que sus problemas físicos no son modificables, aunque sí mejorables como ha sucedido.

Sus habilidades manipulativas en general se adecuaron al uso del mando.

Los resultados, referidos en aciertos, aumentaron sensiblemente, lo que quiere decir que mejoraron en el gesto y la orientación del tiro.

Han llegado al final con una autoestima reforzada, “quien me iba a decir que yo iba a aprender esto” “mi nieto me decía abuela no me mientas, ¿de verdad juegas con la Wii?”. Lograron superar un reto que les generaba un cierto estrés.

A lo largo de las sesiones de entrenamiento los usuarios han aumentado su participación y relación con el grupo de compañeros. Fue más próxima y con mayor participación entre ellos e incluso a alguno le pusieron un nombre en clave de grupo. Con más tiempo podría llegar a ser un sentimiento de pertenencia a un grupo y esto sería un factor muy beneficioso, ya que pasarían a vivir el aquí y ahora con más implicación emocional. En general, las personas mayores, viven de la ansiedad y del recuerdo de lo que fueron y esto no es beneficioso para su bienestar.

Sin cambios significativos

A continuación se reflejan algunos aspectos que consideramos no han tenido cambios significativos en la evolución de los participantes del proyecto.

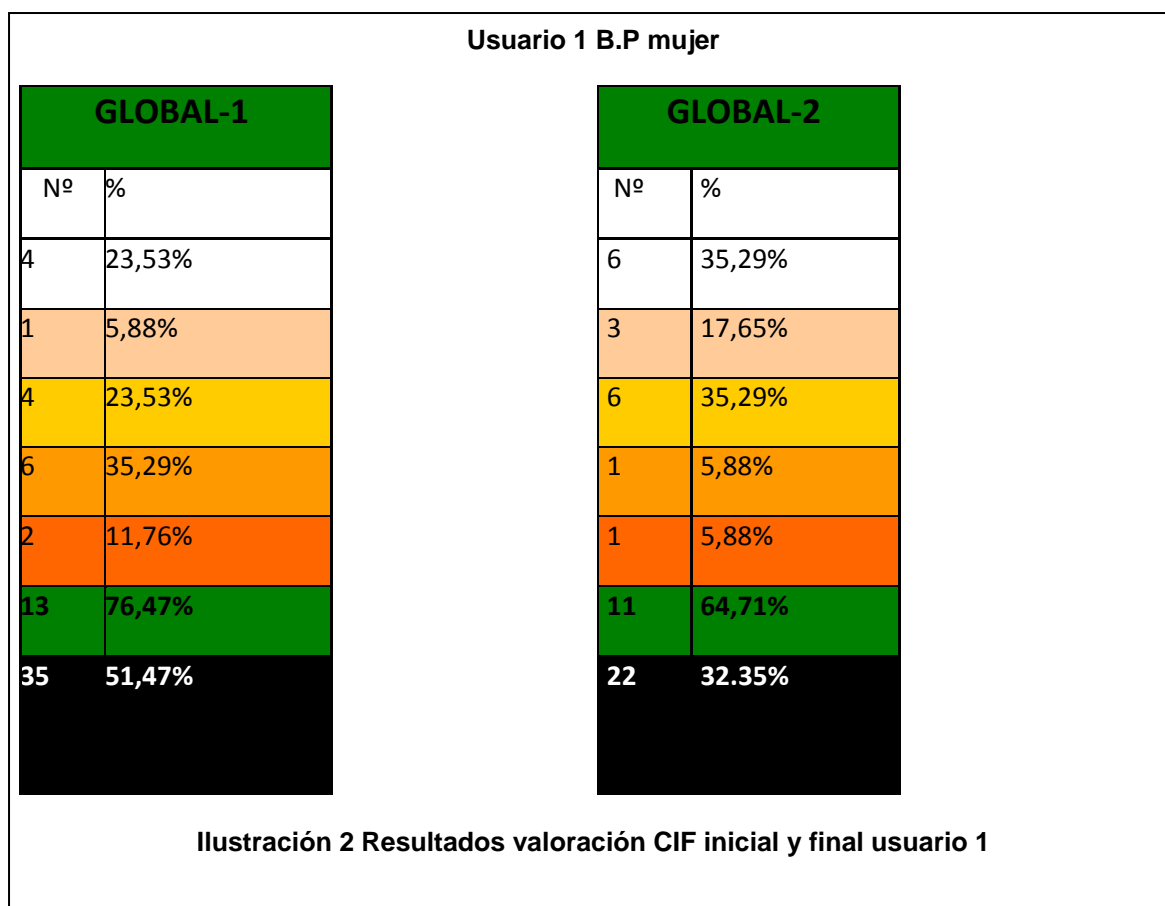
No tenían una representación mental acerca de cómo “jugar en pantalla en vez de sobre el terreno” y les costó elaborarla.

No han automatizado el proceso de juego. Había que guiarles siempre, en algunos casos

FÍSICA Y VERBALMENTE.

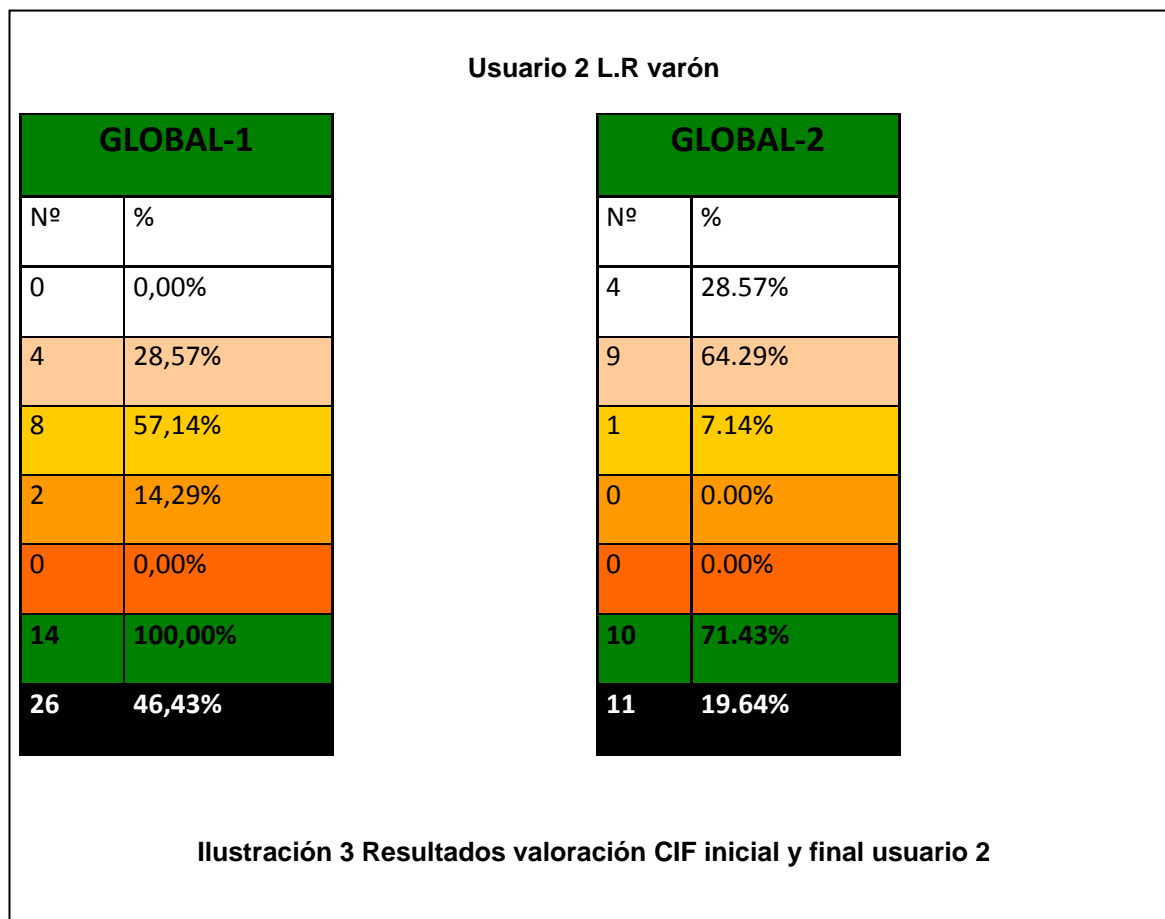
No recordaban las instrucciones y había que repetirlo en cada sesión. Había dos personas que únicamente necesitan apoyo verbal.

Necesitaban el apoyo y la valoración del grupo, incluidos los profesionales.



Resultados cuantitativos

inversa, lo cual quiere decir que a menor número, mayor capacidad y funcionalidad.



En estas tablas se presentan los resultados obtenidos en la valoración inicial y final CIF de varios de los participantes.

El proyecto se realizó con más sujetos, pero sólo se presentan dos casos a modo de ejemplo de los resultados obtenidos

La diferencia entre los porcentajes Global 1 (valoración inicial) y Global 2 (valoración final) nos indican que se ha producido una mejoría, ya que en el porcentaje total podemos observar una disminución de su grado de dependencia. La escala de medición en CIF es

Resultados cualitativos

Del análisis de la experiencia y de los datos recogidos en los diferentes registros se extraen los siguientes resultados:

El cambio de actitud fue patente, disminuyeron las emociones de tendencia negativa, sustituyéndolas por otras positivas y se manifiesta abiertamente “no creíamos que podíamos aprender a jugar a esto y ahora jugamos, mi nieto no se lo creía me decía abuela no me mientas”

No asumieron sus limitaciones y manifestaban una juvenil necesidad de ganar.

El aumento de bienestar quedó patente en esta otra expresión de una usuaria, refrendada por todos, “no es que lo hayamos aprendido, es que estábamos muy contentos”.

Se produjo un cambio igualmente significativo: disminuyeron las conversaciones sobre achaques y enfermedades y aumentaron los temas personales y de interés hacia otros proyectos

La forma de relación que se observaba y que suele ser muy similar en residencias, es una relación de proximidad, les cuesta elaborar una vinculación afectiva clara, y entre ellos hablan poco de sus cosas. Esto es más notorio en los varones. Aún así, ellas² y ellos iniciaron un cambio en esa forma de relación, tenían más camaradería, contaban espontáneamente episodios de su vida y expresaban cierta complicidad.

Si tenemos en cuenta la motivación, las emociones manifestadas, y la satisfacción, se puede afirmar que mejoraron la calidad de vida pues todos esos factores tienen que ver con ella.

Se ha mostrado la aplicabilidad de la valoración CIF para la comparación de los estados previo y posterior al uso de los servicios tecnológicos, y

2 Wollersheim Dennis, Merkes Monika, Liamputtong Pranee, Wallis Lara, Fay Reynolds and LeFay Reynolds y Koh Lee Dennis Wollersheim is a Lecturer in Health Information Management in the School of Pub “Physical and Psychosocial Effects of Wii Video Game Use Efectos físicos y psicosociales del uso de video juegos Wii among

Older Women entre las mujeres mayores”, Revista Internacional de Nuevas Tecnologías y Sociedad ,Vol. Vol. 8, No. 2, 2010, pp: 85 – 98 8, No. 2, 2010, pp: 85-98

la evidencia de correlación con las observaciones de quienes acompañaron el estudio.

A través de la doble valoración con CIF se demuestra la mejora en las capacidades tanto físicas, en el manejo del mando, como cognitivas relacionadas con la atención, la ejecución de tareas complejas, etc.

La OMS en su documento “Por un Envejecimiento Activo” recomienda que las personas mayores accedan al uso de las TIC, participen en actividades de su interés y hagan oír sus necesidades y opiniones. La experiencia en la residencia Romareda ha tenido en cuenta todas estas recomendaciones y los resultados obtenidos avalan que la motivación unida a la satisfacción por el logro produce un estado de mayor bienestar.

Dados los avances constatados en el espacio de tiempo del que se ha dispuesto, cabe pensar que, si se mantuviera el aumento obtenido en la motivación, en los logros y los intereses personales se podría valorar si se produjese un descenso en la atención médica, en el lenguaje y la actitud de la queja y en la demanda de atención exclusiva, con lo que ello implicaría un menor coste de la atención. Tal y como reflejan otros estudios científicos^{3 45} consultados, el

3 Rosenberg Dori, MPH, MS, 1 A. Depp, Colin, PhD, 2, 3 V. Ipsit Vahia, MD, 2, 3 Reichstadt Jennifer, MS, Barton 3 W. Palmer, PhD, 2 Kerr Jacqueline, PhD, 4 Greg Norman , PhD, 4 y Dilip V. Jeste, MD 2, 3Dori Rosenberg, MPH, MS, Colin A. Depp, PhD, Ipsit V. Vahia, MD, Jennifer Reichstadt, MS, Barton W. Palmer, PhD, Jacqueline Kerr, PhD, Greg Norman, PhD, and Dilip V. Jeste, MD, “Exergames for Subsyndromal Depression in Older Adults: A Pilot Study of a Novel Intervention”, Am.J. Geriatr Psychiatry, San Diego, California, 2010 March, pp. 221-226. PubMed <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2827817/>

4 C. Caetano, V. Pardo, “ Intervenciones psicosociales y de soporte básico en la demencia y en la enfermedad de

interés, la motivación y el aprendizaje reforzarían su satisfacción personal, indicador muy significativo del bienestar,

Conclusiones

A través de la doble valoración con CIF se ha demostrado la mejora en las capacidades tanto físicas, en el manejo del mando, como cognitivas relacionadas con la atención, la ejecución de tareas complejas, etc.

La OMS en su documento “Por un Envejecimiento Activo” recomienda que las personas mayores accedan al uso de las TIC, participen en actividades de su interés y hagan oír sus necesidades y opiniones. La experiencia en la residencia Romareda ha tenido en cuenta todas estas recomendaciones y los resultados obtenidos avalan que la motivación unida a la satisfacción por el logro produce un estado de mayor bienestar.

Experiencias similares

En una investigación del Sam and Rose Stein Institute for Research on Aging de la University of California, San Diego School of Medicine se

Alzheimer”, Revista Psiquiatría Uruguay, 2009, 73 (2): 169-184

5 Peña-Casanova, J., “Enfermedad de Alzheimer. Del diagnóstico a la terapia: conceptos y hechos.” “Atención al Alzheimer: la Witerapia”. <http://www.imserso.es/InterPresent1/groups/imserso/documents/binario/rap2accesibilidad.pdf>

sugiere una nueva alternativa para tratar los síntomas de depresión menor (SSD en inglés) entre los adultos mayores mediante el uso regular de “exergames”-videojuegos que se combinen con ejercicios. El estudio estaba dirigido por el Dr. Dilip V. Jeste, profesor de psiquiatría y neurociencias en la UCSD School of Medicine, Estelle and Edgar Levi Chair in Aging, y director de la UC San Diego Sam and Rose Stein Institute for Research in Aging, En el estudio piloto, los investigadores encontraron que el uso de exergames mejoraba significativamente la calidad de vida en lo referente al humor y la salud mental, entre los adultos mayores con SSD.

En el centro de rehabilitación del hospital Riley (Mississippi, EE.UU.), también se está utilizando para la recuperación de pacientes afectados por infarto cerebral.

La Wii se valora como un complemento a la rehabilitación tradicional hasta para pacientes con demencia: la Sociedad de Alzheimer de Gran Bretaña considera que podría tener beneficios, como se está comprobando en varias residencias de mayores del país.

En España, Investigadores del Instituto de Neurociencias de la Universidad de Salamanca han constatado la eficacia de la terapia de estimulación sensorial en el tratamiento de la enfermedad de Alzheimer. El estudio PACID forma parte de un programa de intervención en las áreas de funcionamiento psicológico del paciente, tales como cognitivo, neurológico, emocional, funcional y social.

La experiencia, que se ha llevado a cabo en el Centro de Referencia Estatal de Atención a Personas con Enfermedad de Alzheimer y otras Demencias (CREA), se ha desarrollado durante dos años en los que se ha trabajado con más de

una treintena de pacientes de entre 60 y 80 años.

Agradecimientos

Este proyecto no habría sido posible sin la colaboración desinteresada del personal que trabaja en la Residencia Romareda de Zaragoza, dependiente del Instituto Aragonés de Servicios Sociales, en concreto del Departamento de Servicios Sociales y Familia.

Agradecemos profundamente la disponibilidad del director de la residencia, la dedicación de la Terapeuta Ocupacional y de las auxiliares que nos han acogido con gran interés.

Los auténticos protagonistas de este proyecto han sido los y las mayores que se han atrevido a participar en esta investigación, cambiando su rutina, aceptando el reto de aprender un nuevo juego con una nueva tecnología. No sólo han aprendido, sino que nos han enseñado una gran lección: la edad no es un obstáculo para aprender.

Audio-juegos móviles con una interfaz orientada a la usabilidad para personas con problemas de visión de cualquier grado

Daniel Suárez Martínez
Ignacio González Alonso
María Covadonga Nieto Fernández
*Escuela de Ingeniería Informática de la
Universidad de Oviedo*

*UO179935@uniovi.es,
gonzalezaloignacio@uniovi.com,
cnieto@uniovi.es*

Resumen

En este documento se trata de el diseño y el desarrollo de audio-juegos con una interfaz cuya usabilidad permite jugar personas con problemas de visión de cualquier grado y creados para dispositivos móviles.

Abstract

This document is about the design and development of audio-games with an interface to allow people who have vision problems play them and created for mobile devices.

1. Introducción y motivación

Los videojuegos con el paso del tiempo han ido consiguiendo adeptos. En un principio parecía que era un ocio para niños, luego con el tiempo fueron saliendo juegos con una temática más

adulta y había juegos para todos los públicos. Las interfaces de salida, los medios que usan los ordenadores y videoconsolas para representar el juego, comenzaron con las imágenes de un monitor y sonidos por medio de altavoces, aunque más tarde llegaría la vibración a través de los mandos, lo cual era un añadido extra al comunicar algo al jugador según la situación del juego al que estuviera jugando, podía guiar al jugador a un sitio u objeto o podía indicarle la fuerza del golpe recibido por su personaje, entre otras posibles funciones. Luego están las interfaces de entrada, que son los medios que usa el jugador para comunicarse con la máquina, las cuales comenzaron con palancas y botones para evolucionar en mandos e incluso en el aprovechamiento de los teclados y ratones de los ordenadores, pero hoy en día también se dispone de sensores de movimiento y de pantallas táctiles.

No obstante, queda por mencionar un dispositivo de entrada que es el que más importancia tiene para este proyecto, y ese es el micrófono. En los años ochenta ya existían

videojuegos que usaban el micrófono, pero eran pocos y muy precarios, el mejor ejemplo es el micrófono del mando de segundo jugador de la Famicom, creada por Nintendo y exclusiva de Japón. A lo largo del tiempo aparecieron juegos que usaban el micrófono, algunos con reconocimiento de voz y de las palabras como "Hey you, Pikachu!" , aunque a otros les bastaba con captar un sonido como el juego Phoenix Wright Ace Attorney en su versión de Nintendo DS donde aunque pudiéramos decir "¡Protesto!" o "¡Un momento!" el juego actuaría ante cualquier estímulo auditivo fuerte al mantenerse apretado el botón que activa el micrófono.

Pese a que el reconocimiento de voz esté siendo usado en algunos juegos actuales como los ya mencionados, realmente está siendo muy desaprovechado pero, no obstante, los sistemas de reconocimiento ya distinguen palabras e incluso frases, lo cual da lugar a que ya existan las herramientas necesarias para el propósito de crear juegos que reconozcan comandos de voz y que toda la situación sea descrita por voz desde el propio juego, haciendo posible jugar sin necesitar mirar a la pantalla.

La motivación ha sido extender los videojuegos a un número mayor de público. Existen diferentes tipos y diferentes géneros de juegos, distintos tipos de interfaces y distintas formas de representar las cosas. Existen juegos que se basan más en el texto que en las imágenes, de hecho si se suprimen la mayoría de las imágenes y dejamos el texto solo el jugador se podría enterar de casi todo y para suplir las imágenes que deben quedar por la razón que

acontezca bastaría con añadir al texto que ya existe la descripción de esas imágenes, entonces juegos de aventura, de investigación, de rol por turnos y de gestión podrían ser fácilmente adaptables a una interfaz que se basase en describir la acción y la situación mediante audio y la interacción del juego sería mediante voz, de forma que una persona con problemas de visión, incluso graves, podría jugarlo. Esto no significaría que fuesen solo juegos para invidentes, si no que se crearían juegos dirigidos a un público de jugadores superior.

Más tarde a este reto se le añadió otro, reducir la terminal de juego a una terminal portátil, y la solución más sencilla fue desarrollar el juego para dispositivos móviles. Con un poco de investigación sobre las posibilidades de estos aparatos se ha comprobado que el proyecto era posible.

Con estos audio-juegos se pretende aproximar la sensación que se tiene al jugar con algunos videojuegos. El sistema de batallas del juego de Aventuras y Rol tiene un funcionamiento muy parecido al de los juegos de rol por turnos actuales pero su funcionamiento interno es diferente. Lo que se ha hecho es crear un juego similar con la interfaz adaptada al formato de audio-juego, de forma que puedan ser jugados por personas con problemas de visión. En el caso del juego de fútbol su interfaz también es una adaptación de juegos de fútbol cuyas acciones se realizaban por comandos que se elegían de un menú, pero su funcionamiento es distinto y se asemeja al de un juego de mesa.

2. Estado del arte

Hace cinco años Nintendo vio que podía conseguir una gran fuente de nuevos usuarios si hacía sus juegos más accesibles a quienes no estaban acostumbrados a jugar videojuegos, y de ahí impulsó el uso de sensores de movimiento. Gracias a esto ganó muchos usuarios. Pero pese a que ganasen a tanta gente, se habían dejado a un público potencial: el de las personas con problemas graves de visión.

Se pueden encontrar algunos ejemplos de videojuegos accesibles para invidentes como, por ejemplo, es el caso de "AudiOdyssey" en el que mediante el teclado o con un mando con sensor de movimiento se puede controlar el ritmo de la música ejerciendo el rol de pinchadiscos. Otro ejemplo es el de "Onae, la aventura de Zoe", un juego de desarrollo tridimensional que se sirve de los sonidos para guiar al jugador y que si este se limita a guiarse por lo que ve en vez de por el sonido puede llegar a perderse y en esta situación los jugadores invidentes llegan a obtener mejores resultados ya que no tienen el aspecto visual como distracción a la hora de avanzar. En este segundo caso, es muy importante que se disponga de altavoces estéreo para que el jugador reconozca de dónde vienen los sonidos.

También existen audio-juegos que pretenden servirse del audio para ofrecer una experiencia más inmersiva y para ello recurren al sonido tridimensional, también llamado 3D Sound, de forma que se simula que el jugador está dentro

del entorno del juego, y mediante sensores actuar, sin ningún tipo de ayuda visual, de modo que estos juegos los pueden jugar tanto videntes como invidentes y tenemos de ejemplo el juego Mosquitos [1], donde el jugador tiene que defenderse de toda clase de insectos que se le acerquen usando un sensor de movimiento a modo de matamoscas. También existen audio-juegos que consisten en guiar al jugador mediante voz y sonidos que permiten que este siga una trama e interprete la situación en la que se encuentra gracias a un narrador y sonidos [2], de forma que el jugador pueda sentirse dentro de una historia. En la mayoría de aplicaciones enfocadas a los invidentes se recurre con frecuencia a los sintetizadores de voz [3] [4].

No obstante existen casos de personas con ceguera que intentan jugar a juegos no accesibles utilizando el resto de recursos del juego para guiarse, como son los sonidos, sobre todo si se usan altavoces en estéreo, como es el caso de Jordan Verner, nacido invidente y que con ayuda de las instrucciones de otras ha finalizado el juego "The Legend of Zelda Ocarina of Time" [5] o el caso de Terry Garrett, capaz de finalizar "Oddworld" [6] en un tiempo récord, ya que aunque el juego no fue creado para ser accesible aún así ofrece suficientes recursos, como el sonido en estéreo, para que pueda jugarlo.

Algo que se ha visto solo en la introducción de ese documento es el reconocimiento de voz, lo cual es una opción muy válida a la hora de facilitar el manejo de cualquier sistema o aplicación informática [7], así como el manejo de otras máquinas computerizadas [8], pero

que al parecer para los audio-juegos aún no ha sido explotado.

3. Metodología seguida

Primero se han creado los juegos en modo texto. Estos seguían unos comandos sencillos, así que las pruebas se limitaban a probar que los juegos funcionasen correctamente en su parte aritmético-logística para lo cual los probadores solo tenían que activar el juego, leer el texto y escribir el comando que quisieran para avanzar. En este estado los juegos todavía no eran usables, pero se podía comprobar su funcionamiento antes de su conversión.

```

C:\Windows\system32\cmd.exe
Guerrero/Huir
1
Guerrero/AQuien - ¿A quién ataco?
1
Murciúlago
2
Murciúlago
3
Murciúlago
1
Guerrero/GritoAtaque
Murciúlago recibe 5 puntos de daño
Guerrero/haCaído - El enemigo ha caído
Es el turno de Brujo: 14 PU | 16 PT
Brujo/Opciones - Estas son sus opciones
Brujo/1
Brujo/Atacar
Brujo/2
Brujo/Magia
Brujo/3
Brujo/Objeto
Brujo/4
Brujo/Huir
  
```

Imagen 1. Interfaz en modo texto

Posteriormente cuando han sido convertidos al formato móvil primero ha sido implementado sintetizador de voz y para la realización de las pruebas de funcionamiento se ha usado una interfaz consistente en una caja de texto donde se pondrían los comandos y un botón para avanzar. Ha sido importante tener en cuenta la velocidad a la que funciona el sintetizador de voz, ya que las personas invidentes están acostumbradas al uso de sintetizadores de voz de habla rápida, pero nuestra intención ha sido englobar al mayor público posible, con lo cual en este caso se ha recurrido al sintetizador de voz que viene de serie con el sistema Android ya que su velocidad de habla es normal y esto evita problemas de comprensión para la gente que no está acostumbrada a sintetizadores de habla rápida [9]. Si la aplicación fuese convertida para otro sistema habría que tener en cuenta la velocidad de habla del sintetizador de voz elegido y, a ser posible, dar la posibilidad de configurar esta velocidad. En esta parte solo se ha podido testear la parte de comprensión por parte del usuario, con lo cual ganaban importancia las descripciones que se incluyeran en el juego. Para hacer las pruebas se escuchaba lo que decía el juego, se escribía la orden en la caja de texto y se pulsaba el botón. Esta interfaz todavía no era usable, pero seguía siendo de utilidad a la hora de desarrollar pruebas.



Imagen 2. Interfaz de pruebas de la versión móvil

Más tarde cuando se ha conseguido la implementación de el reconocimiento de voz las pruebas han consistido en jugar sin mirar a la pantalla, surgiendo la necesidad de probarlo con personas invidentes. Al realizar las pruebas se da el caso de que los invidentes no están acostumbrados a pulsar botones, si no que están acostumbrados a recorrer la pantalla esperando a que las aplicaciones que usen digan sobre qué botón han puesto los dedos. Ha sido de importante necesidad dejar claro que para el correcto uso del juego lo que se debe hacer es un rápido tocamiento de la pantalla, ocupada completamente por un único botón. Si lo que se hace es poner un botón, por grande que sea, que no ocupe toda la pantalla los jugadores invidentes no podrán jugarlo, como ha sido comprobado en algunas pruebas, ya que no ha habido forma de situar al jugador en la pantalla y este ha tenido que buscarlo cada vez. Se le debe dar toda la pantalla para tocar el botón de forma que la aplicación sepa que el jugador quiere hablar y así deje de hablar esta para que no se escuche a sí misma y produzca un error, como ya ha pasado en las primeras pruebas del reconocimiento de voz. Para las pruebas este botón cambia su texto

interno señalizando la fase en la que se encuentra el juego, pero nunca ha sido un requisito para el producto final. Las pruebas han sido muy similares a una conversación telefónica entre el jugador y el juego, acabando las partidas con el comando "fin". Esto nos ha permitido una interfaz usable hasta cierto punto.

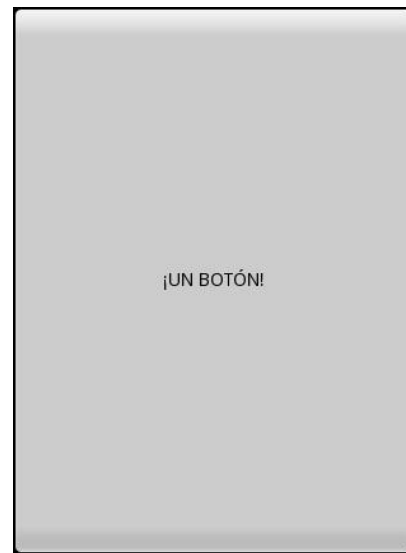


Imagen 3. Interfaz de la versión con reconocimiento de voz

Esta nueva interfaz pese a ser un atractivo interesante para algunas personas, otras la han encontrado problemática, como la imposibilidad de jugar en algunos sitios por causa de que el ruido del ambiente ha dado problemas para el reconocimiento de voz además de que tampoco permite jugar a aquellas personas que tengan problemas en el habla como mudez o tartamudez [4], entre otros posibles problemas. Tras haber visto el funcionamiento de otras aplicaciones accesibles y un poco de orientación por parte del personal de la ONCE de Oviedo, se ha desarrollado una versión alternativa de la

interfaz, de forma que se pueda elegir una alternativa. El funcionamiento del juego es el mismo, solo ha cambiado la forma de manejarlo. Esta forma consiste en un panel de once botones en la pantalla, cuando es pulsado un botón el juego dirá el botón pulsado, si es pulsado una segunda vez consecutiva el juego volverá a decir que es ese botón y cuando es pulsado por tercera vez consecutiva se ejecutará la acción correspondiente a ese número, de esta forma el jugador podrá navegar con el dedo por la pantalla de forma que pueda encontrar el botón deseado y ejecutar la opción deseada, además de poder guiarse por el panel numérico ya que los botones mantienen sus posiciones.



Imagen 4. Interfaz de la versión con panel de botones

Tras esto, han comenzado las mejoras sobre el juego, y estas se prueban de la misma forma que las dos anteriores versiones.

3.1. DESARROLLO

Todo el desarrollo de los juegos se basa en el desarrollo de las distintas funciones en cuatro pasos: estudio, diseño, implementación y pruebas para cada implementación. Una vez que se ha alcanzado el hito de una función, se pasa al desarrollo de la siguiente.

Algunas mejoras aplicadas son modificaciones en el sistema de juego, un generador de personajes y situaciones para el juego de aventuras y rol y la inclusión de más equipos en el juego de Fútbol.

Tras todo esto solo queda mejorar las cualidades de los productos y su presentación.

3.2. MEJORAS APLICADAS

Se han añadido nuevos contenidos al juego de aventuras y rol de modo que el generador de personajes y situaciones se hace más completo y da lugar a más situaciones y personajes, con un total de 1000 misiones posibles, 225 enemigos distintos (550 contando a los enemigos de la clase jefe).

Se ha mejorado la interfaz de entrada, de modo que en la mayoría de órdenes ya no es necesario elegir las por un número, si no que se reconocen las palabras clave de las opciones y se pueden usar para dar las órdenes. En el caso de elegir enemigos o habilidades en el juego de aventuras y rol se tienen que elegir por el número, porque se pueden dar los casos que haya dos enemigos de una misma especie, tipo o ambos atributos para elegir a quien se ataca y en el caso de los hechizos puede haber algunos que sean el mismo hechizo pero de distinto

nivel (bola de fuego nivel 2 y bola de fuego nivel 3, por poner un ejemplo).

En el juego de aventuras y rol se han añadido pequeños relatos de lo que sucede que se muestran de forma aleatoria cuando el jugador se desplaza dentro de la ciudad y durante una misión.

Se ha añadido también un índice de aleatoriedad en el juego de aventuras y rol para las batallas, de forma que los ataques normales tienen distintos efectos y no garantizan una victoria.

4. Resultados

4.1. PRUEBAS Y ESTADÍSTICAS

En un principio, con las instrucciones no muy bien explicadas y con un botón que, a pesar de su tamaño, no ocupaba toda la pantalla, los jugadores no han podido hacerse al modo de juego. Los jugadores tendían a recorrer la pantalla con los dedos, encontrando el botón pocas veces y de forma accidental. Además el juego no está pensado para que se palpe la pantalla, sino para que se simplemente se toque como aviso de que se va a hablar y otra vez para que continúe. Ha sido de especial importancia el mensaje incluido al principio indicando esta diferencia de uso con respecto a las aplicaciones habitualmente usadas para los invidentes.

A parte de esta mejora, también ha sido implementada la alternativa del panel de botones, anteriormente mencionada en el apartado 3, para que el jugador pueda elegir qué alternativa prefiere para jugar o cuál puede usar mejor, ya que el reconocimiento de voz no le permitiría jugar en algunos sitios si hay ruido, lo cual le quitaba portabilidad al juego.

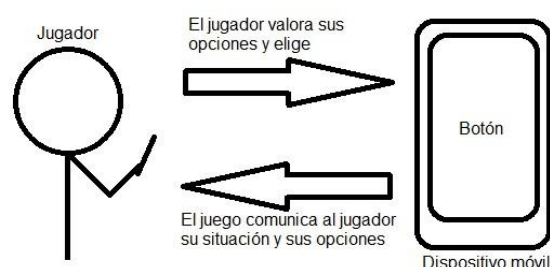


Imagen 5. Gráfica de la interacción entre el usuario y el juego.

Los juegos se pueden jugar sin mirar a la pantalla, los jugadores pueden usar tanto órdenes numéricas como palabras clave en la versión de reconocimiento de voz. Algunas partes de los juegos han sido simplificadas para conseguir una mayor fluidez y un mejor funcionamiento.

El juego de fútbol ha resultado más extraño a los jugadores, ya que es un juego de fútbol por turnos, no es algo muy común y el funcionamiento, pese a usar la misma interfaz, ha resultado un poco extraño a algunos jugadores, pero solo por cuestión de diseño para dicha temática. El juego de aventuras y rol es el que ha tenido mejor acogida ya que su género es más parecido a lo que los jugadores están acostumbrados, tanto los que han jugado a rol de videojuegos como a rol de mesa.

A continuación se muestran una tabla y una gráfica con los porcentajes de éxito de las pruebas:

Tabla 1. Resultados porcentuales de las pruebas

Nombre	% (desvest)
Facilidad de Uso	
¿Le resulta sencillo jugar?	80% (0.4472)
¿Se acostumbra rápido al modo de juego?	80% (0.4472)
¿Avanza en el juego según se lo propone?	75% (0.5728)
Funcionalidad	
¿El juego obedece a sus órdenes correctamente?	100% (0)
Diseño de la interfaz	
¿El botón o los botones son fáciles de localizar por el jugador?	80% (0.4472)
¿Consigue el juego dar a entender al jugador dónde está?	100% (0)
¿Representa bien el juego la acción para el jugador?	100% (0)

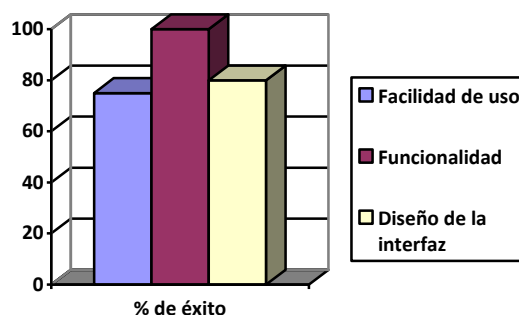


Imagen 6. Gráfico de porcentaje de éxito en los resultados

Las pruebas han sido realizadas con cinco sujetos. Como dato anexo, el éxito ha sido cuanto mayor en sujetos jóvenes que en sujetos de media y avanzada edad.

4.2. PRODUCTOS

En el juego de aventuras y rol se controla a un grupo de aventureros que recogerán encargos de una taberna y lucharán en combates por turnos. El jugador ejerce el rol de estrategia y guía del grupo, decidiendo qué necesitan, el equipamiento y cómo actuar en la batalla, siendo un personaje más aunque no luche por su cuenta. La temática es de parodia de fantasía medieval, con lo cual además de los elementos típicos de la fantasía medieval habrá cosas humorísticas, como ataques o habilidades desastrosas, comentarios jocosos, inventos posteriores al Medioevo, como es el caso de un lanzallamas que el mago puede hacer aparecer con uno de sus hechizos, y personajes sin sentido o extraños.

En el juego de fútbol se elige un equipo de una lista que se da al principio, cada uno con sus

propias características que se deben descubrir durante el juego. Sigue unas normas de juego de tablero, las posiciones están predefinidas y los jugadores deciden las acciones las cuales se efectúan por tiradas de dados. Una acción solo tiene una forma de ser contraatacada, de modo que los jugadores al enfrentarse el defensor han de elegir la contra-acción y luego sacar una tirada superior a la del atacante. La gracia del juego está en descubrir los puntos fuertes y puntos flacos de cada equipo y cada jugador para saber cómo enfrentar los partidos.

5. Conclusiones y trabajos futuros

Se concluye que se ha logrado el objetivo planteado de desarrollar audio-juegos con usabilidad para invidentes en la plataforma Android, y que estos son en el peor de los casos un 75% de las veces usables.

Se ha observado que es necesaria para una correcta utilización de los audio-juegos con reconocimiento de voz la habilitación de un único botón que cubra todo el área de la pantalla táctil y que se especifique que su uso se limita a la activación del reconocimiento de voz.

La parte de hablar al jugador con el sintetizador de voz ha cumplido con su función, además de que se han implementado algunas medidas para que sea usable cuando la pronunciación no es del todo correcta, y es de especial importancia que al principio del juego sea

explicada la diferencia a la hora de jugar con este juego con respecto a las demás aplicaciones desarrolladas para invidentes. De todos modos se han tenido en cuenta las condiciones en las que el reconocimiento de voz no se pueda usar y entonces así se pueda recurrir a la alternativa del panel de botones.

A partir de aquí y con este diseño de interfaz se puede apuntar a juegos más complicados y probar con los distintos géneros para conocer la aceptación del público a estos. Se pueden intentar juegos de aventura conversacional, los cuales requieren un diseño más complicado y un guión complejo por la parte del diseño, pero su desarrollo daría lugar a algo similar a los libros de historias que permitían al lector elegir cómo debía seguir ésta eligiendo una u otra página. Otro género que se podría implementar sería el de gestión económica, donde el jugador controlaría organizaciones o empresas o mismamente un simulador de bolsa y él recibiría los datos de lo que ocurre para saber cómo actuar, pero requiere un buen diseño para que el juego tenga fluidez.

5.1. AMPLIACIONES POSIBLES

La mejor ampliación que podría tener este proyecto es, sin lugar a dudas, la conversión a otros sistemas. Ambas interfaces pueden ser trasladadas a otras plataformas como iOS, usada por iPhone, y Symbian, ya que aparte de tener la capacidad para hacer juegos iguales estos sistemas tienen más recursos para una mejor accesibilidad y los juegos llegarían a un público mayor, pero de aceptar el riesgo se requeriría de más recursos y formación.

Otra ampliación deseable, tanto si se aplicase la anteriormente mencionada como si no, sería la de añadir la posibilidad de usar para jugar el teclado del dispositivo para los terminales que dispongan de uno, ya que damos la posibilidad de elegir las opciones de forma numérica.

6. Referencias

- [1] Niklas Röber and Maic Masuch, Leaving the screen - New perspectives in audio-only gaming, Games Research Group, Institut for Simulation and Graphics, Magdeburg, Alemania, 6-9 de julio del 2005, pág. 4. <doi:10.1.1.119.1296>
- [2] Kent Lyons, Maribeth Gandy, Thad Starner; Guided by Voices: An Audio Augmented Reality System, College of Computing 801 Atlantic Drive, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, Estados Unidos; año 2000, pp. 2-5. , año 2000. <doi:10.1.1.36.1923>
- [3] Robert W. Massof, Ph.D., Auditory Assistive for the Blind, Lions Vision Research and Rehabilitation Center, Wilmer Ophthalmological Institute, Johns Hopkins University School of Medicine, Broadway, Baltimore, Estados Unidos; 6-9 de Julio del 2003, pp. 1-3. <doi:10.1.1.159.7908>
- [4] José María Barja Pérez (Rector de la Universidad de A Coruña), Accesibilidad Informática, Revista Maremagnum, Publicaciones Maremagnum, A Coruña, Galicia, España; año 2007, pp. 2 y 5.
<http://www.menela.org/revista/maremagnum%2011/castellano%2011/a11.21.pdf>
- [5] Lila Shapiro, "Jordan Verner, Blind Gamer, Beats Zelda", Huffpost Technology, Toronto, (Ontario, Canadá), sin editorial (revista web), 3 de Marzo de 2010.
http://www.huffingtonpost.com/2010/03/03/jordan-verner-blind-gamer_n_484605.html
- [6] " Introducing Terry Garrett; a man possessing a gaming achievement better than yours.", Oddworld Inhabitants, Colorado Springs (Colorado, Estados Unidos), sin editorial (revista web), 20 de Febrero de 2011.
<http://www.oddworld.com/?p=394>
- [7] Deb Roy, Nitin Sawhney, Chris Schmandt and Alex Pentland; Wearable Audio Computing: A Survey of Interaction Techniques, Perceptual Computing Group and Speech Interface Group
MIT Media Laboratory, 20 Ames St., Cambridge, Reino Unido; año 1997, pp. 2-4. <doi:10.1.1.42.9256>
- [8] R. van Kommer y F. Chantemargue, A Speech Recognition Interface to Khepera Robots, Swisscom AG, CIT-CT-SPI, Güterstrasse 5, CH-3050 Bern y University of Fribourg, PAI Group, Chemin du musée 3, CH-1700 Fribourg, Suiza, pág. 4. <doi:10.1.1.34.8100>
- [9] Jürgen Trouvain, Phonetics y Phonetik-Büro Trouvain, On the comprehension of extremely fast synthetic speech, Saarland University y Phonetik-Büro Trouvain, Saarbrücken, Alemania; pp. 2-7. <doi:10.1.1.167.2881>

Uso de Estándares Bio-Psico-Sociales y Experiencia de Usuario en una Red Social Orientada a Personas con Discapacidad de Origen Neurológico

Laia Subirats¹, Silvia Orte¹, Raquel López², Sergi Torrellas¹, Alejandro García-Rudolph², Luigi Ceccaroni¹, Ángel Gil², Felip Miralles¹, José María Tormos²

¹Barcelona Digital Centre Tecnològic, Barcelona, España

²Fundació Privada Institut de Neurorehabilitació Guttmann, Badalona, España
{lsubirats, sorte, storrellas, lceccaroni, fmiralles} @bdigital.org
{rlopez, agarciar, agil, jmtormos} @guttmann.com

Resumen

En este artículo se consideran el uso de estándares bio-psico-sociales y la experiencia de usuario en una red social orientada a personas con discapacidad de origen neurológico, abierta a la participación de personas con discapacidad, familiares, profesionales de la salud, de la educación y de los servicios sociales, y otras personas interesadas. A través de esta red social, los usuarios pueden compartir experiencias e información relacionada con la enfermedad, administrar cuestionarios que permiten conocer el estado y evolución bio-psico-social de las personas utilizando estándares internacionales, y expresar sus opiniones en un ámbito más amplio. Se han llevado a cabo pruebas de usabilidad y de experiencia de usuario que han proporcionado una importante retroalimentación. De particular relevancia es el hecho que las personas con discapacidad señalaron la gran ayuda que supondría una herramienta de interacción social con otros individuos con sus mismas inquietudes.

This article analyzes the use of bio-psycho-social standards and user experience in a social network which is focused on people with disabilities of neurological origin, open to the participation of: people with disabilities; their family; health, education and social professionals; and other people who are interested. Across this social network, users can share experiences and information about their disabilities, and administrate questionnaires that let them know the bio-psycho-social state and evolution of people using international standards, and express their opinions in an open environment. Usability and user experience tests have provided important feedback. In particular, people with disabilities pointed out the great help that a tool to interact with other people with their same interests would provide.

Introducción

Las redes sociales basadas en el uso a través de ordenadores y orientadas a personas con problemas de salud ofrecen soporte a redes que ya existen de manera natural como la familia, los amigos o los compañeros de trabajo. Concretamente, su misión es capacitar y dar soporte a personas con algún tipo de discapacidad, favoreciendo la socialización, la participación, la comunicación y la interacción sobre temáticas de interés común.

Un ejemplo es el proyecto *Círculos de Salud*, financiado a través del programa *Avanza – Ciudadanía Digital*, del Ministerio español de Industria, Turismo y Comercio, que se ha desarrollado entre 2009 y 2011, y que se concibe como una red social digital orientada a personas con discapacidad. Esta red social permite al usuario no solamente pertenecer a una comunidad de personas relacionadas con una misma problemática, con la que compartir experiencias y conocimientos, sino también:

- habilitar unas herramientas para el seguimiento responsable de la salud;
- hacer análisis comparados de síntomas, tratamientos, evolución de afecciones e indicadores integrales de salud;
- compartir contenidos y conocimiento sobre investigación médica, nuevas alternativas terapéuticas, prevención y tratamiento de complicaciones, legislación, tecnologías ambientales, ayudas y voluntariado;
- recibir la información de manera adaptada a su perfil.

Círculos de Salud se ha diseñado para poder acoger varias redes de personas con discapacidad de distinta naturaleza.

Actualmente se ha implantado un prototipo de una red social de personas con una situación de discapacidad neurológica adquirida, en concreto personas en la fase posterior al proceso de rehabilitación intensiva de *lesiones medulares* (LM) (correspondientes a las clases S14.0-S14.1, S24.0-S24.1, S34.0-S34.1 y T09.3 de la CIE-10 [1]) y *daño cerebral adquirido* (DCA) (correspondiente a la clase I60-I69 y S06 de la CIE-10).

La aplicación se ha validado con una red de personas que han proporcionado el contexto experimental de donde se han extraído requerimientos y especificaciones funcionales, de usabilidad y accesibilidad, para la consecución de un producto-servicio diseñado para usuarios finales con discapacidad, miembros de asociaciones de pacientes, familiares y cuidadores profesionales.

Desde el punto de vista de las personas con problemas de salud, el objetivo del proyecto es facilitar la inclusión social utilizando los nuevos servicios y tecnologías digitales que ofrece la sociedad de la información, mediante su participación en una red social adecuada y especializada que además les proporciona:

- una valoración objetiva y comparada de las variaciones en sus indicadores de salud, participación y calidad de vida;
- el acceso personalizado a recursos como avances médicos, ayudas, o voluntariado.

Desde el punto de vista de la comunidad científica y finalmente del progreso social, la red social producirá un cuerpo de datos poblacionales de muestras heterogéneas y

diferentes entornos sociales, que permitirá contrastar hipótesis y extraer conclusiones científicas, con posibles implicaciones directas en otros campos, como por ejemplo la aplicación de la reciente Ley de la Dependencia [2].

En las siguientes secciones se presentan los principales resultados obtenidos en este proyecto. En la sección 2 se introduce la representación ontológica basada en estándares bio-psico-sociales. En la sección 3 se explica el diseño y la implementación de herramientas de análisis comparada del estado y evolución bio-psico-social representados a través de gráficos. En la sección 4 se describen las herramientas de gestión colaborativas y sociales. Las experiencias de usuario y la prueba de concepto se detallan en la sección 5. Finalmente, en las secciones 6 y 7 se presentan las conclusiones y el trabajo futuro respectivamente.

2. Representación ontológica basada en estándares bio-psico-sociales

Para los conceptos utilizados en la red social se ha usado una representación ontológica y estándares internacionales orientados al modelo bio-psico-social de la salud. La representación de los perfiles de usuarios facilita el estudio de los problemas poblacionales, la valoración personalizada, y el desarrollo de políticas sociales orientadas a la necesidad de cada individuo o cada perfil.

Mediante la identificación y representación formal de *perfiles, factores ambientales y estrategias de intervención* (ayudas técnicas, políticas sociales, barreras y elementos facilitadores de la participación comunitaria) se espera poder generar una estructura de conocimiento sobre la que articular una optimización de los recursos y mejorar con ello la calidad de vida de las personas, que en sí mismo es el indicador último de resultado.

A continuación se presentan: los indicadores de la autonomía, satisfacción personal y calidad de vida que se han utilizado, con información obtenida a través de cuestionarios; la traducción de estos indicadores a un estándar internacional; y finalmente la interoperabilidad con aplicaciones médicas.

2.1 TRADUCCIÓN DE INDICADORES DE LA AUTONOMÍA, SATISFACCIÓN PERSONAL Y CALIDAD DE VIDA A UN ESTÁNDAR INTERNACIONAL

Se define “indicador” como una *medida* que se usa para evaluar, de manera cualitativa o cuantitativa, algún aspecto de la funcionalidad o de la salud de una persona (incluyendo el nivel de autonomía, satisfacción personal y calidad de vida) o algún aspecto de la rehabilitación de una persona (incluyendo tanto el proceso como el resultado de la rehabilitación). En el *Laboratorio de medidas potenciadoras de autonomía, satisfacción personal y calidad de vida* (Qvidlab) [3], se ha definido y especificado un conjunto de indicadores para la valoración integral de las situaciones de discapacidad de personas que ha sufrido una LM o un episodio de DCA.

Los indicadores del Quidlab han sido traducidos a la *Clasificación internacional de la funcionalidad, la discapacidad y la salud* (CIF) de la *Organización Mundial de la Salud* (OMS) [4] y se han representado ontológicamente mediante Protégé 4 [5] como se muestra en la Ilustración 1. De esta manera se pueden representar los perfiles de usuarios en forma de ontología, usando estándares que facilitan:

- la interoperabilidad de aplicaciones;
- poder tratar los datos de las personas de manera independiente de la procedencia y del centro médico en el que se estén tratando.

La CIF incluye un total de más de 1.400 categorías, para describir de manera holística funciones y estructuras corporales, actividades y aspectos de participación, así como distintos factores ambientales que pueden actuar como favorecedores o como barreras a la participación de la persona en la sociedad. A continuación se presenta la representación ontológica de este estándar generada mediante Protégé, teniendo en cuenta los estudios existentes [6, 7, 8]. En la Ilustración 5 se muestra un esquema general de las clases de la ontología: *componentes funcionales*, *factores contextuales*, *persona*, *valor*, y sus subclases directas.

- IndependenciaFuncionalEscalera
- IndependenciaFuncionalAlimentacion
- IndependenciaFuncionalBañeraDucha
- IndependenciaFuncionalCompresionAuditiva
- IndependenciaFuncionalCompresionVisual
- IndependenciaFuncionalControlEsfinteres
- IndependenciaFuncionalCuidadosPersonales
- IndependenciaFuncionalExpresionNoVerbal
- IndependenciaFuncionalExpresionVerbal
- IndependenciaFuncionalInteracciónSocial
- IndependenciaFuncionalIntestino
- IndependenciaFuncionalMarcha
- IndependenciaFuncionalMemoria
- IndependenciaFuncionalResolucionProblemas
- IndependenciaFuncionalSillaDeRuedas
- IndependenciaFuncionalTransferenciaCamaSillaRuedasSilla
- IndependenciaFuncionalUsoBaño
- IndependenciaFuncionalVestidoInferior
- IndependenciaFuncionalVestidoSuperior
- IndependenciaFuncionalWC

◆ 1_independenciaCompleta
◆ 2_independenciaModificada
◆ 3_vigilancia
◆ 4_ayudaMinima
◆ 5_ayudaMedia
◆ 6_ayudaMaxima
◆ 7_ayudaTotal

Ilustración 4. Ejemplos de conceptos de la ontología de indicadores

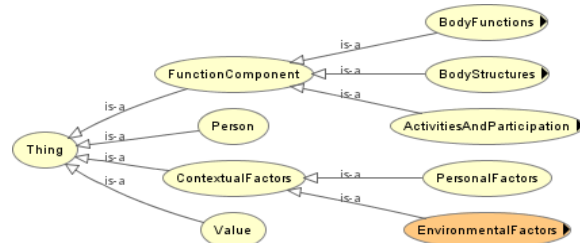


Ilustración 5. Representación de la CIF mediante el editor de ontologías Protégé

En la Ilustración 6 se muestran en más detalle las mencionadas clases y sus subclases.

En la Ilustración 7 se describen algunas propiedades en la ontología. Por ejemplo, la propiedad “tiene impacto en” permite relacionar los componentes funcionales con los factores contextuales. Finalmente, en la Ilustración 8 aparecen las instancias como por ejemplo las personas.

2.2 INTEROPERABILIDAD CON OTRAS APLICACIONES MÉDICAS

Para que la base de conocimiento de Círculos de Salud fuese interoperable con el *historial médico electrónico* (EHR) del Institut Guttmann, se ha explorado la opción de representar el conocimiento mediante arquetipos, que facilitan la interoperabilidad semántica entre sistemas generadores y consumidores de información, siguiendo el estándar UNE-EN ISO 13606 [9].

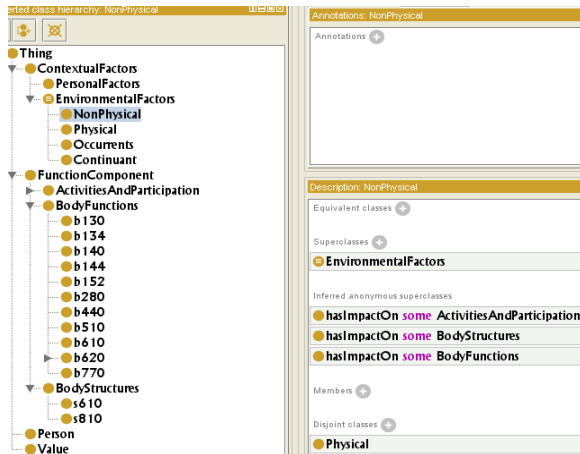


Ilustración 6. Clases de la representación ontológica de la CIF

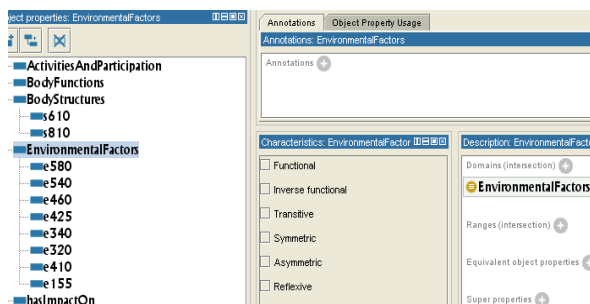


Ilustración 7. Propiedades en la ontología de la CIF

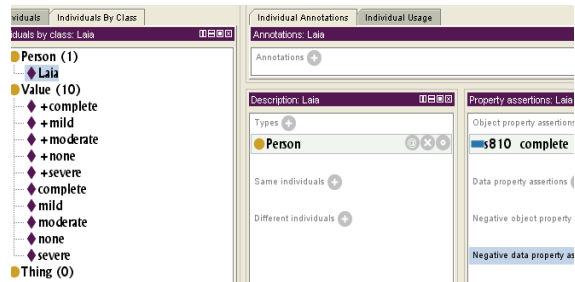


Ilustración 8. Instancias en la representación ontológica de la CIF

Una de las escalas (o cuestionarios) utilizadas, concretamente la escala Barthel mostrada en la Ilustración 6, ya se encuentra definida en el estándar UNE-EN ISO 13606. Se propone definir el resto de indicadores mediante el formato UNE-EN ISO 13606 y añadirle más valor semántico relacionándolo con estándares terminológicos internacionales como CIF o *Systematized Nomenclature of Medicine – Clinical Terms* (SNOMED CT) [10].

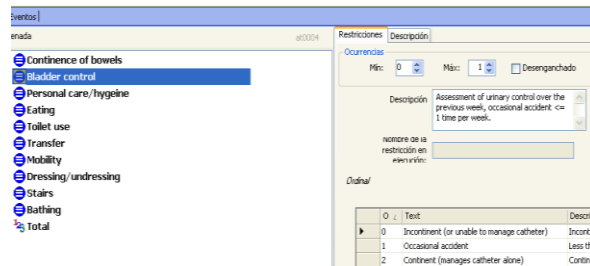


Ilustración 9. Arquetipo de la escala Barthel que se administra a personas con DCA (Fuente: repositorio de arquetipos www.openehr.org/knowledge/)

3. Herramientas de análisis de la calidad de vida y de los factores bio-psico-sociales

Tanto la calidad de vida como los factores bio-psico-sociales varían en el tiempo y, consecuentemente, es importante conocer su evolución para poder incidir en ellos de manera positiva a partir de datos objetivos.

Los usuarios buscan afinidades con otros usuarios (a través de herramientas de análisis que permiten la visualización del estado y evolución de la situación) para crear comunidades, facilitando la identificación de problemas comunes, soluciones potenciales y factores que favorecen o interfieren con la inclusión social, así como los relacionados con la calidad de vida.

3.1 ADMINISTRACIÓN DE ESCALAS Y TRADUCCIÓN AUTOMÁTICA A LA CIF

Una persona con discapacidad, una vez recuperada una vida más normal después de la lesión y haber regresado a casa, responde anualmente a un conjunto de cuestionarios según su perfil en lo que se conoce como *valoración integral periódica (VIP)*. Estos cuestionarios pueden ser administrados por las mismas personas con discapacidad (autoadministrables) o por profesionales (no autoadministrables). En la Ilustración 10 se

puede observar parte de la página de administración de las escalas y en la Tabla 1 el resumen de escalas administradas. Cada vez que se introduce o se borra una escala, se actualizan automáticamente, siguiendo la metodología de Cieza et al. (2005) [11, 12], los indicadores basados en el estándar CIF a través de los cuales se representa el perfil de la persona.

3.2 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ESTADO DE LA PERSONA Y SU EVOLUCIÓN

Las gráficas, generadas mediante MATLAB y el API de Google Chart, permiten al usuario compararse con otras personas con sus mismas problemáticas.

Listado de escalas de paciente (autoadministrables)

Escalas	Estado	Ver PDF	Ver gráfico	Borrar escala
Más información de las escalas				
Escala social Instituto Guttman (ESIG)	Pendiente			
	Enlace			
Índice de bienestar psicológico (IBP)	Acabado			
Cuestionario de integración en la sociedad (CIO)	Acabado			

Ilustración 10. Detalle de la interfaz de gestión de escalas autoadministrables y no autoadministrables

Tabla 1. Escalas administradas

Escala	Perfil	Auto administrable
Escala social Instituto Guttman (ESIG)	LM y DCA	Sí

Índice de bienestar psicológico (IBP)	LM y DCA	Sí
Cuestionario de integración en la sociedad (CIQ)	LM y DCA	Sí
Escala de factores ambientales hospital Craig (CHIEF)	LM	Sí
Escala de ansiedad-depresión (HAD)	LM	Sí
Cuestionario sobre la salud del paciente (PHQ9)	LM	Sí
Escala de calidad de vida de la Organización Mundial de la Salud (WHOQOL)	LM	Sí
Medidas de la independencia funcional (FIM). Corresponde a <i>Functional independence measure (assessment scale)</i> [273469003] en SNOMED CT [10].	LM	No
Medida de independencia funcional (SCIM)	LM	No
Escala de clasificación neurológica (ASIA)	LM	No
Escala de valoración de las competencias del paciente (PCRS)	DCA	Sí
Escala Conductual	DCA	No
Escala de valoración de las competencias del paciente (PCRSI)	DCA	No
Escala del nivel de funcionamiento cognitivo (LCFS). Corresponde a <i>Rancho</i>	DCA	No

<i>scale - levels of cognitive functioning (assessment scale)</i> [273727001] en SNOMED CT.		
Índice de Barthel (BARTHEL). Corresponde a <i>Barthel index (assessment scale)</i> [273302005] en SNOMED CT.	DCA	No
Escala de valoración de la discapacidad (DRS). Corresponde a <i>Disability rating scale (assessment scale)</i> [273421001] en SNOMED CT	DCA	No
Escala de resultados de Glasgow extendida (GOSE). La escala de resultados de Glasgow corresponde a <i>Glasgow outcome scale (assessment scale)</i> [273484007] en SNOMED CT	DCA	No

Al usuario se le muestran sus propios datos bien en un instante concreto que él mismo selecciona o bien a lo largo del tiempo, y en ocasiones hay una comparación con personas que tengan su mismo género, haga el mismo tiempo que han tenido el accidente, y tengan su misma patología y origen del accidente. Se han desarrollado los siguientes tipos de gráficas:

- *Gráfica de evolución de individuos.* Esta gráfica (ver Ilustración 11) muestra el valor en el tiempo de un conjunto de categorías de la CIF, para un individuo. Mediante un sencillo código de colores el usuario puede detectar rápidamente sus principales dificultades. En la representación de la categoría de

factores ambientales, mediante círculos se representan los facilitadores y mediante estrellas las barreras. Esta información también se ilustra mediante una modalidad más interactiva (ver Ilustración 9) en la que el usuario puede escoger dinámicamente qué tipo de datos quiere analizar, pudiendo así escoger únicamente los críticos o los que se refieren a un aspecto concreto.

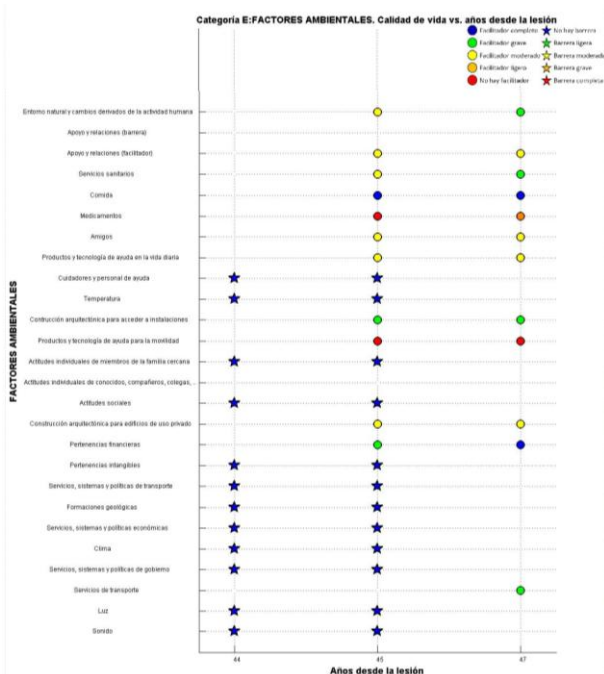


Ilustración 11. Representación gráfica de la evolución de un individuo a través de categorías de la CIF

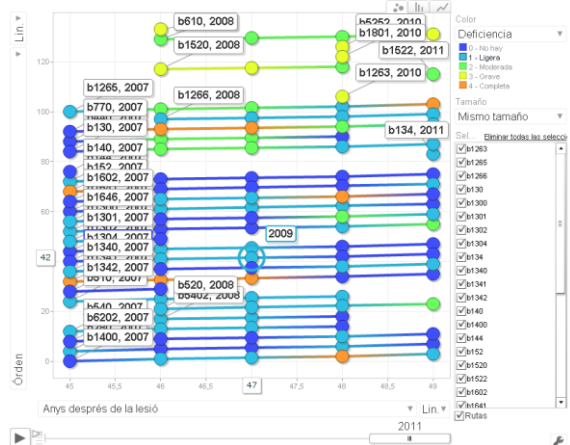


Ilustración 12. Representación gráfica de la evolución de un individuo utilizando la MotionChart de la API de Google Visualization

- Gráfica de evolución de población. La Ilustración 10 muestra el porcentaje de población con un valor determinado de una categoría de la CIF en el tiempo. Los colores cálidos (rojo) indican que hay más porcentaje de población con ese valor, mientras que los colores fríos (azul) indican lo contrario. El usuario es representado mediante una estrella, y podrá ver su evolución y compararse con población que padezca sus mismos problemas en la categoría seleccionada.

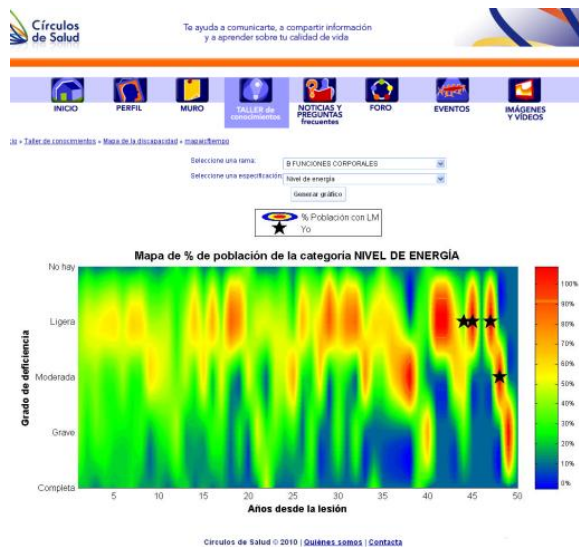
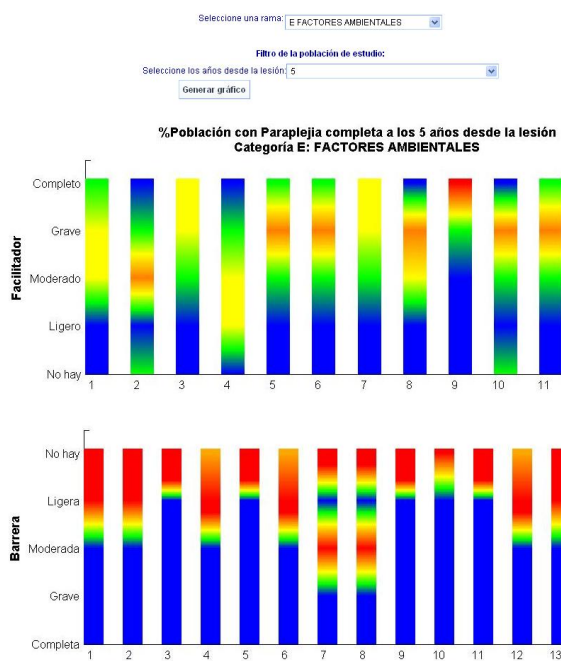


Ilustración 13. Representación gráfica de la evolución de una población a través de categorías de la CIF

- *Gráfica del estado individual y poblacional usando CIF.* Se muestra el porcentaje de población con un valor determinado de diferentes categorías de la CIF en un instante concreto del tiempo (ver Ilustración 11). Situando el cursor encima de cada categoría, se puede obtener una descripción de ésta y su identificador según el estándar CIF. Si se clica en una categoría se accede a la evolución en el tiempo de la población de esa categoría (ver Ilustración 10).
- *Gráfica del estado individual y poblacional usando cuestionarios.* Se muestra el porcentaje de población con un estado determinado en cada uno de los cuestionarios que el usuario ha contestado, según su patología. Un ejemplo de esta gráfica se muestra en la Ilustración 12.

Quando se quieren visualizar representaciones poblacionales, se ofrece la posibilidad de filtrar la población según los siguientes parámetros:

etiología (LM o DCA), nivel lesional (paraplejía y tetraplejía en el caso de LM), género, y causa de la lesión (traumática o no traumática).



Passa el ratón por encima de los nombres para ver su descripción y haz click, encima de una función para ver su detalle en el tiempo

- | | |
|--|--|
| Facilitadores
1. Servicios de transporte
2. Pensiones financieras
3. Construcción arquitectónica para edificios de uso privado
4. Productos y tecnología de ayuda para la movilidad
5. Construcción arquitectónica para acceder a instalaciones
6. Productos y tecnología de ayuda en la vida diaria
7. Amigos
8. Medicamentos
9. Comida
10. Servicios sanitarios
11. Apoyo y relaciones (facilitador)
12. Entorno natural y cambios derivados de la actividad humana | Barreras
1. Sonido
2. Luz
3. Servicios, sistemas y políticas de gobierno
4. Clima
5. Servicios, sistemas y políticas económicas
6. Formaciones geológicas
7. Servicios, sistemas y políticas de transporte
8. Pendencias inabundantes
9. Actitudes sociales
10. Actitudes individuales de conocidos, compañeros, colegas...
11. Actitudes individuales de miembros de la familia cercana
12. Temperatura
13. Ciudadanos y personal de ayuda
14. Apoyo y relaciones (barraera) |
|--|--|

Círculos de Salud © 2010 | Quiénes somos | Contacta

Ilustración 14. Representación gráfica del estado de poblaciones e individuos a través de categorías de la CIF

4. Herramientas sociales y de gestión colaborativa del conocimiento

Se han desarrollado herramientas para: la interacción social, la gestión de la información y la gestión de la red social. A continuación se describen los diferentes elementos y funcionalidades ofrecidos:

- *Pantalla principal sin autenticación.* Dinamiza y resume el contenido nuevo del portal.
- *Creación de una cuenta.* Permite dar de alta en el portal a los diferentes actores: personas con discapacidad, familiares, profesionales de la salud, de la educación y de los servicios sociales, y otras personas interesadas.
- *Pantalla principal después de autenticación.* Muestra información privada de la red social como el muro (inspirado al “wall” de Facebook) o el resumen de información interna de la red (ver Ilustración 13). Se monitoriza el uso de la plataforma permitiendo conocer por ejemplo la navegación del usuario, la frecuencia y tiempo de acceso a cada página y lugar desde donde se realiza el acceso.

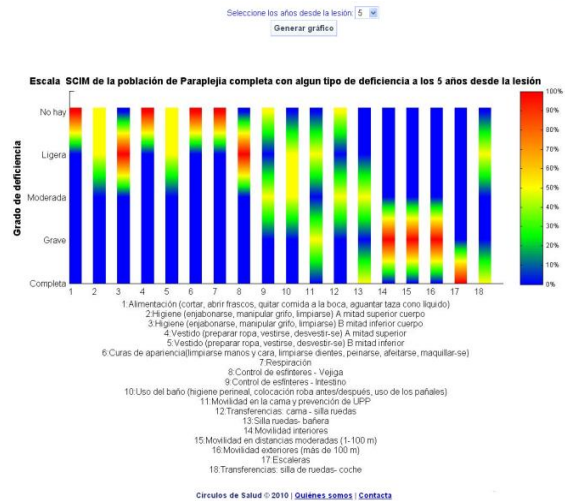


Ilustración 15. Representación gráfica del estado de poblaciones e individuos a través del cuestionario medida de la lesión de la médula espinal (SCIM).

- *Gestión del perfil.* Permite gestionar el alta de personas con diferentes roles, gestionar la admisión a las comunidades y cambiar algunos datos del perfil de la persona. Una vez un profesional ya se ha acreditado, le aparece un nuevo menú de “Gestión de personas”, como se puede observar en la Ilustración 14.
- *Muro.* Incluye las actividades de la persona y la gestión de amigos (ver Ilustración 14).
- *Gestión de personas.* Este menú aparece en el perfil de profesional acreditado, y desde aquí el profesional puede incorporar a su red a personas con discapacidad, para poder luego administrarles cuestionarios y visualizar su información.
- *Noticias y preguntas frecuentes.* Los profesionales acreditados pueden escribir noticias que consideren relevantes y respuestas a preguntas

frecuentes (FAQs). Cualquier usuario del portal puede leer el contenido.

- **Foro.** Hay diferentes categorías de foros: anuncios, dolor neuropático, estrategias de afrontamiento, grupos focales (grupo de discusión o sesiones de grupo), ocio y participación en la sociedad. Círculos de Salud proporciona una plataforma para chatear en grupo y para realizar los grupos focales virtualmente.
- **Eventos.** Los profesionales pueden añadir eventos de interés, y los usuarios del portal pueden visualizarlos.
- **Imágenes y videos.** Se pueden subir videos e imágenes de actos relacionados con Círculos de Salud. Sólo los administradores del portal pueden subir videos en la parte pública del portal; mientras que en la parte privada cada usuario administra su contenido audiovisual y su visualización por parte de la comunidad de Círculos de Salud.



Ilustración 16. Pantalla principal de un usuario autenticado en Círculos de Salud

El carácter diverso de los potenciales usuarios de la plataforma ha requerido hacerla accesible para todos ellos obteniendo una solución multimodal y multi-canal. Se han llevado a cabo acciones para comprobar la multimodalidad de la interfaz: entre ellas, se han realizado pruebas de lectura de la plataforma con lectores de voz como JAWS, se ha evitado usar los campos *select*, ya que no son accesibles para los lectores de pantalla, y se ha optimizado la navegación por medio de teclado. Para optimizar la navegación por teclado, se han utilizado teclas de acceso rápido y se ha comprobado que el orden de los *tabs* (*tabindex*) seguía una secuencia lógica en la página.

Con la finalidad de hacer una interfaz multi-canal, se ha creado también una plataforma móvil con funcionalidad limitada y con estilos más sencillos para poder acceder a la

información de manera rápida y fácil a través de un dispositivo móvil. Las funcionalidades de la interfaz móvil incluyen la posibilidad de ver y escribir noticias, FAQs, foros y eventos, como se puede ver en la Ilustración 18.



Ilustración 17. Interfaz de un administrador

5. Usabilidad, accesibilidad y experiencia de usuario

En Círculos de Salud se ha realizado un estudio de usabilidad, accesibilidad y experiencia de usuario, ya que estos factores se consideran especialmente importantes en colectivos con discapacidad. El estudio de la plataforma se divide en dos fases:

- un análisis de experto;
- un test de usabilidad, accesibilidad y experiencia de usuario con seis potenciales usuarios de la plataforma.

5.1 FASE 1: ANÁLISIS DE EXPERTO

Los requerimientos de usabilidad y accesibilidad vienen marcados por el análisis de experto, del que resultaron las siguientes recomendaciones, que se han tenido en cuenta en la siguiente iteración de implementación:

Diseño compatible con CSS 2.1. Mejoras de accesibilidad de algunos elementos desarrollados con la herramienta de software libre utilizada, *Liferay* [13].

Beneficios de pertenecer a la comunidad de Círculos de Salud. En el caso de personas con discapacidad, los beneficios están constituidos principalmente por las opciones de interacción y el acceso a información útil. En el caso de profesionales, los beneficios están constituidos por las funciones que agilizan su trabajo a nivel técnico y el trato con personas con discapacidad.

Normalización de la interacción. La interacción en la participación en la plataforma se debe realizar utilizando un vocabulario cuidadoso, y unas funciones que ayuden al usuario en su día a día.

Mejoras en la estética de la página y diseño funcional. El diseño debe centrarse en las necesidades del usuario.



Ilustración 18. Plataforma móvil para noticias, FAQs, foros y eventos

Nueva retícula u organización de la página web y rediseño de los iconos. Se ha eliminado el exceso de links y apartados, que podía llevar a confusión. Además, se da más relevancia a los apartados que el usuario consulta más a menudo.

Representaciones gráficas del estado de la persona. Se relacionan los diferentes tipos de gráficas entre ellas para que el usuario entienda mejor cuál es el estado y la evolución de su calidad de vida. Las gráficas se refieren a individuos o poblaciones, y pueden ser de estado o de evolución.

Relación con otras redes sociales. El usuario no necesita otras redes sociales para interactuar con la plataforma de Círculos de Salud. Esta es una comunidad con entidad propia y el usuario,

sea cual sea su perfil, puede entrar sin necesidad de ejecutar enlaces externos.

Accesibilidad del sitio web. Círculos de Salud se ha desarrollado a partir del sistema de gestión de contenidos Liferay. Aunque no todos los desarrollos cumplen el nivel AA, la comunidad Liferay está realizando un esfuerzo para que los desarrollos disponibles sean compatibles con este nivel de accesibilidad e incorporen atajos de teclado.

5.1 FASE 2: TEST DE USABILIDAD, ACCESIBILIDAD Y EXPERIENCIA DE USUARIO

En una segunda fase, se ha realizado un test de usabilidad, accesibilidad y experiencia de usuario. Para ello se ha usado un *test de tareas con entrevista*. Este método genera resultados tanto cuantitativos como cualitativos. Se recoge cuantitativamente el éxito, falso éxito, fracaso o falso fracaso en el llevar a cabo la tarea. También se recogen los siguientes datos cualitativos:

observaciones: anotaciones sobre las dificultades, los comportamientos inusuales o cuando la causa del error no es obvia;

comportamiento: acciones realizadas por el usuario para entender cómo llevar a cabo la tarea;

literales: opiniones subjetivas sobre la experiencia y la interfaz expresadas por los participantes.

Durante el proceso se ha seguido el *protocolo de pensamiento manifiesto* [14], que nos permite entender la aproximación del usuario a

las interfaces y las consideraciones que realiza mientras las utiliza. El principal beneficio que aporta este método es el de identificar el modelo mental del usuario y de su interacción con Círculos de Salud.

Para analizar detenidamente la actividad del usuario se ha llevado a cabo el *protocolo de pregunta-respuesta*, que se realiza en el momento en que se finaliza cada una de las tareas. Este método provoca las manifestaciones del usuario respecto a la red social mediante la formulación de preguntas directas. La capacidad del usuario (o su ausencia) para contestar las preguntas sirve de ayuda para detectar qué partes de la interfaz o del sistema son obvias o confusas.

Este estudio se ha realizado con participantes que representan los diferentes roles que habrá en el portal. Más concretamente se han evaluado:

- tres personas con discapacidad, autónomas en la interacción con la plataforma, cada una con un tipo de lesión diferente (lesión medular, ictus y traumatismo craneo-encefálico);
- tres profesionales de diferentes ámbitos: un médico, un trabajador social y un psicólogo.

5.3 RESULTADOS

Según las aportaciones que los usuarios han ido haciendo a lo largo de las pruebas y del estudio de las mismas, el portal necesita las siguientes mejoras de usabilidad y accesibilidad:

Reforzar el texto explicativo dando prioridad a la necesidad de darse de alta y a los privilegios de participar en la red social. Incluir quién es el responsable de la dinamización del portal.

Explicar en detalle el objetivo de rellenar el formulario de darse de alta y qué supone el rol del usuario a la hora de consultar el contenido de la plataforma.

Agregar textos de ayuda contextualizados para ayudar a conocer el tipo de contenido que el usuario va a encontrarse en cada sección antes de que acceda a ella.

Dar información sobre qué contenido puede consultar cada tipo de perfil de usuario, de manera tal que los usuarios sepan en todo momento quien va a poder consultar lo que se está escribiendo.

Revisar el formato de la plataforma dando énfasis en añadir el título en todas las secciones y añadir diferentes colores en el texto.

6. Conclusión

Se ha presentado una red social orientada a personas con discapacidad de origen neurológico, abierta a la participación de personas con discapacidad, familiares, profesionales de la salud, de la educación y de los servicios sociales, y otras personas interesadas.

El diseño gráfico y la distribución del contenido han obtenido una valoración muy positiva por parte de los usuarios potenciales de la plataforma, ya sean profesionales o personas con discapacidad.

Se deberían incluir mejoras en el portal con respecto a la interacción, para que ésta sea intuitiva y sencilla, y al diseño gráfico del contenido dinámico.

La mayoría de los usuarios indican que el hecho de participar en una comunidad les aportaría muchos beneficios y enriquecerían los conocimientos personales en base a las experiencias de otros usuarios. Se da especial importancia al hecho de conocer quién está detrás de la dinamización del contenido y quién certifica y da realismo a lo que se muestra. Cabe destacar que los profesionales han señalado durante el estudio que los gráficos relativos a los individuos son una buena herramienta para realizar los programas de rehabilitación, ya que permiten ver rápidamente los puntos débiles de cada caso mediante un sencillo código de colores. El tipo de información que intercambiarían los usuarios no sería necesariamente médica sino que más bien sobre aspectos de la vida cotidiana, organizaciones, ayudas y actividades de interés.

En definitiva, los resultados obtenidos indican que la herramienta tiene un gran potencial para los usuarios.

7. Trabajo futuro

Círculos de Salud es una herramienta que podría generalizarse a otros tipos de discapacidad, a todo tipo de personas o internacionalizarse.

7.1 GENERALIZACIÓN A OTROS TIPOS DE DISCAPACIDAD

Personas con discapacidad visual o auditiva podrían ser usuarios de la plataforma si se introducen a la plataforma los cuestionarios típicos de estos colectivos junto con su traducción al estándar CIF siguiendo la metodología descrita en [11, 12] y si se conoce su perfil bio-psico-social.

Además de adaptar la información a la discapacidad en cuestión, también se debería adaptar el contenido audiovisual a estas personas, por ejemplo subtitulando los vídeos y utilizando audio-descripción. La comunidad Liferay está realizando mejoras continuas en temas de accesibilidad y usabilidad [13].

Sería interesante generalizar Círculos de Salud a la discapacidad física, psíquica y mental, adaptando los cuestionarios y la información según el perfil de la persona. Diversas instituciones podrían estar ligadas a esta iniciativa, como hospitales, centros residenciales.

7.2 GENERALIZACIÓN A TODAS LAS PERSONAS

También las personas sin discapacidad podrían encontrar interesante conocer su calidad de vida desde un modelo bio-psico-social y compararse con el resto de población. Simplemente se deberían adaptar los cuestionarios y el contenido informativo de lo que puede interesar a la persona.

7.3 INTERNACIONALIZACIÓN

Aunque en una primera aproximación está dirigida al territorio español, ésta puede extenderse internacionalmente a los distintos países de habla española, y en una segunda fase, a países de habla inglesa. Esto sería útil para las administraciones, ya que permitiría una fotografía de las diferentes discapacidades y la comparación entre diferentes regiones. Además permitiría la creación de mejores prácticas y recomendaciones a nivel Europeo, derivadas del análisis de datos poblacionales de la herramienta, con impacto directo a políticas regionales de inclusión, asistencia y soporte a la dependencia.

7.4 IMPLANTACIÓN Y SOSTENIBILIDAD

Actualmente se está estudiando la metodología de explotación y el modelo de negocio que permitirá la implantación y sostenibilidad de la red social Círculos de Salud. Para ello se planea involucrar a otros centros asistenciales de referencia, asociaciones de pacientes, los sistemas públicos de salud, y la empresa privada. El modelo de negocio para asegurar la sostenibilidad del portal es todavía objeto de estudio. Pero se conoce a través de otras experiencias en redes sociales que es fundamental poder llegar a involucrar una masa crítica de usuarios y llevar a cabo una labor inicial y continuada de dinamización social. Por otro lado, Círculos de Salud se revela también como una herramienta altamente innovadora que proporciona modelos de evaluación para cuantificar costes, ahorros, y

eficiencia de las intervenciones en el marco de un nuevo paradigma de medicina centrada en el paciente. Esta característica diferencial abre un potencial camino de sostenibilidad basado en su explotación por parte de las administraciones públicas y la industria de la salud. Todo ello se hará más evidente con la generalización a otros tipos de discapacidad o patologías crónicas, la generalización a todas las personas, y con la labor de internacionalización descritas en los apartados anteriores.

8. Agradecimientos

La investigación descrita en este artículo es un resultado del proyecto Círculos de Salud TSI-040200-2009-73, que forma parte del programa Avanza Ciudadanía Digital, soportado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

9. Referencias

[1] Organización Mundial de la Salud. Clasificación internacional de enfermedades (CIE-10). Disponible: <http://apps.who.int/classifications/apps/icd/icd10online>.

[2] Jefatura del Estado Español, Promoción de la Autonomía Personal y Atención a las personas en situación de dependencia, 2006. Disponible: http://www.boe.es/aeboe/consultas/bases_datos/doc.php?p?coleccion=iberlex&id=2006/21990.

[3] Institut Guttmann. Qvidlab. Laboratorio de medidas potenciadoras de la autonomía, satisfacción personal y calidad de vida de las personas con lesión medular y daño cerebral: tres años de investigación en calidad de vida y discapacidad: memoria 2006/2008. Madrid: Ministerio de Sanidad y Política Social, Secretaría General Técnica,

Centro de Publicaciones, 2009. Disponible: http://sid.usal.es/ids/F8/FDO24054/Memoria_2006_2008_Laboratorio.pdf.

[4] Organización Mundial de la Salud. Clasificación Internacional del funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud (CIF). Disponible: <http://apps.who.int/classifications/icfbrowser/>.

[5] The Protégé Ontology Editor and Knowledge Acquisition System. Disponible: <http://protege.stanford.edu/>.

[6] Harris, M. R., Ruggieri, A. P., Chute, C. G. From Clinical Records to Regulatory Reporting: Formal Terminologies as Foundation. Health Care Financing review, vol. 24, no. 3, pp. 103-20, 2003.

[7] Kostanjsek, N. Semantic interoperability – Role and operationalization of the International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF). International Journal of Integrated Care, vol. 9, 2009.

[8] Kumar, A., Smith, B. The Ontology of Processes and Functions: A Study of the International Classification of Functioning, Disability and Health. Artificial Intelligence in Medicine (AIME 2005) Workshop Biomedical Ontology Engineering, Aberdeen, UK, July 24, 2005.

[9] Moner, D.; Maldonado, J.A.; Bosca, D.; Fernandez, J.T.; Angulo, C.; Crespo, P.; Vivancos, P.J.; Robles, M. Archetype-Based Semantic Integration and Standardization of Clinical Data. IEEE Annual International Conference in Medicine and Biology Society (EMBS '06), vol. 1, pp. 5141-4, New York City, USA, Aug. 30 - Sept. 3, 2006.

[10] College of American Pathologists y National Health Service. Systematized Nomenclature of Medicine – Clinical Terms (SNOMED CT). Disponible: <http://snomed.dataline.co.uk/>.

[11] Cieza, A., Geyh, S., Chatterji, S., y Konstanjsek, N. ICF linking rules: an update based on lessons learned. Journal of Rehabilitation Medicine, vol. 37, no. 4, pp. 212-218, 2005.

[12] Cieza, A., Brockow, T., Ewert, T., y Amman, E. Linking health-status measurements to the international classification of functioning, disability and health. Journal of Rehabilitation Medicine, vol. 34, no. 5, pp. 205-210, 2002.

[13] Liferay. Open Source CMS. 2011. Disponible: <http://www.liferay.com>.

[14] Ericsson, K., Simon, H. Verbal reports as data. Psychological Review, vol. 87, no. 3, pp. 215–251, 1980.

(304) Guidelines for Accessibility to Microblogging: an Integral Approach

Yod Samuel Martín García Laura Álvarez Alba Juan Carlos Yelmo García
Universidad Politécnica de Madrid – Departamento de Ingeniería de Sistemas Telemáticos
{samuelm, lalvarez, jcyelmo}@dit.upm.es

Abstract

Microblogging is one of the most popular user-generated media (UGC) types; hence its accessibility has a large impact for users. However, the accessibility of this medium is poor actually, due to the combination of bad practices by different agents, ranging from the providers that host microblogging services to the prosumers that post contents to them. Here we present a model introducing the different components that play a part in microblogging services from the perspective of accessibility; then we analyze the impact of each of them and propose some guidelines so that they may meet accessibility requirements. In particular, we base on a study performed on Twitter (one of the most relevant microblogging platforms) to identify good and bad practices regarding accessibility in microblogging content generation.

Resumen

Los ‘microblogs’ son uno de los tipos más populares de contenido generado por los usuarios (UGC), por lo que su accesibilidad puede tener un gran impacto. Sin embargo, en realidad este medio ofrece una accesibilidad muy pobre por la combinación de malas prácticas, cuyo origen va desde los proveedores que albergan los servicios de microblogging hasta los ‘prosumidores’ que envían los contenidos. En la presente ponencia, se presenta un modelo de los distintos componentes de los servicios de microblogging desde el punto de vista de la accesibilidad, se analiza el impacto de cada uno de ellos, y se proponen algunas pautas para que cumplan con los requisitos de accesibilidad. En concreto, realizamos un estudio sobre Twitter –una de las plataformas más relevantes de microblogging– para identificar buenas y malas prácticas de accesibilidad en la generación de contenidos de microblogging.

1. Introduction

Web users are not mere passive content consumers any more, but they have also become active contributors in the Web 2.0 sites. This has led to the dual role labeled as “prosumer”, which depicts users who both consume contents created by others and produce their own ones, thus engaging into a communal creation process. User-Generated Contents (UGC) –defined as those publicly available contents created as a result of creative effort by non-professional users [1]– are becoming more and more widespread, up to the point that almost 1 out of 3 web sites in the top 1000 (as measured from Alexa [2]) offer UGC as a relevant part of their contents.

However, this large dissemination does not usually go by high quality standards –and that also affects accessibility. UGC have their specific accessibility problems [3]: on one hand, prosumers are neither trained on, nor acquainted with, or aware of accessibility issues; on the other, they do not have to respond to clients, thus lacking any accountability and devoting little resources to improve the quality of those often short-lived contents.

In the rest of the paper we present a study on the accessibility of microblogging –an especially relevant type of UGC–, and outline some possible techniques to improve it. Section 2 introduces the different components present in the usual microblogging scenario regarding their role for accessibility, which we deal with in the next sections. Section 3 defines possible approaches for the platforms and the user-agents to improve accessibility to

microblogging contents. Section 4 presents the user practices observed in a massive study performed on Twitter (the most used microblogging service); from which we extract some guidelines for users in section 5. Finally, section 6 concludes the article and presents prospective future research lines.

2. Microblogging services and contents from the perspective of accessibility

2.1. RELEVANCE OF MICROBLOGGING

Microblogging [4][5] is a service that allows users publish on the Internet small elements of content. Same as it happens on fully-featured blogs, microblogging topics range from casual, personal matters, to hobbies or marketing and promotion from brands or firms. Microblogging services usually allow users to subscribe to contents published by others, so that they may check them on real-time from the service user interface.

The most used microblogging service is Twitter, yet it coexists with others such as Tumblr, or even the so called “status update” services by online social networks (such as Facebook Wall, Yahoo Pulse, Google Buzz, etc.) All these services are proprietary, in that they do not allow users from one service to subscribe to feeds hosted by another one. On the other

hand, there are commercial and open-source products, such as OStatus, that allow organizations to set up their own microblogging services and interoperate with one another, either for corporate use or as a service provider for external users (e.g. Identi.ca, Status.net).

Microblogging is reaching a large degree of social influence [6]. Twitter, the most relevant microblogging service, currently hosts more than 50 billion entries, growing exponentially with 1 billion more currently being added each week. It is used by companies as a way to be in touch with their customers and swiftly diffuse their messages and campaigns, taking advantage of the so-called “viral marketing”. It has been pivotal for the self-organization in the popular upheavals that have been recently developing in North African and Arab countries. In conclusion, microblogging services are a powerful communication tool with a large social relevance nowadays, and accessibility barriers in those services would preclude many users from a full involvement and participation in the society.

2.2. IMPACT OF THE COMPONENTS OF A MICROBLOGGING SERVICE ON ACCESSIBILITY

In order to understand the good and bad practices regarding accessibility in microblogging services, and the best ways to address them, we introduce a model that shows all the components taking part in the workflow of a typical microblogging scenario, and their relation with accessibility. We have compiled this model based on Twitter, yet it can be easily adapted to any other

microblogging service. This model integrates two different viewpoints: the components of web accessibility as defined by the WAI (Web Accessibility Initiative) [7] together with the usual Model-View-Controller [8] and 3-tier client/server architectures [9] typical of web applications. Following we detail the role of each of the agents participating in the workflow, shown in Figure 1 on next page.

2.2.1. Content producers. As above explained, the authors are usually non-professional creators, with the implications that entails for accessibility. Several techniques (documentation, guidance, etc.) may be employed in order to promote the creation of accessible contents among the producers.

One of the most salient features of microblogging users is the communal generation of a consensus for the language, model and processes employed. The tight limits in the brevity of contents has forced users to devise new ways to add deep meanings in just a few characters, and thus has given rise to new syntactic conventions. For instance, a hash sign (“#”) is prepended to terms referencing common topics, a caret (“^”) to author signatures, a commercial-at sign (“@”) to user mentions, etc. This is also shown in the language employed, where colloquial or ad hoc abbreviations are commonly used to condensate many ideas in such a short space.

2.2.2. Content editor. The users create their microblogging posts, called “tweets”, using different content editors, which play the role of *authoring tools*. Twitter itself provides its own, plain editor on its web site, but other third

parties also provide web-, mobile- or desktop-based applications to create and post new contents to Twitter. Finally, users also employ the editors to manage the service (for subscriptions, configuration, etc.) Apart from the traditional, user-driven editors, any authorized service may auto-generate and post tweets without any user intervention (e.g., to send alerts triggered by an external event, etc.)

2.2.3. Ancillary storage services. Since Twitter only provides a limited capacity for each tweet, external services have arisen that allow users to create, upload, or link additional contents that will be hosted on external services and linked from the original tweet. For instance, there are external image-hosting services specifically designed to have them linked from Twitter. However, the most paradigmatic example is the rise of URL shorteners: services that just provide a redirection facility from a URL a few characters long, to a destination website elsewhere.

2.2.4. Semantic data model and business logic. Twitter hosts the tweets in a database system where they are stored together with related semantic information. Tweets themselves just consist of 140 characters at most, but Twitter does not store them in a plain format, but decorated with several kinds of semantic information:

On the one hand, we have *extrinsic metadata* pertaining the tweet, such as its author, creation date, original source (in case it was originated by forwarding or replying to a different tweet), or geo-location.

On the other, a tweet can be enriched with annotations that describe some parts of its contents, which Twitter has integrated mimicking those community uses above presented. Thus, if a tweet contains a URL, a mention to a Twitter user, a reference to a common topic (called “hashtag”), or the signature of an individual author contributing in a collectivity (or “cotag”); then an annotation is stored together with the tweet signaling the special semantics of that part of the text.

Even more, Twitter is capable of identifying the usage of some external storage services and taking that into account for the annotations. On top of that, Twitter offers a framework to provide ad hoc annotations of any user-defined types (yet Twitter administrators themselves suggest some possible use schemes). All this information is accessed through a standardized API (Application Programming Interface) [10], where external clients can post or retrieve tweets with all the semantic information needed.

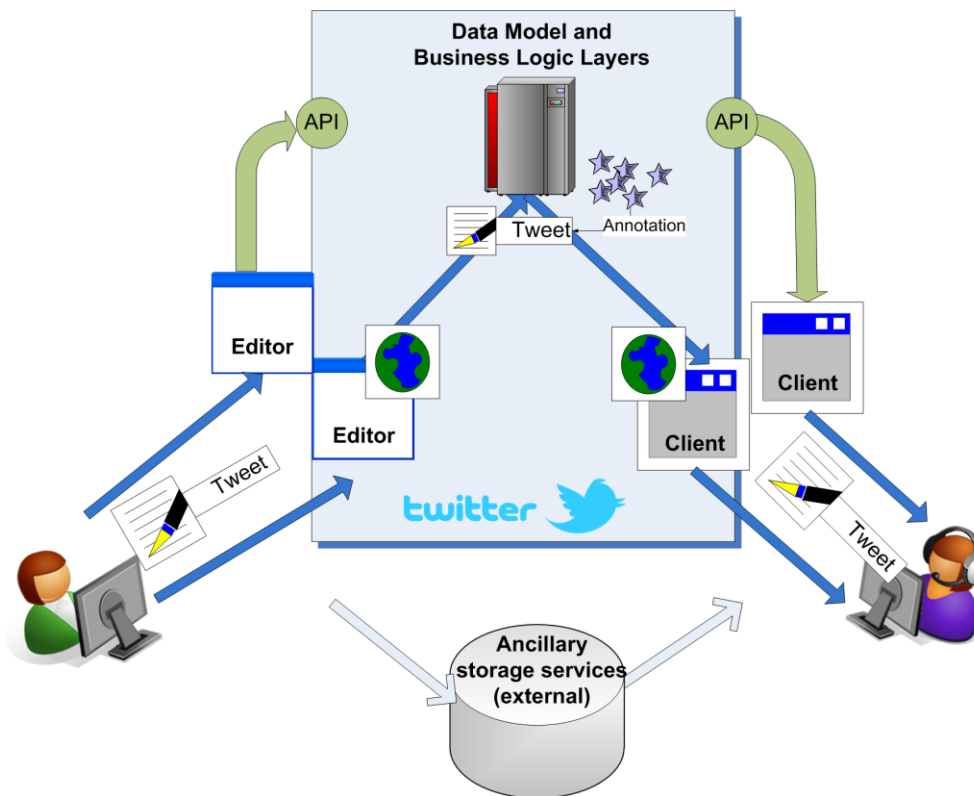


Figure 1. Components of a microblogging service.

2.2.5. Presentation or client layer. The presentation layer translates the data stored by Twitter into a user-interface definition (e.g. a Web page) that presents data in a human-readable fashion; thus, it plays both the role of an *authoring tool* (it is in charge of creating content) and a *user agent* (it provides the user interface).

Twitter itself provides users with a Web-based service to access tweets based on two different services: it hosts a public page for each user, where their tweets are published and may be accessed by anyone; and it provides as well a personalized “timeline” page where users may get the last tweets published by all the users they are subscribed to. These pages have their specific presentation features: users may customize the colors and background image of their public pages; while Twitter defines a fixed template for the page structure, font faces, etc.

However, other tools also exist to read Twitter, based on the public APIs that expose the data, as just presented. These tools may share or not the same presentation features as those provided by the Twitter website, and they may use completely different interface technologies (e.g. a desktop application) or modalities (e.g. speech synthesis to read the contents). Even though tweets are formally nothing more than 140 characters, all these tools may provide more information based on the tweet metadata and annotations. As simple examples, URLs can be marked as links in HTML, or the externally stored images linked from a tweet can be rendered together with the tweet, etc.

3. Transversal solutions for accessible microblogging

As we have explained in the previous section, there are several agents contributing to the contents perceived by the final user—each of them having its own impact on accessibility. The creator is responsible in part of the accessibility of the content he or she creates, but we should not dismiss the role of the other agents: here we explain the effects they may produce on accessibility.

3.1. PLATFORM-BASED SOLUTIONS

The major contributions to accessibility by the platform that stores and processes the contents may come from two approaches: a *richer metadata model*, and *semantic preservation and augmentation*.

Most of the accessibility problems found in microblogging platforms come from the medium constraints: a short string of plain text. However, nothing should preclude users from providing additional hidden data with information for accessibility, without needing to overflow the size of the message eventually rendered to the user. It has been conjectured that these metadata constitute the natural evolution of microblogging [11], and Twitter itself has been adding several metadata items to its data model for tweets. For instance, labeling the natural language of an individual tweet or part of it does not increase its

practical length, but it adds a much needed piece of metadata that screen readers may use as a hint for pronunciation. This applies, in general, to any markup that could be added to ease accessibility (titles, acronym expansions, quotations)

The second approach implies an active task by the platform. Aside from letting users add more metadata to content, the platform should always preserve it and even add more on their own. For instance, it could recognize URLs, emoticons, etc., and label them properly. Moreover, this active task can be extended to provide guidance to the creators: e.g. disallowing inaccessible color combinations, using face-recognition software to assess the adequacy of the profile photograph, precluding users from sharing links that do not have any explaining text, etc.

3.2. USER-AGENT-BASED SOLUTIONS

At the other side of the process, we find the different presentation tools. Their main role regarding accessibility is that of providing access to any piece of information available regarding the microblogging post, be it part of its content, its metadata, or data stored by an ancillary service. Thus, a high-quality user-agent, would present:

All the annotated entities with a distinct presentation (e.g. links underlined, quotations rendered between quotes or uttered with a different voice), skipping out unnecessary conventions (e.g. extraneous signs).

All the contents obeying the preferences dictated by the consuming user, in order to avoid any potential problem coming from an incorrect design (contrasts, etc.)

All the metadata available from each microblogging post, wherever it might be stored. This includes, e.g. the author's avatar, the images linked from the post and their alternative text, the title of the destination page of a link (resolving all the redirections if needed), etc.

As user agents such as EasyChirp⁶ or Syrinx have proved, the presentation of tweets does not need to be inaccessible –it may rather be as accessible as the developer of the user agent wants.

4. Field study on the accessibility of microblogging contents

In order to determine the impact of accessibility issues of UGC in microblogging, we have developed a field study over a broad set of Twitter contents.

4.1. SCOPE AND TARGET

Using Twitter's API, we mined Twitter to retrieve a broad set of contents that could

⁶ Formerly AccessibleTwitter

provide a representative sample. For that, we have followed several, complementary strategies, retrieving:

Random tweets, at a rate of 20 per minute during one week.

Popular tweets, either being relevant on their own as identified by Twitter's API, or pertaining to globally relevant discussion topics (called "trending topics").

Tweets from popular users (usually celebrities, bloggers or corporations), as identified by Twittercounter [12] statistics service. We should note that these types of users generate most of the impact in Twitter [13].

In order to automate the evaluation of the results over such a large sample, we have restrained to the evaluation of a limited subset of accessibility criteria: vocabulary (encompassing language clarity, abbreviations, etc.), link significance, metadata, and design. We refer the readers to accessibility guideline families [14] to check how each of these aspects in particular affects accessibility.

4.2. VOCABULARY

As we have explained, the community of Twitter users has created its own linguistic codes, which sometimes depart from the conventional usage. If users find terms that are not part of their natural language, they may encounter serious accessibility problems:

Screen reading software will not correctly read those non-lexical tokens, or it will generate awkward utterances (or just gibberish).

Users with limited reading competences or dyslexia will be confused by the language employed and not be able to understand the contents, etc.

There are several issues that fall under this category:

Usage of specific symbolic characters prepended to, appended to, or enclosing a term to denote a special meaning (hash for topics, caret for signatures, commercial-at for user mentions, etc.)

Groupings of words in a single token without blank spaces, to denote specific entities, in combination with the techniques just mentioned.

Usage of symbolic or non-Latin Unicode characters that exhibit a visual resemblance to their Latin counterparts, in order to create decorative text (e.g. the lowercase Greek letter eta “η” for the Latin “n”).

Usage of colloquial abbreviations or ad hoc spellings that reduce the number of characters (e.g. the letter “u” or the number “4” respectively standing for the pronoun “you” or the preposition “for”).

Usage of iconic characters (dingbats) to transmit concepts in a condensed way (e.g. a heart character “♥” to mean “love”).

Usage of URLs as the text of links, since they do not follow natural language rules; especially when they are pointing to a URL-shortening service, which hides any hint that the original URL could have provided under an obfuscated alphanumeric string.

Usage of natural languages different from that declared for the tweet.

Several of these may appear combined together, e.g., a user may write “#ff @jsmith” to signal “today Friday, I recommend subscribing to the contents of the user John Smith”. Even though these problems have different origins and solutions, all show as words that are not recognized as part of the target natural language, which allows us treating all of them together.

In order to analyze the impact of the vocabulary used on the accessibility of the contents, we have followed the following procedure for each tweet analyzed:

Select tweets in English or Spanish (for which we possess morphologic analysis tools).

Whiten each tweet, removing all the annotated entities, based on the available metadata. These entities are deemed as tokens that never pertain to the vocabulary of the language.

Lemmatize the contents of each tweet, that is, split it into words and reduce each to its base form (without any morphological flexions). We have leveraged on Freeling morphological analysis tool [15] for that process.

Compute the self-information of each word, measured in *bits* as given by the following definition of self-information:

$I(w_i) = -\log_2(p_i)$, where p represents the probability of each word to appear in that natural language. The probabilities have been drawn from the frequencies in the corpora developed by University of Leeds [16], and a reasonable value has been estimated following Zipf’s law for those terms not appearing in the corpus.

Add this quantity up over all the words contained in a tweet, thus obtaining the self-information of the whole tweet (supposing statistical independence between words), and compare that with the average entropy of the respective natural language:

$$\sum_{w_i \in \text{tweet}} -\log_2(p_i) - \sum_{w_i \in \text{Corpus}} -p_i \cdot \log_2(p_i)$$

This entropy analysis above explained, yielded *more than 100 bits of excess information on average of each tweet above the expectation*. In summary, this means large readability problems, due to any of the issues explained at the beginning of this subsection.

4.3. LINK SIGNIFICANCE

It is important that the text of a link clearly identifies its target. For those users sequentially navigating through a list of links, the text should be clear enough that its target can be distinguished in isolation. If not, at least the text surrounding the link in the same paragraph should help identify the target

However, link texts in microblogging services usually consist of the URL itself (which is not relevant enough at all), or even the URL of a redirection service, which even precludes the user from figuring out the destination site (thus being exposed to possible scams, undesired content, etc.)

In addition, links to tweets related to common topics (hashtags) are not used in a consistent way, since they are created by the community, and different users may be using the same hashtag with different meanings of vice versa.

4.4. METADATA AND SEMANTIC ANNOTATIONS

Tweets may include semantic annotations, which may help overcome the limitations imposed by the 140-character limit and include much more useful information to improve the accessibility of the contents. For instance, if part of the content is identified as a URL, a microblogging user-agent could well present the title of the document identified by the URL instead of the sequence of characters that make it.

We have thus evaluated the appearance of several metadata types in tweet structures. Following this analysis, we found a per-tweet average of 0.2 hashtags, 0.25 URLs (only 8% of which provided an expanded URL to display in replacement of a shortened one) and 0.37 user mentions. All of them add to the entropy surplus presented in the previous subsection.

4.5. DESIGN

Even though Twitter establishes the main design of a user's page, there are several elements the user may customize. We may take into account at least three aspects:

User avatar: a small image appears on top of each user's page, as well as together with each tweet by him or her elsewhere included. This image must correctly represent the user: e.g. it must be a photograph of that user's face, with good lighting conditions, contrast, etc. This will be helpful for people with cognitive impairments or low vision, in order to identify the referred user. Alternative text is of course

also relevant, but it cannot be currently defined by the user in Twitter: we advise providing a proper user description in the field devoted for that.

Background image: in order to overcome the design limitations imposed by Twitter, many users include their own texts embedded in the background image of their page. Needless to say these texts will not be accessible for anyone who is not accessing the contents through a graphical user interface.

Color combination: Twitter allows users to customize the foreground and background colors of the different elements of their page. If color, contrast and brightness ratios between elements are not enough, they will pose accessibility problems to people with low vision or color blindness.

Regarding the use of design templates, we found that:

the majority of users employed the default combination provided by Twitter (thus not introducing any additional accessibility problems);

they did not use personal photographs as user avatars (difficulting recognition); and

the presence of semantic annotations was testimonial (a few cases in more than $2 \cdot 10^5$ tweets).

5. User-oriented guidelines for generating accessible microblogging contents

Based on the practices observed in the study described in the previous section, we have compiled a set of guidelines targeting the creators of microblogging contents:

Use a profile picture where the user appears in the foreground, without anybody else, and with sufficient contrast.

Fill in all the metadata fields available when posting some content.

Do not embed texts in the background images of the user page.

Avoid emoticons, “leet-speak”, fancy characters, or any other kind of text whose intended meaning relies on a specific visual presentation.

Use contrasting font and foreground colors, choosing preferably the default combinations.

Use the tools provided by the editor to mark quotations and links.

Avoid colloquial and shorthand abbreviations. Use concise language and less verbose wordings instead, or transmit fewer ideas. Exhaust all the available length of a micropost to avoid unnecessary abbreviations.

Use the clearest possible language.

6. Conclusions and future work

Here we have presented several approaches to improve the accessibility of user-generated contents, specifically addressing microblogging. In any case, they must encompass all the agents involved in the workflow of microblogging production to ensure real accessibility for the end-user.

We aim at continuing our research with deeper mining and analysis of the results collected, dealing with specific accessibility checkpoints. In addition, we plan to expand the research to other microblogging services and alike, for which an open API exists (such as Facebook status service, Google Buzz or OStatus).

7. References

[1] Participative Web and User-Created Content: Web 2.0, Wikis and Social Networking. SourceOCDE Science et technologies de l'information, 2007, 15 (Sep. 2007). OECD Organisation for Economic Co-operation and Development.

[2] Alexa Top 500 Sites [http://www.alexa.com/site/ds/top_sites]

[3] Y.S. Martín García, B. San Miguel González y J.C. Yelmo García. Prosumers and accessibility: how to ensure a productive interaction. In Proceedings of the 2009 International Cross-Disciplinary Conference on Web Accessibility (W4A) (W4A '09), 2009. ACM, New York, NY, USA, 50-53.

[4] A. M. Kaplan, M. Haenlein, The early bird catches the news: Nine things you should know about micro-blogging,

Business Horizons, Volume 54, Issue 2, March-April 2011, Pages 105-113.

[5] P. McFedries, , "Technically Speaking: All A-Twitter," Spectrum, IEEE , vol.44, no.10, pp.84, Oct. 2007

[6] A. Java, X. Song, T. Finin, and B. Tseng. 2007. Why we twitter: understanding microblogging usage and communities. In Proceedings of the 9th WebKDD and 1st SNA-KDD 2007 workshop on Web mining and social network analysis (WebKDD/SNA-KDD '07). ACM, New York, NY, USA, 56-65.

[7] Chisholm, W. A. and Henry, S. L. 2005. Interdependent components of web accessibility. In Proceedings of the 2005 international Cross-Disciplinary Workshop on Web Accessibility (W4a) (Chiba, Japan, May 10 - 10, 2005). W4A '05, vol. 88. ACM, New York, NY, 31-37.

[8] Avraham Leff and James T. Rayfield. 2001. Web-Application Development Using the Model/View/Controller Design Pattern. In Proceedings of the 5th IEEE International Conference on Enterprise Distributed Object Computing (EDOC '01). IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 118-.

[9] W. W. Eckerson. Three tier Client/Server architectures: Achieving scalability, performance, and efficiency in Client/Server applications. Open Information Systems, 3(20):46-50, 1995.

[10] Twitter. API Documentation [http://dev.twitter.com/doc]

[11] John Breslin and Stefan Decker. 2007. The Future of Social Networks on the Internet: The Need for Semantics. IEEE Internet Computing 11, 6 (November 2007), 86-90.

[12] Twitter Counter [http://www.twittercounter.com]

[13] Wu, S.; Hofman, J.M.; Mason, W.A.; Watts, D.J. Who Says What to Whom on Twitter. Yahoo Research, 2011. [http://research.yahoo.com/pub/3386]

[14] B. Caldwell, M. Cooper, L. G. Reid, G. Vanderheiden. Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0 W3C Recommendation 11 December 2008.

[15] Lluís Padró and Miquel Collado and Samuel Reese and Marina Lloberes and Irene Castellón. FreeLing 2.1: Five Years of Open-Source Language Processing Tools. Proceedings of 7th Language Resources and Evaluation Conference (LREC 2010), ELRA. La Valletta, Malta. May, 2010.

[16] Large Corpora. Centre for Translation Studies, University of Leeds. [http://corpus.leeds.ac.uk/list.html]

Integración social y laboral de personas con discapacidad intelectual mediante tecnologías móviles.

Alberto Ferreras¹, Juan Manuel Belda^{1,3}, Francisco Matey¹, Miguel Urrea², Nuria García², Carlos Pizarro², Raket Poveda¹, Alfonso Oltra^{1,3}

¹Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV), ²Asociación FEAPS para el empleo (AFEM),

³Grupo de Tecnología Sanitaria del IBV, CIBER de Bioingeniería, Biomateriales y Nanomedicina (CIBER-BBN)

Resumen

La autonomía personal es un factor esencial que conduce a la inserción tanto social como laboral. Las personas con discapacidad intelectual se encuentran en numerosas ocasiones con situaciones en las que tienen dicha autonomía restringida. Esto lleva a que experimenten dificultades para poder realizar de manera independiente tanto tareas de su vida diaria como del ámbito laboral.

En este artículo se hace una valoración de cómo las tecnologías móviles (teléfonos, tablets y PDA) pueden ayudar a mejorar la autonomía personal de las personas con limitaciones cognitivas. Asimismo se presentan dos proyectos realizados conjuntamente por el Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV) y la Asociación FEAPS para el empleo (AFEM), en los que se ha desarrollado software específico para facilitar la adaptación al puesto de trabajo de este colectivo.

Abstract

Personal autonomy is a key factor leading to both social and labor integration. People with intellectual disabilities have to cope repeatedly with situations where they have limited autonomy. This leads to difficulties to independently perform both tasks of daily life and of the workplace.

This article makes an evaluation of how mobile technologies (phones, tablets and PDAs) can help to improve personal independence of people with cognitive limitations. Also presents two projects carried out jointly by the 'Instituto de Biomecánica Valencia' (IBV) and the 'Asociación FEAPS para el empleo' (AFEM), in which specific software has been developed in order to facilitate the adaptation to the workplace of this collective.

1. Introducción

La autonomía de las personas con discapacidad es un aspecto esencial para asegurar su integración en la sociedad. Una de las maneras más efectivas de asegurar la integración social es el trabajo. Por esta razón, el acceso y el mantenimiento de un puesto de trabajo se consideran altamente relacionados con el bienestar, la independencia, el incremento de la autoestima y la autonomía personal [4, 5].

Dentro del grupo de las personas con discapacidad, aquellas afectadas de limitaciones cognitivas ligeras o moderadas, a menudo padecen dificultades adicionales para poder conseguir y mantener un trabajo, tanto en la empresa ordinaria como en el empleo protegido. Algunas de estas dificultades están relacionadas con aspectos tales como la dificultad de controlar el tiempo, la falta de independencia en la ejecución de tareas, los hábitos incorrectos de trabajo o la inadecuada comunicación [7,11].

Por ello es muy importante el desarrollo de herramientas que faciliten la adaptación al puesto de trabajo de las personas con discapacidad intelectual y que, por tanto, incrementen su autonomía personal y su calidad de vida. Las nuevas tecnologías pueden ofrecer numerosas posibilidades para desarrollar estas herramientas [1, 6, 8]. Con este objetivo, el Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV) y la Asociación FEAPS para el empleo (AFEM) llevan trabajando conjuntamente desde el año 2006 en el desarrollo e implementación de dispositivos móviles que faciliten la adaptación al puesto de trabajo mediante estrategias como el refuerzo y

recuerdo de tareas, el control de tiempos o la formación específica. En este artículo se justifica la utilidad de dichas herramientas y se presentan dos de los desarrollos que se están llevando a cabo.

2. Estado del arte

Muchas de las personas con discapacidad intelectual leve o moderada pueden trabajar en condiciones óptimas si se adapta su puesto de trabajo. Esta adaptación ha de basarse en el concepto de “ajustes razonables”, es decir: ser compatible con el proceso productivo, no generar efectos indeseados y tener un coste limitado. Sin embargo, en condiciones normales, las personas con discapacidad intelectual suelen tener una serie de problemas cuando se enfrentan a la actividad laboral [8]:

- Mayor lentitud en la realización de las tareas.
- Necesidad de consultas frecuentes al responsable para hacer el trabajo.
- Necesidad de supervisión constante.
- Distracción en el puesto.
- Inadecuada percepción del tiempo, dedicando mucho tiempo a unas tareas y muy poco a otras y con las consiguientes dificultades para ajustarse a los horarios y programas de trabajo.
- Dificultades en el desplazamiento y la orientación. Este problema puede afectar tanto al acceso a la empresa, como a la realización de las tareas (por ejemplo, en brigadas de jardinería o limpieza que han de desplazarse a diferentes sitios).

- Hábitos de trabajo incorrectos, lo cual puede redundar en problemas tanto ergonómicos (posturales) como en la eficiencia y la calidad del trabajo realizado.
- Interacciones con el mobiliario, maquinaria y equipamiento del lugar de trabajo: dificultades para usarlos, problemas de seguridad, eficiencia, etc.

Para ayudar a resolver estos problemas es conveniente desarrollar herramientas que fomenten la autonomía personal del trabajador [8]:

- Mejorando la eficiencia en el trabajo.
- Facilitando la comunicación con compañeros y responsables.
- Proporcionando mayor autonomía e independencia en la realización de las tareas.
- Facilitando la gestión del tiempo.
- Formando al trabajador en prevención de riesgos laborales, conductas apropiadas en el trabajo, identificación de lugares, etc.

El uso de las nuevas tecnologías para ayudar a las personas con discapacidad intelectual es un recurso usado en los últimos años en diferentes estudios y por diferentes entidades. Las nuevas tecnologías, en particular las informáticas, se han mostrado útiles en áreas como la rehabilitación intelectual, la estimulación sensorial, el aprendizaje, la comunicación alternativa, la adaptación a entornos y situaciones, etc. [1, 9, 10].

Según un reciente estudio [22], el 88 por ciento de las personas con discapacidad usan el teléfono

móvil en España (el 74,4% de las personas con discapacidad intelectual). El uso es principalmente debido a que les hace sentir más seguros a un 42 por ciento, porque facilita la comunicación a un 28,36 por ciento o porque un 17,95 por ciento lo necesita para su trabajo.

En este sentido, dispositivos móviles tales como las PDAs o los teléfonos móviles son herramientas con un elevado potencial de apoyo a las personas con discapacidad intelectual, por ejemplo, para promover el recuerdo de eventos o actividades, o para realizar actividades terapéuticas y de rehabilitación. Su pequeño tamaño y su versatilidad los hacen ideales para usar en diferentes actividades de la vida diaria y en el trabajo. [10, 12, 13]. Diferentes estudios [3, 15, 16] han identificado los principales parámetros que deben considerarse al diseñar software adecuado para personas con discapacidad intelectual:

- Pantallas claras,
- comandos y características consistentes entre pantallas,
- secuenciado y ritmo adecuado,
- realimentación frecuente,
- uso combinado de imágenes y audio como ayuda durante la navegación,
- mandos de mayor tamaño,
- diseños lineales de las operaciones software,
- minimización de errores y opciones de personalización que permitan adaptar el software a características específicas de los usuarios.

El problema es que el software y hardware convencionales no están adaptados a las necesidades de las personas con discapacidad intelectual, ya que incluyen mucha información, con lenguaje muy técnico y de difícil comprensión, con estructuras altamente complejas, etc. Por ello, se necesita diseñar programas y entornos específicos para las personas con discapacidad intelectual, adaptados a sus características y necesidades. En los últimos años se han venido desarrollando programas que van en esta línea. Algunos ejemplos son los siguientes:

PEAT [14]: ordenador que permite ayudar a personas con problemas cognitivos, de atención y de memoria, relacionados con lesiones cerebrales.

MAPS (Memory Aiding Prompting System) [2]: sistema basado en una PDA dirigido a personas con discapacidad intelectual con interfaz para cuidadores.

Comunicador CPA [19]: Comunicador simbólico para PDA que permite generar rutinas y noticias.

SC@UT [17]: sistema de comunicación aumentativa y alternativa que ayuda a las personas con autismo y problemas de comunicación.

TUTOR Project [18, 23]: sistema de guiado en un teléfono móvil para aumentar la autonomía de las personas con discapacidad intelectual en actividades laborales y de la vida diaria.

AZAHAR [20]: un conjunto de aplicaciones en PDA que incluye un comunicador, un editor de SMS gráfico y una herramienta para entender el concepto de tiempo.

AbleLink Handheld Solutions [21]: herramienta comercial para personas que necesitan ayuda en sus actividades diarias.

Proyecto BIT: conjunto de acciones para acercar el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) a las personas con síndrome de Down y/o discapacidad intelectual. Incluye juegos de competencia intelectual para teléfonos móviles y PC (CITI).

Aunque algunas de estas aplicaciones son de elevado interés, se han detectado carencias y necesidades que han llevado al equipo de trabajo a plantear la creación de software específico:

La mayor parte de estas aplicaciones se dirigen a la rehabilitación, la comunicación, la localización o la orientación espacial. Sin embargo, hay muy pocas aplicaciones orientadas a la adaptación del trabajo, donde puede ser muy útil disponer de productos que den apoyo en áreas como el aprendizaje de tareas, la adquisición de habilidades en el trabajo, la prevención de riesgos laborales, etc.

En las aplicaciones que sí que están dirigidas al entorno laboral (por ejemplo [18, 21, 23]) se echan en falta la posibilidad de integrar en una misma plataforma herramientas coordinadas para la gestión del tiempo o la comunicación.

Otra necesidad a resolver es el poder disponer de herramientas flexibles que permitan realizar diseños personalizados en función del destinatario y que puedan ser usadas en diferentes entornos.

Asimismo, es muy importante no solo diseñar un programa específico independiente, sino que este diseño pueda aprovechar todas las

potencialidades de las que disponen los dispositivos móviles actuales (3G, GPS, cámara, etc.).

En los siguientes apartados se exponen dos proyectos en los que se está desarrollando software con estas características.

3. GTT: Gestor de Tareas y Tiempos

GTT es una aplicación informática desarrollada con el objetivo de facilitar la adaptación al puesto de trabajo de personas con discapacidad intelectual. Para ello se ha incidido en las siguientes prestaciones: Facilitar la ejecución del trabajo. Esto se consigue mostrando al trabajador, paso a paso, la secuencia de tareas de la que se compone el trabajo y facilitando que compruebe los ítems que no ha de olvidar.

Ayudar a gestionar el tiempo y los horarios de trabajo. Para ello se ha configurado un módulo de alarmas que avisan al trabajador de eventos concretos.

Proporcionar información adicional de interés: prevención de riesgos, comprobación de requisitos previos antes de comenzar el trabajo, ofrecer instrucciones concretas sobre herramientas, maquinaria, etc.

Apoyar en la formación continua del trabajador, mediante cuestionarios sobre aspectos concretos del trabajo que se quieran reforzar.



Imagen 1. Trabajador con discapacidad intelectual usando el programa GTT.

GTT se divide en dos plataformas: Aplicación de escritorio. Se trata de un programa para PC, que permite crear y administrar las diferentes prestaciones y contenidos que posteriormente se le facilitarán al trabajador.

Aplicación portátil. Se trata de una aplicación para PDA (Pocket PC) que usará los ficheros generados en la aplicación de escritorio. Esta es la aplicación que será usada por el trabajador. La aplicación está diseñada en JAVA por lo que, en teoría podría funcionar con cualquier PDA o teléfono móvil táctil que soporte JAVA. El diseño de la herramienta cuenta con una serie de características adecuadas a las personas con discapacidad intelectual: interfaz con una estructura y navegación muy sencilla; botones grandes, que hagan posible manejarla tanto con el dedo como con el puntero y posibilidad de combinar texto, imágenes y audio en función de los requisitos de cada usuario.



Imagen 2. Pantalla de inicio del programa GTT.

En ambas plataformas, GTT dispone de cuatro apartados específicos:

CÓMO SE HACE. Ofrece un tutorial de las distintas tareas que tiene que realizar el trabajador. La PDA muestra paso a paso al usuario cómo se tiene que hacer una tarea determinada. Para ello utiliza una combinación de texto, foto y audio. El administrador puede diseñar la estructura de tareas y subtareas más apropiada para un trabajador concreto.

COMPRUEBA. Permite crear listas de comprobación que incluyan texto, imágenes y audio. El trabajador puede abrir una lista concreta e ir marcando las tareas que vaya realizando. Las listas pueden hacerse ordenadas (es decir, para pasar a la siguiente tarea hay que marcar como realizada la anterior) o no.

PARA HOY. Consiste básicamente en una agenda con los eventos más importantes que se quiere que el usuario recuerde. En la PDA pueden consultarse los diferentes ítems para un día concreto. A la hora del evento, salta una alarma que avisa al usuario de dicho evento mediante texto, foto o audio. El administrador puede

configurar las diferentes alarmas que desea que se muestren (tipo, fecha, periodicidad, etc.).

INFORMA-T. En este módulo pueden realizarse actividades adicionales. En principio, hay posibilidad de incluir dos tipos de actividades: pase de diapositivas con texto, imágenes y audio y cuestionarios en el que el usuario ha de responder a una serie de preguntas.



Imagen 3. Ejemplo de lista de comprobación del programa GTT.

GTT se encuentra actualmente en la versión 2. El primer prototipo de GTT fue probado en condiciones reales dentro de diferentes Centros Especiales de Empleo. Tanto los administradores como los usuarios finales aportaron correcciones y mejoras que han permitido tanto la solución de problemas de funcionamiento, como la incorporación de nuevas prestaciones para la segunda versión del programa.

Asimismo, en octubre de 2010 se realizaron pruebas de laboratorio para evaluar, tanto el funcionamiento y utilidad de GTT, como las diferencias en el aprendizaje y ejecución de tareas mediante el uso de tutores virtuales frente a reales. Para realizar estas pruebas se usaron técnicas de reconocimiento de mirada (Eye

tracking), respuesta fisiológica (mediante EMG), observación y valoración del usuario.

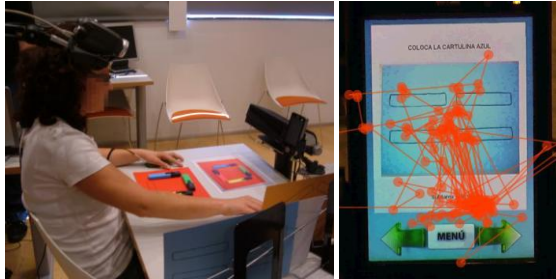


Imagen 4. Ensayo de laboratorio del programa GTT

Los principales resultados obtenidos en estos ensayos indican que los sistemas informáticos de apoyo al trabajo son muy útiles para el aprendizaje, refuerzo y recuerdo de las tareas, ya que:

No hay diferencias significativas en los tiempos de ejecución de las tareas donde los usuarios cuentan con la ayuda de otra persona, mientras que utilizando el GTT esos tiempos de ejecución van mejorando rápidamente a través de las sesiones.

La valencia de la activación es menor (ambiente más distendido o agradable) cuando los usuarios realizan las tareas usando el GTT que cuando dependen de otra persona que les tiene que dar las instrucciones y supervisarles.

El usuario es más activo y proactivo cuando no tiene a un supervisor constantemente encima de él. En este sentido el software móvil de apoyo le ofrece seguridad frente a dudas, mayor autonomía y mejor disposición al aprendizaje.

El programa es en general, sencillo y fácil de usar, lo que hace que el factor tecnológico sea mínimo.

4. Dispositivo móvil para mejorar la adaptación al puesto de trabajo de personas con discapacidad intelectual.

El objetivo principal de este proyecto, iniciado en octubre de 2010, es favorecer la adaptación al puesto de trabajo de las personas con discapacidad intelectual ligera o moderada a partir del desarrollo y aplicación en experiencias reales de empleo de un sistema TIC.

Para ello se está llevando a cabo un plan de trabajo estructurado en las siguientes tareas:

- Caracterización de necesidades de los usuarios del sistema.
- Definición de requisitos del sistema TIC.
- Diseño y desarrollo del sistema TIC.
- Experiencias piloto.
- Difusión y comunicación.

La tarea 4 constituye el eje principal del proyecto. En esta tarea se utilizará el sistema TIC desarrollado en experiencias reales de empleo que permitirán validar el sistema, valorar su utilidad y su usabilidad, y comprobar las mejoras en la adaptación de los trabajadores a su entorno laboral y en la competitividad de las empresas en las que desarrollan su actividad.

Actualmente se está desarrollando el software de la aplicación (Tarea 3), en base a los resultados obtenidos mediante un análisis de usuarios (personas con discapacidad intelectual, técnicos y responsables de empresas y Centros Especiales de Empleo) y una revisión documental y de otros dispositivos similares. En base a estos análisis se han extraído los problemas, necesidades y preferencias más relevantes de los usuarios, así como las prestaciones y la arquitectura del sistema.

En cuanto a las prestaciones que debe cubrir el sistema, se prevé que sean las siguientes:

- Facilitar la realización de las tareas, mediante instrucciones de trabajo adaptadas a las características del trabajador.
- Gestionar los tiempos de trabajo: citas, alarmas, eventos.
- Formar al trabajador en aspectos adicionales de su puesto: hábitos, buenas prácticas, prevención de riesgos, etc.
- Facilitar la comunicación del trabajador con su responsable.
- Facilitar la orientación espacial del trabajador.
- Motivar la actividad del trabajador, mediante incentivos y acciones de refuerzo positivo.
- Facilitar el seguimiento de las tareas que realiza el trabajador.

Las tres primeras son muy similares a las ya implementadas en el software GTT, aunque con sustanciales mejoras relativas tanto a la administración como a la usabilidad e interactividad. Las cuatro últimas son novedades

basadas en la experiencia de uso y las demandas aportadas tanto por técnicos como por usuarios finales.

En cuanto a las características, el sistema contará con un módulo de administración que permitirá generar tanto los datos que se incluyen en el dispositivo móvil, como las características de configuración, diseño y accesibilidad en base a las características del usuario. El software de administración estará integrado en una plataforma online que facilitará el uso ubicuo del mismo y facilitará la comunicación y envío de datos a los dispositivos móviles.

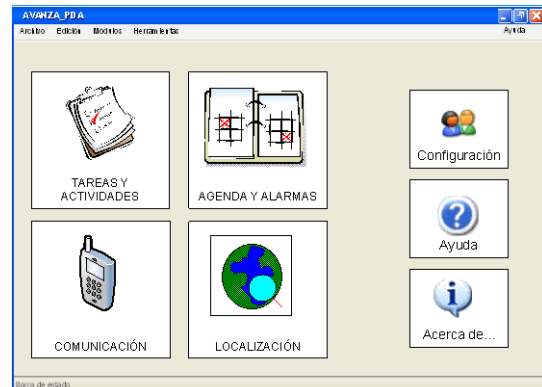


Imagen 5. Esquema del programa de administración.

La aplicación para teléfono móvil, pda o tablet, estará diseñada bajo el sistema operativo Android. Se ha elegido esta plataforma por ser la que mayor crecimiento está experimentando en los últimos años y por la facilidad para implementar prestaciones que estén muy integradas con las características del dispositivo móvil en el que se instalen.



Imagen 5. Esquema de la pantalla de inicio de la aplicación móvil.

Este proyecto está financiado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (MITYC), a través del Plan Avanza (Subprograma Avanza Ciudadanía Digital) y su finalización está prevista para octubre de 2012.

5. Conclusiones

En este artículo se ha realizado una revisión de las posibilidades que ofrece la tecnología móvil para facilitar la inserción laboral y la adaptación al puesto de trabajo de las personas con discapacidad intelectual. Tanto la revisión documental, como los desarrollos presentados permiten indicar que los dispositivos móviles pueden ser muy útiles en los siguientes aspectos:

Optimizar el proceso de aprendizaje de tareas o hábitos. En este sentido, el software propuesto ha de implementarse dentro de una planificación global y como complemento de otras actuaciones.

Mejorar la calidad en la ejecución del trabajo, reduciendo los errores y el tiempo invertido.

Facilitar la autonomía personal, reduciendo la dependencia de supervisores externos. El incremento en la autonomía se relaciona ampliamente con la motivación y la satisfacción.

Habituarse al usuario en la utilización de las prestaciones habituales de las tecnologías móviles: telefonía, mensajes, orientación espacial, etc. Los programas estándar son muchas veces excesivamente complejos y poco accesibles. Esto hace que no se usen o se cometen errores. El diseño accesible, simplificado y adaptado a las características del usuario es, por tanto, un aspecto esencial.

Además de esta revisión, se han presentado dos proyectos en los que se están desarrollando programas que cumplan los anteriores objetivos. El primero de ellos (GTT) está ya finalizado y se está usando en diversos Centros Especiales de Empleo. El segundo está actualmente en fase de desarrollo y va a tratar de integrar las prestaciones de GTT junto con otras basadas en la comunicación, la orientación y el seguimiento.

Por último, es necesario destacar que, aunque ambos programas están inicialmente pensados para el entorno laboral, las aplicaciones de las que disponen pueden ser más amplias: *entornos domésticos, actividades de la vida diaria, comunicación alternativa*, etc.

6. Referencias

- [1] D. Braddock, M. Rizzolo, M. Thompson, and R. Bell. Emerging technologies and cognitive disability. *Journal of Special Education Technology*, 19(4):49_53, 2004.
- [2] S. Carmien. Maps: Dynamic scaolding for independence for persons with cognitive impairments. In 9th International Conference on User Modeling (UM'2003), pages 408_410, 2003.
- [3] D.K. Davies, S.E. Stock, and M.L. Wehmeyer. Enhancing independent task performance for individuals with mental retardation through use of a handheld self-directed visual and audio prompting system. *Education and Training in Mental Retardation and Developmental Disabilities*, 37(2): 209_218, 2002.
- [4] I. Eggleton, S. Robertson, J. Ryan, and R. Kober. The impact of employment on the quality of life of people with an intellectual disability. *Journal of Vocational Rehabilitation*, 13(2):95_107, 1999.
- [5] I. Egido, R Cerrillo, and A Carmina. Social and labour inclusion of people with intellectual disability through supported employment programs. A challenge for guidance. *Revista española de orientación y psicopedagogía*, 20(2):135_146, 2009.
- [6] G. Eizmendi, M. Herreroand M. González, and I. Sagües. New technologies to support the integration of people with disabilities in the workplace. In G. Eizmendi, J.M. Azkoitia, and G. Craddock, editors, *Challenges for Assistive Technology. AAATE 2007 Conference Proceedings*, pages 131_135., The Netherlands, 2007. IOS Press,
- [7] A. Ferreras, C. García, L. Tortosa, J.M. Prat, F. Molla, J. Navarro, P. Vera, and R. Dejoz. Ergonomic adaptation of workplaces for people with disabilities: methodology and examples. In G. Eizmendi, J.M. Azkoitia, and G. Craddock, editors, *Challenges for Assistive Technology. AAATE 2007 Conference Proceedings*, pages 136_140. IOS Press. Amsterdam, the Netherlands., 2007.
- [8] A. Ferreras, A. Piedrabuena, J.M. Belda, R. Barberà, Oltra A, R. Poveda, J. Prat, and L. Tortosa. Analysis and adaptation of workplaces for people with cognitive disabilities using software tools. In K. Miesenberger et al., editor, *ICCHP 2008, LNCS 5105*, pages 721_728. Springer-Verlag, 2008.
- [9] T. Gentry. Pda-enabled job coaching for individuals with acquired brain injury, 2006. URL <http://www.vcu.edu/partnership/pda/Jobcoach/index.html>.
- [10] T. Hart, K. Hawkey, and J. Whyte. Use of a portable voice organizer to remember therapy goals in traumatic brain injury rehabilitation: A within subjects trial. *Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 17(6):556_570., 2002.
- [11] P. Ibañez and M.J. Mudarra. Integración sociolaboral: trabajadores con discapacidad intelectual en Centros Especiales de Empleo. Dykinson, Madrid, 2007.
- [12] H. Kautz, D. Fox, O. Etzioni, G. Borriello, and L. Arnstein. An overview of the assisted cognition project. Technical Report WS-02-02, 60-65., AAAI, 2002.
- [13] G.E. Lancioni, M. O'Reilly, P. Seedhouse, F. Furniss, and B. Cunha. Promoting independent task performance by persons with severe developmental disabilities through a new computer-aided system. *Behavior Modification*, 24(5):700_718, 2000.
- [14] R. Levinson. The planning and execution assistant and trainer (PEAT). *Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 12(2):85_91, 1997.
- [15] E. F. LoPresti, A. Mihailidis, and N. Kirsch. Assistive technology for cognitive rehabilitation: State of the art. *Neuropsychological Rehabilitation*, 14: 5_39, 2004.
- [16] Bahr C. & Reith H. Okolo, C. M. A retrospective view of computer-based instruction. *Journal of Special Education Technology*, 12:1_27, 1993.
- [17] M. Paredes-Garrido, M. Rodríguez-Fórtiz, and N. Medina-Medina. Evolution of sc@ut adaptive augmentative communicators. In J. Luca and E. Weippl, editors, *Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications*, pages 1112_1119, VA, 2008. AACE, Chesapeake.
- [18] J. Rubio et al. Tutor project: An intelligent tutoring system to improve cognitive disabled people integration. In K. Miesenberger et al., editor, *ICCHP 2008, LNCS 5105*, pages 729_732. Springer-Verlag, 2008.
- [19] R. Velasco and D. Muñoz. Comunicador personal adaptable, 2003. URL <http://www.comunicadorcpa.com>.
- [20] VVAA. Proyecto azahar, 2009. URL <http://www.proyectoazahar.org>.
- [21] VVAA. Ablelink handheld solutions, 2010. URL <http://www.ablelinktech.com>.

[22] VVAA. El uso del móvil entre la población con discapacidad: estudio sociológico. Universidad de Deusto. Departamento de Publicaciones, 2009.

[23] A. Conde, K. López de Ipiña, M. Larrañaga, J. A. Elorriaga, J. M. López, E. Irigoyen, N. Garay-Vitoria, A. Ezeiza and J. Rubio. An Intelligent Tutoring System Oriented to the

Integration of People with Intellectual Disabilities. In *Trends in Practical Applications of Agents and Multiagent Systems Advances in Intelligent and Soft Computing*, 2010, Volume 71/2010, 639-647.

VIRCAP, Herramienta de Realidad Virtual para la Formación en Jardinería de Personas con Discapacidad

Martín Agüero¹, Nerea Boyero¹, Toni Heredia², Ana Viso², Aiert Amundarain³, Luis Matey³
(1)GOROLDI; (2) GRUPO GUREAK; (3)CEIT
(1)martin.goroldi;nboyero.goroldi@grupogureak.com (2)theredia;aviso@grupogureak.com
(3)aamundarain;lmatey@ceit.es

Resumen

Se considera que el uso de las Nuevas Tecnologías de la Información y de la Comunicación puede ser de utilidad en la integración social y laboral de las personas con discapacidad. Sin embargo, la Realidad Virtual es un campo apenas explorado para la formación de este colectivo, pudiendo aportar grandes beneficios a las personas con mayores dificultades de aprendizaje. En este documento se resume la metodología usada y los resultados obtenidos en el desarrollo de una herramienta de Realidad Virtual para la formación de personas con discapacidad en tareas de jardinería.

It is considered that the use of Information and Communication Technologies can be an useful tool in the social and job integration of people with disabilities. However, Virtual Reality is an unexplored field for the training of this group, and it can provide great benefits to the people with hard problems in learning. This document summarizes the used methodology and achieved results in the development of a Virtual Reality tool to train people with disabilities in gardening tasks.

1. Introducción

La Realidad Virtual es una tecnología aún emergente con un gran potencial, siendo uno de los campos de desarrollo actuales más interesantes dentro del área de la Sociedad de la Información. El concepto Realidad Virtual describe una nueva forma de interacción persona-máquina, en la que el usuario visualiza, manipula e interacciona con un ordenador dentro de un entorno audiovisual simulado por el propio ordenador. El usuario puede interactuar con el mundo y manipular objetos directamente. La inmersión se consigue con la ayuda de dispositivos gráficos especializados (proyección en estéreo, gafas de monitorización) y otros elementos (ratones tridimensionales, guantes) para conseguir la sensación de un entorno virtual completo.

A pesar de que la Realidad Virtual y tecnologías asociadas hayan tenido un gran desarrollo los últimos años, todavía no se ha logrado explotar todo su potencial en relación a las personas con discapacidad.

Las personas con discapacidad intelectual pueden sufrir un deterioro o pérdida de sus capacidades. Por ese motivo el desarrollo de una herramienta formativa y de entrenamiento de Realidad Virtual puede ayudar a potenciar sus capacidades y permitir la adquisición de los conocimientos y competencias asociados a la actividad de jardinería en un entorno seguro y libre de riesgos.

Desde 1975 el GRUPO GUREAK trabaja en su objetivo de conseguir la plena integración social de las personas con discapacidad a través de la inserción laboral. Las diferentes empresas que la engloban se encuadran en 4 grandes divisiones: Industrial, Servicios, Servicios asistenciales y Gupost. Ha sido en la división de Servicios, dentro de la empresa de jardinería, GOROLDI, donde se ha enmarcado este proyecto. Con su experiencia en la integración laboral de personas con discapacidad intelectual y enfermedad mental, junto con la del personal de Fundación Goyeneche y de otras entidades del Grupo, ha sido posible el desarrollo del Plan Pedagógico que sirve de base a la formación. Su participación, además, se ha desarrollado en la validación y evaluación de la herramienta.

Para aportar su experiencia en el ámbito de la Realidad Virtual y como partner tecnológico, se ha contado con la participación del centro tecnológico CEIT.

El proyecto ha sido cofinanciado por el Plan Avanza del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

2. Objetivo

El objetivo del proyecto ha sido analizar las opciones que la realidad virtual puede aportar en la formación a las personas con discapacidad y adaptar la formación y el aprendizaje de las tareas relacionadas con la jardinería a las capacidades de cada persona, permitiendo un entrenamiento de forma segura de situaciones que en la realidad son potencialmente peligrosas.

Se han realizado pruebas con diferentes tecnologías de realidad virtual para ver su aplicación de cara a mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad y se ha desarrollado un Plan pedagógico que abarque todo la formación necesaria para adquirir los conocimientos y competencias mencionados, independientemente del soporte o método formativo utilizado.

3. Metodología

Para el desarrollo del proyecto se ha adoptado un proceso de diseño centrado en el usuario siguiendo la norma ISO-13407 [1]. Se trata de un proceso interactivo e iterativo en el que la participación del usuario final se contempla desde las fases iniciales del proyecto. De este modo las opiniones e indicaciones de los usuarios permiten la adaptación del desarrollo desde el inicio, participando en la definición de sus especificaciones y características.

3.1. ESTUDIO DEL ESTADO DE ARTE

Se ha realizado un estudio del estado del arte en la enseñanza mediante sistemas interactivos a personas con discapacidad. Los resultados obtenidos de este estudio han orientado el desarrollo de la herramienta. Para ello se ha realizado un estudio exhaustivo de las principales revistas y congresos especializados en el tema. Algunas revistas analizadas han sido “ACM Transactions on Accessible Computing”, “ACM SIGACCESS Accessibility and Computing”, “Behaviour Research and Therapy”, “CyberPsychology & Behavior”, “International Journal of Human-Computer Studies”, “Disability and Rehabilitation”, “International Journal of Virtual Reality”, “Virtual Reality” “IEEE Computer Graphics and Applications” ... y los congresos estudiados han sido “International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies”, “International Conference of the Learning Sciences”

Tras la realización del estudio se ha redactado un informe con el estado actual en que se encuentra la realidad virtual en la enseñanza a personas con discapacidad. Algunas de las conclusiones extraídas de la realización de este estudio son: Por un lado, se puede observar que la realidad virtual a la hora de transferir conocimientos puede ser una poderosa herramienta. Y aunque, por otro lado, se han realizado diversos trabajos empleando técnicas de realidad virtual aplicadas a personas con discapacidad, este es un campo de trabajo todavía sin explotar.

3.2. CONOCER A LOS USUARIOS Y LA ACTIVIDAD

El ámbito de aplicación de la herramienta está enfocado a la formación en actividades de jardinería, por lo que ha sido GOROLDI, la empresa de jardinería del GRUPO GUREAK, la que colabore en la validación y evaluación de la herramienta de formación.

Para conocer más en detalle las actividades y tareas que se desarrollan en GOROLDI y que por tanto tendrán que ser cubiertas en la herramienta de formación, se han analizado las instrucciones de trabajo y uso de maquinaria con la que se desarrolla la actividad de jardinería.

Así mismo, se ha realizado el seguimiento durante una jornada de trabajo, de una de las brigadas de GOROLDI, para conocer in-situ, como se desarrolla la actividad y las rutinas e incidencias que están relacionadas con ella.

También se ha tenido en cuenta la información aportada por los expertos de FUNDACION GOYENCHE y TALLERES PROTEGIDOS GUREAK, tanto en el análisis de los distintos tipos de discapacidad y los perfiles existentes, así como los métodos de aprendizaje para este colectivo.

Así mismo se ha realizado un análisis de los distintos perfiles de trabajadores y la caracterización de los diferentes puestos dentro de la empresa GOROLDI donde se realizarán las pruebas con la herramienta.

El grupo piloto seleccionado ha estado compuesto por personas con discapacidad intelectual, 10 trabajadores de GOROLDI y 4 trabajadores de TALLERES PROTEGIDOS GUREAK.

La selección del grupo piloto ha pretendido cubrir tanto los perfiles existentes en GOROLDI, como los correspondientes a personas pertenecientes a TALLERES que estén interesados en transitar a las actividades de jardinería, de manera que se pueda abarcar la formación en el aprendizaje de nuevas tareas o competencias.

Además para conocer la relación previa del grupo piloto con las TICs se ha realizado un cuestionario que servirá como imagen previa de la interacción del grupo piloto con herramientas informáticas y tecnologías y que se ha tenido en cuenta en el análisis posterior de los resultados obtenidos en las diferentes pruebas.

En el gráfico se muestran esos resultados, apareciendo en rojo los que nunca han usado esa herramienta o dispositivo, en amarillo ocasionalmente y en verde frecuentemente.

Cuestionario para la identificación de la relación con las tecnología		GRUPO PILOTO													
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14
1 Ordenador	encender/apagar														
	Usar el ratón														
	Usar correo electrónico														
	Buscar en internet														
	Abrir y cerrar carpetas														
	escribir y guardar														
	Messenger														
	pantalla táctil														
	cargar música en el MP3														
	Otros														
2 teléfono móvil	llamar														
	mandar mensajes														
	sacar fotos														
	Oír música														
	Guardar en la agenda														
	Buscar en la agenda														
	Alarmas														
	Bluetooth														
	Juegos														
	Otros														
3 MP3 - MP4	Seleccionar canciones														
	Oír la radio														
	Ver fotos														
4 Consolas	enchufar a la tele														
	Seleccionar canal														
	insertar juego														
	utilizar mandos														
	Uso tarjeta memoria														
	Otros														
5 Nintendo	insertar juego														
	utilizar mandos														
6 Wii															
7 Mando tele															
8 Equipo música															
9 video															
10 DVD															
11 Joystick															
12 Observaciones generales															

Imagen 1. Resultados cuestionario relación usuarios con TICs.

3.3. PROCESO ITERATIVO

El proceso de diseño centrado en el usuario es un proceso iterativo e interactivo en el que los usuarios participan en el proceso desde las primeras fases.

De este modo se consigue que la solución final, sus características y funcionalidad, respondan realmente y se ajusten a las necesidades de los usuarios.

Por ese motivo se han realizado diferentes pruebas a lo largo del desarrollo, un total de 5, en

el que se han testado y evaluado los desarrollos realizados hasta ese momento y han permitido ajustarlos a la opinión de los usuarios y los resultados obtenidos en las pruebas.

4. Plan Pedagógico

Tan importante como el desarrollo de las herramientas informáticas y el uso de sistemas de realidad virtual, es la definición de los procedimientos y contenidos formativos que los usuarios deben asimilar para su formación en jardinería.

Por ese motivo además de las herramientas informáticas desarrolladas en el proyecto se ha desarrollado un Plan Pedagógico en el que se han definido las Unidades Didácticas, contenidos y actividades que deben incluirse en la herramienta y en la formación en el entorno real, que constituirán los planes de formación de los usuarios del demostrador.

En el Plan se han incluido todas las actividades relacionadas con el temario a impartir independientemente del soporte en el que se realice la formación, ya que el demostrador incorporará todas estas actividades permitiendo de esa manera una formación global al usuario y una evaluación completa en todos los ámbitos al instructor.

Dentro del Plan Pedagógico se han definido el temario y las unidades didácticas que lo constituyen y se ha realizado el diseño de cada una de las unidades didácticas. El Plan está

compuesto por 6 Bloques, 24 Unidades Didácticas y 121 Contenidos.

En cada unidad se describen los contenidos que se consideran necesarios trabajar para la adquisición de dichas competencias y conocimientos. En la descripción de esos contenidos se establecen las actividades que serán necesarias para adquirir ese conocimiento y se define el soporte que se utilizará para ello. Es en este punto en el que dependiendo del contenido o elementos a trabajar se selecciona el soporte o método que se utilizará para trabajar esa actividad.

Además del soporte en el que se ejecutará la actividad se ha definido el tipo de actividad, intentando de este modo que todos los procedimientos relacionados con la creación de un plan pedagógico estén incluidos. Tipo de actividades:

- Iniciación,
- Información,
- Aplicación,
- Consolidación,
- Síntesis,
- Atención a la diversidad

Por ese motivo la definición de los procedimientos que es necesario enseñar mediante cada tipo de aprendizaje se ha desarrollado de manera paralela ya que es el propio desarrollo de la unidad y de los contenidos a trabajar, y las actividades a ejecutar el que establece el tipo de aprendizaje, estando las actividades interrelacionadas entre ellas, siguiendo una secuencia de formación establecida.

También se han incluido las actividades que se desarrollarán con maquinaria real en práctica real, como transmisión del conocimiento adquirido en las fases anteriores.

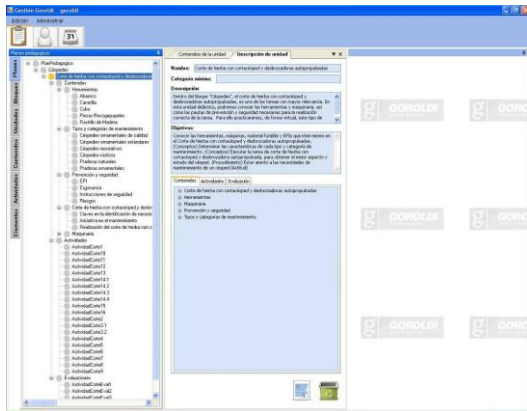


Imagen 2. Contenido Plan Pedagógico.

Como apoyo a la formación del alumno e impartición del curso por el instructor se han desarrollado los documentos sobre la teoría aplicada a cada una de las unidades didácticas.

Además del desarrollo del Plan pedagógico, definición de las unidades y actividades, se han creado los elementos necesarios en distintos formatos: video, imágenes, animaciones en Flash, para desarrollar los contenidos asociados a las actividades definidas; tanto las ejecutadas con la herramienta a través de la realidad virtual y el CBT (Computer Based Training), como las que se ejecutan de manera grupal o individual guiadas por un instructor a través de la formación teórica o práctica con maquinaria real.

5. Composición del simulador

El simulador está formado por una serie de herramientas informáticas que permiten la generación y ejecución de los contenidos que constituyen el Plan Pedagógico en cada uno de los soportes definidos para su utilización, ya sea por medio de la realidad virtual, a través del uso de pantallas táctiles en actividades de CBT (Computer Based Training) o en la realidad y del equipamiento informático necesario para el uso de esas herramientas.

5.1. HERRAMIENTA DE GESTIÓN

Para la gestión del Plan Pedagógico y la formación de los alumnos se ha creado una herramienta de gestión.

Esta herramienta de gestión se alimenta de los datos recogidos en una base de datos centralizada y se encuentra ubicada en un equipo informático conectado a red. Además está integrada con las aplicaciones generadas para la gestión de las actividades de CBT y realidad virtual.

Aunque la ejecución de los ejercicios y actividades específicos de cada soporte se realice por medio de las aplicaciones específicas, éstas reportan los diagnósticos obtenidos a la base de datos de manera que los resultados de cada alumno pueden consultarse de manera global en la herramienta de gestión.

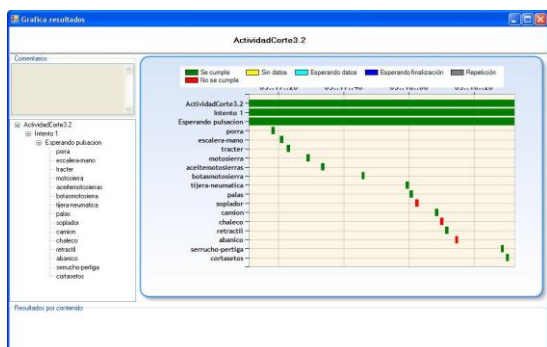


Imagen 3. Diagnóstico del resultado de la ejecución de un contenido.

La herramienta dispone de diferentes menús y opciones para visualizar cada apartado.

Por tanto es posible visualizar los planes pedagógicos generados, las unidades didácticas, los contenidos, elementos, actividades y evaluaciones que se hayan creado y añadir nuevos elementos o modificar los existentes, mostrándose una ficha donde se incluyen la descripción y los datos asociados al mismo. Así mismo, todas las unidades se han asociado al perfil de categorías disponible en GOROLDI.

También puede gestionarse los alumnos dados de alta y asociarles un plan pedagógico específico a cada uno en función de su categoría o en función de las unidades que se desean reforzar.

Por último, es posible establecer un plan de trabajo planificado y por sesiones con las actividades asignadas a cada alumno y visualizar los resultados de las ya realizadas.

5.2. HERRAMIENTAS DE CBT

Para la transmisión de los conocimientos procedimentales, que se desarrollarán en CBT, se han desarrollado una serie de aplicaciones informáticas que permitan tanto la ejecución de las actividades creadas como la generación de nuevas actividades, de esta manera es posible ampliar o renovar el número de ejercicios en función de las necesidades de formación.

Las herramientas de CBT disponen de un módulo interno capaz de comunicarse con la aplicación de gestión y la base de datos a través de un puerto definido en la configuración de la aplicación. Este módulo está compuesto por varios agentes trabajando en paralelo en la aplicación para recibir las peticiones de los usuarios, solicitar la información de las actividades a la base de datos y comunicar los resultados.

Editor de ejercicios

Se ha creado un editor de ejercicios para facilitar la generación de nuevas actividades, de manera que los contenidos a trabajar en el plan pedagógico de cada alumno no sean estáticos y puedan actualizarse en función de las necesidades de formación.

En dicho editor, es posible seleccionar el tipo de ejercicio a crear, dentro de la tipología de actividades que se han definido, y asociar el video de apoyo previo a la ejecución de la actividad.

En función del tipo de actividad, los elementos y menús a seleccionar varían, además es posible el uso de imágenes y animaciones Flash como

formatos de uso para los elementos, permitiendo por tanto contenidos muy descriptivos.

Además es posible la creación de ejercicios tridimensionales. En estos ejercicios el usuario debe realizar una serie de acciones siguiendo un orden predefinido, estando guiado en la selección de esas acciones de manera que no sea necesaria la navegación en 3D dentro de los modelos. Una vez seleccionada la secuencia en un área del modelo, el sistema pasará a la siguiente área sin que el usuario deba seleccionarla.

De esta manera se facilita la ejecución de la actividad, ya que en las pruebas realizadas se constató que la navegación a través de modelos 3D, ya sea por botones, uso ratón o joystick, no les resultaba intuitiva.

Lanzador de ejercicios

Para ejecutar las actividades asociadas a cada alumno en el Plan pedagógico se dispone de una aplicación para lanzar los ejercicios en CBT, habiéndose incorporado dos tipos de ejercicios a la herramienta:

- Los ejercicios basados en imágenes 2D. En estos ejercicios el usuario se le mostrarán de diversas formas imágenes y el usuario deberá de agruparlas, eliminarlas, emparejarlas, seleccionarlas... dependiendo de la finalidad del ejercicio.
- Ejercicios sobre modelos tridimensionales. En estos ejercicios se interactuará con objetos, sobre los que se deberán ejecutar acciones secuenciales. Estos ejercicios servirán para formar en el mantenimiento y arranque de la maquinaria presente en las instrucciones.



Imagen 4. Ejemplo ejercicio 2D y tridimensional.

5.3. HERRAMIENTAS DE REALIDAD VIRTUAL

La herramienta desarrollada para el aprendizaje en condiciones que simulen a la realidad a través de la realidad virtual tiene que simular entornos reales mediante el ordenador, y para ello debe estar constituida por diversos módulos que permitan la generación de los entornos, la simulación de ciertas condiciones físicas y permita evaluar las situaciones que se producen en el uso de la herramienta. Además siendo una herramienta que debe introducir al usuario en la realidad virtual, es necesario definir los elementos de interacción para que las actividades a realizar sean las más reales posible.

Por ese motivo, una vez definido las actividades que se ejecutan con esta herramienta se han desarrollado los módulos encargados de generar contenidos al simulador y los sistemas que permitirán su ejecución.

Los módulos creados han sido:

Módulo para la generación de entornos. En un simulador de jardinería, la visualización e interacción con el entorno es fundamental. Esto supone tener que representar e interactuar con entornos con vegetación. Para ello se ha

desarrollado un módulo encargado de realizar este cometido. En el módulo está compuesto por generadores para producir la geometría de diferentes elementos de la vegetación: generación de los terrenos, hierba, árboles, hojas y partículas.

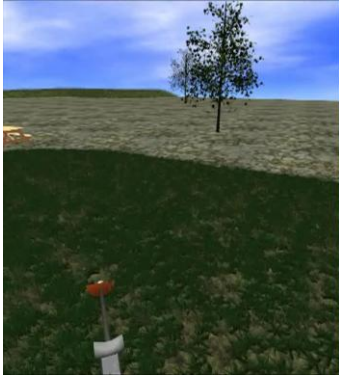


Imagen 5. Ejemplo entorno de realidad virtual.

Modelado de maquinaria. En los ejercicios de simulación los alumnos deben interactuar con diferentes tipos de herramientas. Además del modelado en 3D de esas herramientas, y de capturar su movimiento a través del sistema de captura Optitrack, se ha sensorizado la maquinaria para tener en todo momento información sobre las acciones que el usuario realiza sobre los mandos de la maquinaria, pretendiendo de ese modo que la ejecución de la tarea se asemeje lo más posible a la realidad.

Módulo cognitivo. La herramienta de realidad virtual además de simular de forma realista también debe interpretar y diagnosticar las acciones que el usuario está realizando. De esta manera es posible transmitir un feedback adecuado al alumno cuando está realizando la actividad y permite recoger información sobre el desarrollo de la tarea.

Módulo de incidencias. En un simulador de entrenamiento tan importante como reproducir las condiciones de trabajo en condiciones normales es poder reproducir acciones imprevistas que pueden suceder durante la ejecución de una tarea. Este módulo se encarga de gestionar todos estos actos imprevistos. El instructor podrá incorporar en la definición del ejercicio las incidencias que ocurrirán durante el ejercicio y también tendrá la posibilidad de generar nuevas incidencias cuando el usuario esté realizando un ejercicio en el simulador. Unas incidencias habituales son las meteorológicas. También se han incorporado incidencias debido a presencia de peatones.

Además para que el instructor pueda ejecutar las actividades asociadas a la realidad virtual se ha creado una aplicación informática que a partir de las sesiones creadas en la aplicación de gestión de Plan pedagógico, permite la selección del alumno y del ejercicio a realizar.

Esta aplicación está integrada dentro de la aplicación de gestión del plan como ocurría con las de CBT, de manera que los datos de las actividades y de los alumnos quedan guardados en una base de datos centralizada. En esa aplicación es posible así mismo generar las incidencias, visualizar como se está desarrollando el ejercicio y lanzar nuevas fases. Los datos recogidos de la realización del ejercicio y el diagnóstico de la actividad son posteriormente enviados a la aplicación de gestión para su análisis dentro del plan formativo asociado al alumno. De esta manera es posible visualizar la evolución del alumno en cualquiera de las actividades que se le hayan asignado independientemente del formato en el que se realicen.

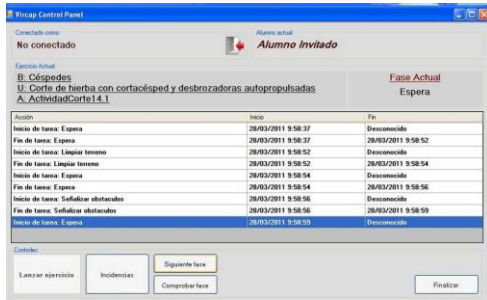


Imagen 6. Aplicación para ejecutar ejercicios en realidad virtual.

5.4. EQUIPOS DE INTERACCIÓN

Para la interacción de los usuarios con el simulador y las herramientas se han definidos los distintos sistemas que conforman el simulador, tanto para el sistema de realidad virtual como para el uso de las actividades de CBT y se ha habilitado una sala para la formación con estas herramientas.

Sistema de visualización. Tras las pruebas realizadas con los usuarios se seleccionó un sistema inmerso por medio de un casco virtual o HMD, que no siendo invasivo permitiese una mayor interacción y de forma natural con el entorno. El HDM seleccionado fue el 3DVisor z800.



Imagen 7. Caso virtual.

Sistema de captura. Mediante este sistema se quiere trasladar los movimientos del usuario y de la maquinaria de jardinería usada al entorno virtual para lograr una interacción más natural con el entorno. Por un lado era importante poder conocer la posición y orientación exacta de la cabeza del usuario, para poder generar las imágenes adecuadas que se correspondan con el punto de visión real y que se envíen al casco virtual para que el usuario pueda visionarlas. Por otro lado, también era necesario conocer la posición y orientación del dispositivo o maquinaria con el que el usuario va a interactuar con el entorno virtual. Para poder capturar la posición de al menos dos objetos, es necesario que la captura se realice de forma exacta y absoluta en todos los objetos. Tras el estudio realizado de los sistemas de captura disponibles y las pruebas realizadas se seleccionó el sistema de Optitrack, que usa bolas reflectantes y dispone de un software que permite capturar objetos rígidos. Se han instalado 8 cámaras en la sala habilitada y las bolas reflectantes en los elementos a capturar.



Imagen 8. Sistema captura Optitrack.

Sistema de interacción CBT. Para la interacción con las actividades de CBT se han usado pantallas táctiles dado que en las pruebas realizadas con los usuarios, otros sistemas de interacción como

joystick, ratón no resultaban intuitivos ni accesibles.

6. Pruebas

La experiencia de trabajar con un grupo piloto a lo largo del proyecto ha permitido mejorar y adaptar el simulador a las necesidades planteadas desde el inicio.

Durante el desarrollo del proyecto se han realizado 5 pruebas. Los resultados y conclusiones obtenidas en ellas han definido la elección de los dispositivos y sistemas de interacción y la evolución de la herramienta.

Algunas de las conclusiones obtenidas tras las pruebas fueron:

- Mejor interpretación de imágenes reales o video.
- Necesidad de feedback auditivo.
- Secuenciación de las tareas.
- Descartar la posibilidad del uso de Joystick, poco intuitivo.
- Guiado en el movimiento de modelos 3D.
- Buena adaptación al entorno de realidad virtual.
- Mejora del aspecto del entorno virtual.
- Sensorización de los mandos de la maquinaria.



Imagen 9. Prueba en realidad virtual.

7. Conclusiones

Tras las pruebas realizadas es por tanto posible afirmar que los resultados del proyecto son satisfactorios y que las herramientas desarrolladas y el Plan pedagógico cumplen con el objetivo del proyecto de **adaptar la formación y el aprendizaje a las capacidades de cada persona y permitir el entrenamiento de situaciones que en la realidad son potencialmente peligrosas de forma segura por medio de la Realidad Virtual.**

Así en el análisis del Plan Pedagógico, se puede constatar que los usuarios han sido capaces de adquirir los conocimientos de las unidades didácticas.

La ejecución de los contenidos de CBT se ha realizado de manera correcta por la mayoría de los usuarios, tanto los del grupo perteneciente a GOROLDI, como los de TALLERES PROTEGIDOS GUREAK S.A., que en un principio no conocen la actividad de jardinería, por lo que puede

constatarse que los usuarios han sido capaces de adquirir los conocimientos requeridos.

Y en el caso del entorno de realidad virtual, los usuarios se han adaptado al entorno realizando correctamente las actividades y moviéndose libremente por él como si de un espacio real se tratase.

8. Trabajo futuro

Tras la finalización del proyecto se han identificado las siguientes acciones a futuro.

Aplicar las herramientas desarrolladas junto con el Plan pedagógico definido a todo el personal de GOROLDI y aquellas personas que quieran incorporarse a la actividad de jardinería.

Actualización de los contenidos y actividades del Plan pedagógico en función de las necesidades formativas.

Trasladar la solución y las herramientas a otros centros de empleo y entidades, permitiendo la formación de sus usuarios en tareas de jardinería.

Estudio de la adecuación del Plan pedagógico a la certificación de profesionalidad basada en unidades de competencias.

9. Reconocimientos

El desarrollo de este simulador ha sido posible gracias a la cofinanciación del Ministerio de Industria y Turismo a través del programa de

Ciudadanía Digital del Plan Avanza. En dicho proyecto han participado FUNDACION GOYENCHE, como líder del proyecto, y CEIT como parte subcontratada. Además se ha contado con la colaboración de GOROLDI y TALLERES PROTEGIDOS GUREAK S.A., que han aportado su experiencia, y personal al proyecto con su propia financiación.

Una mención especial merece el grupo piloto que ha participado en el proyecto, tanto de GOROLDI como de TALLERES, sin el que no hubiese sido posible el desarrollo del mismo.

10. Referencias

[1] Jean-François Lapointe, Jean-Marc Robert. "Using VR for efficient Training of forestry machine operators". In *Education and Information Technologies*, 5: 237–250, 2000.

[2] López-Garate, M., Lozano-Rodero, A., y Matey, L., "An adaptive and customizable feedback system for VR-based training simulators" (short paper), *en actas de 7th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS 2008)*, Pp. 1635-1638. Estoril (Portugal), 2008b.

[3] Lozano-Rodero, A., "Metodología de desarrollo de sistemas interactivos inteligentes de ayuda al aprendizaje de tareas procedimentales basados en Realidad Virtual y Mixta", tesis doctoral, departamento de mecánica aplicada, Universidad de Navarra (2009).

[4] J. Weber, J. Penn "Creation and rendering of realistic trees". *Proceedings of the 22nd annual conference on Computer graphics and interactive techniques*. 119-128, 1995.

[5] P. J. Standen, D. J. Brown. "Virtual reality and its role in removing the barriers that turn cognitive impairments into intellectual disability". In *Virtual Reality*, 10: 241–252, 2006.

Solución abierta de barrido y pulsación en dispositivos móviles accesible para personas con discapacidad física

Miguel A. Valero¹, Alberto M. Diéguez¹, Yolanda Hernández², Susana Martín² y Montserrat Carrillo³

¹T>SIC, Universidad Politécnica de Madrid. EUIT Telecomunicación. Ctra. de Valencia, km. 7. 28031 Madrid. E-mail: {mavalero, amdieguez}@diatel.upm.es

²ASPAYM Madrid. Camino de Valderribas, 115. 28038 Madrid E-mail: {terapiaocupacional, gerencia}@aspaymmadrid.org

³ELEA Soluciones S.L., C/ Sinesio Delgado, 14 28029 Madrid E-mail: montserrat.carrillo@elea-soluciones.es

Resumen

Este trabajo de investigación tiene como objetivo esencial ofrecer una solución de accesibilidad a los dispositivos móviles táctiles para personas con discapacidad física con afección en los miembros superiores. El diseño, desarrollo y validación de la solución detallada está basado en una plataforma abierta y de bajo coste como Android que, mediante la interconexión de conmutadores comerciales y el uso de un sistema de barrido con realimentación por voz sintetizada, permite al usuario acceder a todas las funciones básicas de la telefonía móvil.

El análisis de los requisitos de usuario es un eje central de este trabajo para lo cual se ha contado con la participación de la Asociación de Lesionados Medulares y Grandes Discapacitados Físicos (ASPAYM), de la Asociación de Padres de Alumnos Minusválidos (APAM) y del Centro de Referencia Estatal de Atención al Daño Cerebral

(CEADAC). El sistema resultante preserva las expectativas de autonomía personal y privacidad demandadas.

Abstract

The main goal of this research work is to provide people with physical disabilities, with limitations in upper limbs, with an accessibility solution for tactile mobile devices. The design, development and validation of the detailed solution is based on an open low cost platform like Android that, through the interconnection of commercial switches and the utilization of a scan system with feedback by synthesized voice, allows the user to access to all the main functions of mobile telephony.

The analysis of user requirements is a core axis of this work so that it includes the involvement of Asociación de Lesionados Medulares y Grandes Discapacitados Físicos (ASPAYM), Asociación de

Padres de Alumnos Minusválidos (APAM) and Centro de Referencia Estatal de Atención al Daño Cerebral (CEADAC). The resulting system achieves the expectations for personal autonomy and privacy.

1. Introducción

El índice de penetración de la telefonía móvil en España ya ha superado con creces el 100% llegando a alcanzar el 116.3% en 2011. Estos datos permiten estimar en nuestro país un volumen de más de 50 millones de teléfonos móviles considerando los datos de población censada [1]. Asimismo, los datos de la Encuesta de Discapacidad, Autonomía personal y situaciones de Dependencia (EDAD 2008) del INE reflejan que el 8,55 % de la población española, 3,85 millones de personas, afirman tener discapacidad o limitación de las cuales el 67,2% de esta población declara tener dificultades para moverse o manipular objetos. Las personas con discapacidad física y movilidad reducida presentan características funcionales muy distintas y, por tanto, diferentes necesidades para el uso efectivo del móvil en igualdad de derechos. La evolución de la telefonía móvil se ha basado en el desarrollo de innovadoras prestaciones en los dispositivos que no siempre han tenido en cuenta las demandas de las personas con diversidad funcional. Actualmente está creciendo de forma exponencial la venta y distribución de móviles táctiles, más conocidos como *smartphones*, cuyo uso accesible debe ser garantizado aprovechando su gran capacidad.

Uno de los principales factores que han influido directamente en el incremento de ventas de los

smartphones, es la adopción de sistemas operativos abiertos como Android (Google) o dedicados como iOS (Apple). La fabricación de terminales con estos sistemas operativos a escala europea ha aumentado en el año 2010 alcanzando cifras record de crecimiento como un 951% en Android o un 115% en IOS [2]. Además de todas las soluciones que ofrecen estos terminales por su memoria y velocidad de cómputo, el uso primordial de pantallas táctiles como tipo de interfaz en los teléfonos implica directamente la desaparición de botones físicos con todas las ventajas e inconvenientes de accesibilidad que esto conlleva.

Las pantallas táctiles ofrecen la capacidad de modificar su presentación, adaptándose así al contexto en el que se encuentre el usuario, mediante teclados virtuales, botones ajustables, imágenes o textos dinámicos en pantalla. Sin embargo, este tipo de interfaz de acceso a la telefonía móvil, por si sola, conlleva nuevas barreras de accesibilidad para toda aquella persona que por algún tipo de discapacidad encuentre limitaciones de acceso, ya sea por falta de precisión táctil o por falta de visibilidad y la consecuente pérdida de localización en la pantalla. Actualmente, la mayor parte del trabajo de accesibilidad en telefonía móvil se ha basado y se está basando en el diseño, desarrollo y acceso a los contenidos enfocando la mayoría de los esfuerzos en la presentación de los contenidos y en su fácil acceso desde diferentes dispositivos. Existen normas que regulan la accesibilidad en la creación de aplicaciones informáticas o contenidos web [3] e incluso el Real Decreto 1494/2007 que regula las condiciones básicas para el acceso a las personas con discapacidad a las tecnologías [4], pero que en ningún momento se regula el acceso a las funcionalidades básicas

de un teléfono móvil, como puede ser descolgar una llamada en los terminales de tipo *smartphone*.

La problemática descrita impulsó la propuesta de realizar la solución que se detalla en este trabajo, desarrollada en el marco del proyecto AcceMovil (Sistema de comunicación móvil, accesible, abierto y de bajo coste, para personas con discapacidad motora), financiado en 2010-2011 por el Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad a través del Instituto de Mayores y Servicios Sociales (IMSERSO). El objetivo de AcceMovil es mejorar la accesibilidad del teléfono móvil para las personas con discapacidad motora, con afectación en los miembros superiores, mediante el diseño, desarrollo, validación y provisión de un sistema de barrido que, a través de un conmutador conectable al dispositivo, permita a la persona utilizar las funciones estándar de un dispositivo móvil. La figura 1 resume la arquitectura de la solución basada en software abierto, interoperable y de bajo coste.

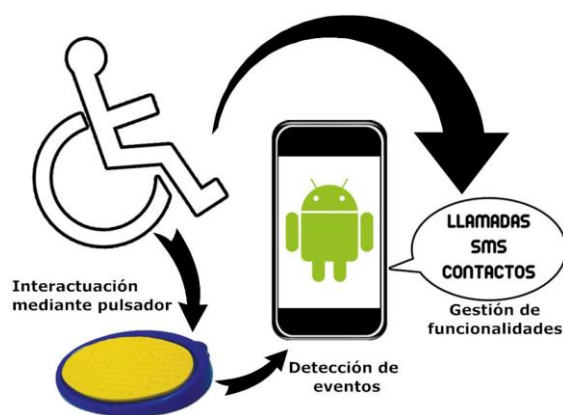


Fig.1: Arquitectura global de AcceMovil

2. Contextualización y antecedentes

El análisis de accesibilidad en los teléfonos móviles actuales requiere distinguir dos aspectos esenciales: 1) los mecanismos ofrecidos para la interacción de la persona con el dispositivo y 2) las características de presentación de contenidos y acceso a la información. La mayoría de trabajos y esfuerzos publicados sobre accesibilidad en terminales móviles se basan más en el segundo aspecto mencionado, dejando en un plano más apartado lo relacionado con la accesibilidad directa a los teléfonos móviles. Las personas con afectación en los miembros superiores se enfrentan habitualmente a una barrera de acceso en las nuevas tecnologías. Según los datos del Instituto Nacional de Estadística (INE) a fecha de enero de 2011, la población española sumaba un total de 46.152.925 personas, de las cuales algo más del 8% se corresponde al colectivo de personas que poseen algún tipo de discapacidad lo cual equivale aproximadamente a que de cada mil personas, 83 poseen algún tipo de discapacidad. De forma complementaria, el informe “Panorámica de la discapacidad en España”, muestra que de los diferentes tipos de discapacidad, son más relevantes los que afectan a las actividades básicas realizadas en la vida diaria (ABVD), entre las que se incluye el uso del teléfono, ya que están relacionadas con la dependencia. El número de personas afectadas, 2,8 millones, supone el 6,7% de la población [6].

Este hecho motiva que profesionales de las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC), junto a otros expertos del ámbito de la

discapacidad, asuman el reto de impulsar las soluciones necesarias para que todas las personas, con independencia de sus limitaciones funcionales, puedan usar el móvil o *smartphone* sin barreras de accesibilidad. Las tecnologías actuales, sistemas operativos, capacidades de comunicación e interconexión, permiten desarrollar soluciones para todos que aseguren esta disponibilidad.

Según el informe del CENTAC *Investigación sobre las tecnologías de la sociedad de la información para todos*, el desarrollo actual de las TIC supone un fuerte optimismo para las personas con discapacidad acerca de la evolución de soluciones TIC, especialmente en temas de salud y emergencias. En cambio, en lo relacionado con la participación social el optimismo es menor [5]. En la sociedad en la que vivimos actualmente la información y la comunicación es un factor esencial en todas las actividades culturales y socioeconómicas. Una tecnología de comunicaciones, como un teléfono móvil, que no permita ser usado según la diversidad funcional del usuario, conlleva una discriminación al individuo. En el momento en que una persona no es capaz de comunicarse mediante el uso de una tecnología por alguna discapacidad en concreto, la sociedad directamente excluye a dicha persona al no poder participar en sus actividades. El informe Panorámica de la discapacidad en España del INE nos indica que del colectivo de personas con discapacidad, siete de cada diez personas declaran tener poca o ninguna posibilidad de establecer nuevas amistades y que directamente a dos de cada tres, el poder contactar o dirigirse a personas que no son de su entorno les resulta imposible o casi imposible [6].

2.1. TECNOLOGÍAS DE REFERENCIA

El análisis detallado de las soluciones actuales en telefonía móvil para el colectivo de personas con discapacidad muestra que la mayoría de alternativas de accesibilidad móvil se basan en el uso de interfaces gráficas claras y sencillas junto con reconocimiento y síntesis de voz. Se constata que estas aplicaciones resultan de gran ayuda para personas con discapacidad visual, auditiva, cognitiva moderada y/o con problemas de aprendizaje [7]. Sin embargo, en el caso de la discapacidad física o motora, las soluciones con respecto a la accesibilidad en la telefonía móvil son escasas incluyendo únicamente ciertas ayudas técnicas tradicionales. La mayoría de aplicaciones accesibles de comunicación que existen para personas con discapacidad física se basan en el uso del ordenador y de aplicaciones de comunicación alternativa y aumentativa. Existen lectores y magnificadores de pantalla, sintetizadores de voz o filtros de teclado, que a su vez pueden hacer uso de dispositivos de entrada alternativos como ratones o teclados adaptados [8].

Entre las soluciones más conocidas y prácticas que existen para la comunicación de personas con discapacidad motora usando el ordenador, los editores de texto juegan un papel fundamental. PredWin, basado en barrido y predicción de palabras, es un editor de texto de los más utilizados [9]. Con la misma finalidad pero con un funcionamiento diferente, existe Dasher, un software de la Universidad de Cambridge con el que se puede escribir haciendo uso del ratón, contando con las probabilidades que tienen las palabras y las probabilidades de las letras dentro de cada una de las propias

palabras [10]. En lo referente a los ratones accesibles, MouseTweaks es una valiosa referencia de software de acceso basado en Gnome con el que poder utilizar ratones de una forma más óptima. Esta aplicación permite activar elementos en pantalla únicamente posicionando encima el puntero del ratón durante un tiempo predeterminado, pudiendo simular cuatro tipos de clics, izquierdo, derecho, arrastrar y doble clic.

Tal como se ha comentado, la gran mayoría de las soluciones de acceso a las tecnologías para personas con discapacidad física está orientada al acceso a través de un ordenador. Exceptuando alguna que otra solución propietaria, tal como el producto TheGrip2 con funcionalidad para poder enviar mensajes cortos o como Dasher, que tiene versiones para móviles con Android e iOS, apenas existen aplicaciones de accesibilidad para los terminales móviles. El análisis de productos explorados directamente para localizar algún tipo de sistema o aplicación abierta para smartphones, que mediante uso de barrido permita acceder a las funcionalidades más esenciales de la telefonía móvil, muestra la inexistencia actual de soluciones directamente integrables y de bajo coste.

3. Análisis de requisitos

El punto de partida en Accemovil para diseñar la solución de acceso a las funciones elementales del teléfono móvil ha sido el análisis comparado de las necesidades del colectivo y los requisitos de usuario. De este modo, el producto final está completamente condicionado a las necesidades

de usuario identificadas y por ello se le ha dado una prioridad máxima a un análisis directo con los usuarios y expertos acerca de las facilidades que consideran como un derecho, como una necesidad y más sencillamente como una expectativa de uso.

El trabajo de análisis se ha realizado incrementalmente contando con la colaboración de la Federación Nacional ASPAYM (Asociación de Lesionados Medulares y Grandes Discapacitados Físicos), del Centro de Referencia Estatal de Atención Al Daño Cerebral (CEADAC) y la Asociación de Padres de Alumnos Minusválidos (APAM). En total se ha entrevistado a 15 personas con diferentes tipos y grados de movilidad reducida en los miembros superiores y a 5 profesionales mediante entrevistas en grupo y cuestionarios a partir de lo cual se han obtenido los elementos comunes más relevantes y específicos del colectivo para el uso del móvil

La figura 2 resume las funciones donde del móvil donde la expectativa de accesibilidad es más demandada por parte de los colectivos:

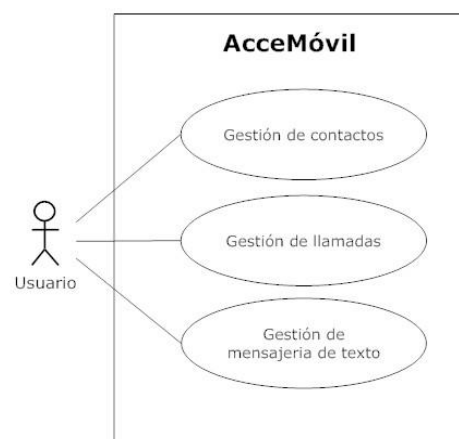


Fig.2: Casos de uso de AcceMovil

En lo correspondiente a la gestión de contactos en el teléfono móvil los usuarios destacaron la posibilidad de agregar o buscar un contacto de forma completamente autónoma, sin necesitar la ayuda de una tercera persona. Con respecto a la gestión de llamadas se valoró positivamente el poder discriminar llamadas dado que actualmente la mayoría de usuarios con movilidad reducida en los miembros superiores, que utilizan teléfono móvil, tienen configurado el terminal por defecto para que se descuelgue de forma automática en el momento que entre una llamada. El poder decidir si descolgar una llamada, ignorar o directamente colgar es un requisito del sistema. La mensajería de texto no es un servicio que utilice este colectivo por la imposibilidad de escribir con el teléfono. Un teclado accesible por barrido permitiría podrá escribir mensajes sencillos que se podrán enviar posteriormente a los contactos del teléfono móvil o a un número que se introduzca. En el momento de la lectura, se valora el poder usar la síntesis de voz para reproducir el mensaje o bien leerlo por la pantalla.

Además de la autonomía personal, el aspecto más valorado por los entrevistados es la privacidad. Las funciones de poder marcar un número, leer un mensaje o agregar un número en la agenda requieren a este colectivo la necesaria ayuda de una tercera persona. Los teléfonos móviles comerciales poseen soluciones de accesibilidad como sintetizadores y reconocimiento de voz o incluso braille a través de vibraciones para la lectura de texto. Estas soluciones permiten acceder a muchos de los servicios que ofrece un terminal móvil, pero en muchas ocasiones, la autonomía del usuario o la propia confidencialidad queda completamente en entredicho. Accemovil contempla solucionar

esta barrera de tal forma que el usuario sea autosuficiente para utilizar un teléfono móvil sin ayuda externa.

4. Diseño de la plataforma

La solución planteada en esta investigación persigue mejorar la accesibilidad en los teléfonos móviles, especialmente con pantalla táctil, ofreciendo una interacción usable para personas con discapacidad motora con afección en los miembros superiores. El diseño de la solución requiere un enfoque abierto y de bajo coste accesible para el mayor número de usuarios. La creciente e imparable evolución de los teléfonos con pantallas táctiles justifica esta solución como de primera necesidad para evitar una mayor brecha digital al colectivo de personas que no pueden utilizar dicha tecnología y las funcionalidades afines. Analizando la evolución de los sistemas operativos más extendidos actualmente en los smartphones, se barajaron dos alternativas para el diseño de la solución resultante: iOS de Apple y Android de Google. iOS posee una solución para el control sin cables del smartphone de Apple mediante un sensor inalámbrico localizado en la lengua. Este sensor envía los movimientos de la lengua a otro dispositivo receptor localizado en la cabeza, el cual identifica los movimientos del sensor. Este receptor, localizado en la parte superior de la cabeza, envía las señales oportunas al teléfono que transforma esos movimientos por la interfaz del teléfono. Todo el sistema se basa en tecnología inalámbrica propietaria con el

consumo de batería correspondiente de cada dispositivo que esto conlleva [11].

El factor determinante en AcceMovil de ofrecer un producto final de bajo coste, independiente de fabricante y “para todos” motivó el uso final de la plataforma. En el último trimestre del 2010, Android se afianzó como el sistema operativo más extendido del planeta en teléfonos móviles avanzados con el 32,9% del mercado de smartphones, con un crecimiento respecto al mismo trimestre del 2009 del 615% [12]. La novedad que ofrece Android con respecto al resto de sistemas operativos en terminales móviles, es la libertad que permite a la hora de desarrollar aplicaciones y el bajo coste que eso supone. Gracias a las facilidades de este sistema operativo se va a poder diseñar una interfaz accesible, que mediante un sistema de barrido y un pulsador, se consigan realizar las acciones más elementales de un teléfono móvil como pueden ser descolgar una llamada, agregar un número de teléfono o escribir un mensaje.

La especificación funcional de facilidades a implementar ha incorporado la facilidad de que el usuario pueda también configurar, de forma completamente autónoma, la aplicación a su gusto. Con esta funcionalidad añadida, se pretende que cada persona obtenga la mejor experiencia de usuario mediante la configuración de los diferentes elementos y prioridades de interacción con la aplicación.

La incorporación de un sistema dinámico de barrido activado por pulsador o conmutador permite ajustar las configuraciones del sistema como:

- *Tiempo de barrido horizontal.* Configuración del tiempo que tarda el foco del sistema de barrido en pasar de un elemento a otro.
- *Tiempo de barrido vertical.* Ajuste del tiempo que tarda el foco del sistema de barrido en pasar de un elemento a otro.
- *Tiempo entre pulsaciones.* Adaptación del periodo de tiempo necesario que pase entre pulsaciones.
- *Color del foco del barrido.* Ajuste del color del foco de barrido al gusto del usuario dentro de un rango de colores.
- *Habilitar descuelgue automático.* Si el usuario lo desea, puede habilitar que automáticamente sin discriminación se descuelguen todas las llamadas.
- Configuración de listas para gestión de las llamadas.
- Lista negra: Listado de números a los cuales directamente la llamada entrante es colgada.
- Lista blanca: Listado de números que en el momento de recibir una llamada de con alguno de esos orígenes se descuelga.
- *Posición de los elementos en pantalla.* El usuario podrá seleccionar la posición en pantalla de sus acciones más habituales para así poder evitar esperas innecesarias durante el barrido.
- *Habilitar sintetizador de voz en la navegación.* Se podrá habilitar si se quiere retroalimentación mediante voz o no en la navegación.
- *Tiempo de espera para descolgar.* Una vez identificado el numero origen, si pertenece a un numero que está en la lista blanca y se va a descolgar de forma

automática, se puede configurar unos segundos de cortesía antes de descolgar la llamada.

Una vez identificado el diseño de funcionalidades a implementar, se diseñó la interfaz evitando las limitaciones en el diseño de las interfaces visuales en un teléfono móvil del tamaño de la pantalla. La disposición de los elementos u opciones en la pantalla de presentación ha considerado la limitación física que suponen las pantallas de los móviles. Para ello, se han respetado los principios de accesibilidad web móvil, definiendo disposiciones de los elementos accesibles de forma que las posibles opciones que tenga el usuario no sean más de seis.

Las presentaciones principales, comunes en cada una de las funcionalidades, se dividen en dos zonas de control y una de información. Cada una de las zonas de control está situada en la parte superior y en la parte inferior respectivamente, dejando la localización central para la zona de información.



Fig.2: Diseño de interacción con la IUG

En la parte superior de la interfaz se habilita un máximo de 6 opciones, configurables por el

usuario para dar prioridad al elemento más importante. La parte de control inferior permite hasta 3 opciones relacionadas siempre con la configuración, selección o adaptación de funciones, y en la parte central de la interfaz se ubica la zona de información que muestre en un tamaño superior el elemento activo. Se contempla de forma inicial la navegación mediante un barrido vertical entre la zona de control superior y la zona de control inferior hasta que el usuario mediante el evento definido active la zona que seleccione y comience así el barrido horizontal. El inicio del barrido horizontal permite que el usuario seleccione una de las opciones localizadas por el barrido, la activación de la actividad y el comienzo de la funcionalidad correspondiente. En el caso de que se realice una selección equivocada, siempre existe la opción de volver atrás como medida de rectificación.

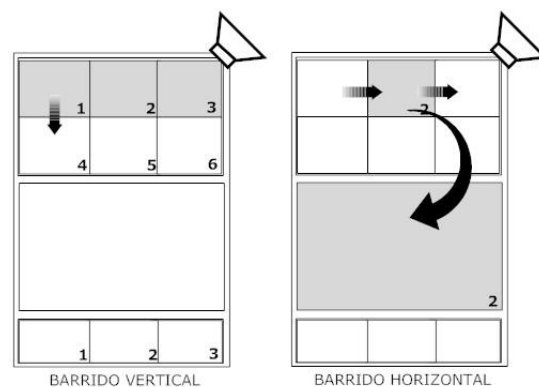


Fig.3: Modelos de barrido de la IUG

La navegación mediante el uso de barridos se utiliza cuando la necesidad de precisión en las selecciones es muy baja. En el caso de las personas con discapacidad motora con movilidad reducida y afectación en los miembros superiores, la capacidad de precisión puede variar mucho según el nivel de sus capacidades.

Barridos del tipo matricial reduce el tiempo de selección cuando el número de opciones es relativamente alto y por ello el diseño de nuestra interfaz, para obtener una mejor experiencia de usuario, limita el número de opciones por pantalla a un máximo de seis [13]. La navegación por cada uno de los elementos de la interfaz, está acompañada por una síntesis de voz que guía y aclara al usuario en el caso de que la interfaz no esté a la vista o sea de complicado acceso, que como ya se dijo anteriormente será configurable habilitarlo o no.

5. Implementación y validación

La implementación del sistema resultante aprovecha el potencial de Android para acceder y gestionar todo lo referente a los datos de contactos, agenda o mensajes sin problemas. Únicamente hay que utilizar los permisos adecuados para que luego no haya problema dentro del terminal. El funcionamiento interno de la solución software se divide en tres zonas completamente diferenciadas. Por un lado está la parte encargada de gestionar todo el funcionamiento, por otro lado está la zona encargada de la recuperación y almacenamiento de los datos y por último está la parte en la que se gestionan la detección de eventos.

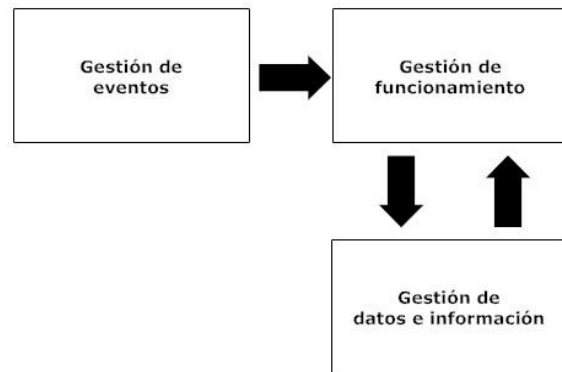


Fig.4: Componentes de la solución SW

- *Gestión de eventos Android*: este componente realiza todas las detecciones de eventos, ya sea del sistema operativo o de la interacción del propio usuario. Dentro de los eventos relacionados con Android, se encuentran todos aquellos que el sistema operativo utiliza para las notificaciones como la recepción de un mensaje de texto o las de una llamada entrante. Cada uno de estos eventos es capturado y procesado posteriormente en el componente encargado del funcionamiento de la aplicación. Los eventos que el usuario realiza a través del conmutador también se capturan y se notifican para gestionar el funcionamiento.
- *Gestión de funcionamiento*: la funcionalidad de este módulo es recibir todos los eventos que son detectados, que según el estado en el que se localice el usuario o según los datos que estén configurados se realizará una acción u otra.
- *Gestión de datos e información*: en este componente se realizan todas las funciones referentes a la recuperación y

almacenamiento de datos e información. Las prioridades y configuraciones del usuario se accederán y se almacenarán desde aquí.

Teniendo en cuenta los requisitos analizados, uno de los principales derechos que consideraban los usuarios era el poder gestionar las llamadas. Con gestionar las llamadas nos referimos a poder tomar la decisión de descolgar una llamada, de colgar una llamada o directamente ignorarla y no hacer nada. Hoy por hoy, Android por motivos de seguridad no permite, con su SDK, implementar este tipo de funcionalidades. Google considera que dar la posibilidad a los desarrolladores de crear aplicaciones que puedan descolgar llamadas cuando ellas decidan, pueden ser aplicaciones maliciosas ya que pueden aceptar llamadas no deseadas. Pero en cambio, lo que sí que permite realizar Android es sobrescribir sus clases internas, pudiendo así adaptar las aplicaciones para que funcionen como nosotros lo deseamos.

En el sistema descrito en este trabajo de investigación y desarrollo, aquellas funciones que no se pueden realizar directamente mediante el SDK, son las relacionadas con la gestión de las llamadas. Para encontrar soluciones a este tipo de cuestiones, existen grupos de desarrollo de código abierto que se plantean el mismo problema y buscan soluciones. Estos grupos de desarrollo se basan en los conocimientos y la colaboración que aporta la comunidad de desarrollo de Android [14-15].

Cada uno de los elementos que constituyen las interfaces del software, tienen información asociada que ayudará en cierto modo. En el momento de la presentación o de la lectura sintetizada, cada elemento guarda una serie de campos relacionados que se utilizan para ayudar en la navegación.

ELEMENTO

- Nombre: Salir
- Texto: Salir
- Imagen: salir100.png
- Imagen Grande: salir250.png
- Descripción: Salir del menú
- Posición: 6



Fig.5: Propiedades de elementos de acción

En la figura 5 se muestran los campos que tienen asociados cada uno de los elementos.

- *Nombre* se utiliza para poder referenciar y gestionar el elemento en el interior del software.
- *Texto*. Su contenido es la información que se mostrará en la pantalla asociada al elemento.
- *Imagen* es la imagen que se presenta en la zona de control y por la que el barrido para poder seleccionar el elemento.
- *Imagen Grande* es la imagen que se presenta en la zona de información cuando el barrido pasa por su localización en la zona de control
- *Descripción* corresponde al texto que leerá el sintetizador de voz (si está habilitado) cuando el barrido para por encima del elemento.

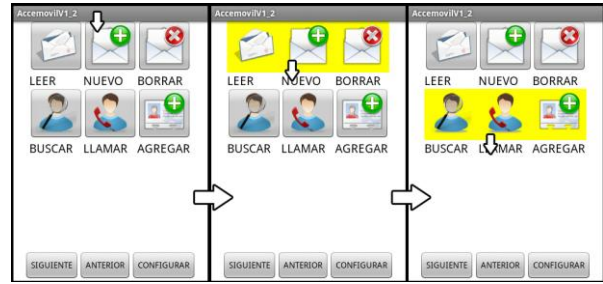
- *Posición* es un número que indica el lugar en el que se localiza el elemento en la pantalla.

En el desarrollo de los primeros prototipos, la interfaz se basa en el primer diseño, con las dos zonas de control y la zona de información central como muestra la siguiente imagen.



Fig.6: Desarrollo de soluciones de barrido

En el momento en que el usuario a través de su conmutador, envía un evento con la intención de arrancar el sistema de barrido, los distintos componentes del sistema entran en funcionamiento y arrancan el sistema de barrido. La zona de gestión de eventos detecta en este caso las intenciones del usuario, y se lo comunica al gestor de funcionamiento. Este, según sea el estado actual realizara una acción u otra. Como en este caso estamos en el menú principal y a su vez en estado de espera, únicamente se arrancará el sistema de barrido vertical.



Si el usuario, realimentado por la situación visual y el retorno de voz sintetizada, decide seleccionar una de las opciones, activando el conmutador en la opción deseada consigue que comience el barrido horizontal.

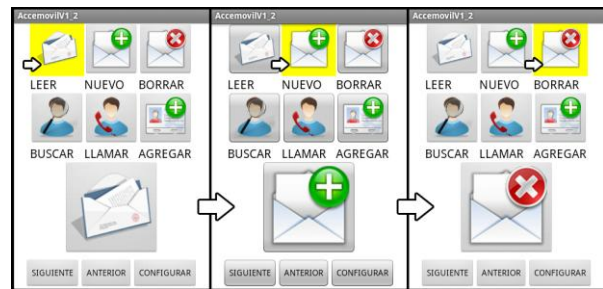


Fig.7: Implementación de funcionalidad accesible por selección

7. Conclusiones

Las tareas iniciales de desarrollo y validación del sistema han demostrado la eficiencia de implementación de la solución de barrido accesible en la plataforma Android según manifestaron los expertos sobre discapacidad física consultados. La fase actual de desarrollo ha permitido la integración actual con dispositivos de conmutación externa gracias al control de eventos que permite la plataforma empleada con independencia del modelo de dispositivo.

La fase actual de validación del prototipo, prevista inicialmente con 10 personas de las tres entidades colaboradoras (ASPAYM, APAM y CEADAC) permitirá la realimentación de uso y especificación final del producto prevista para la segunda fase de evaluación con 30 personas con limitaciones funcionales de movilidad en los miembros superiores. Además de la valoración de los expertos y de los usuarios finales, se ha constatado el interés de involucrar a las familias para incorporar requisitos funcionales no identificados inicialmente.

7. Referencias

[1] Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones. <http://www.cmt.es/>

[2] comScore. "The 2010 Europe Digital Year in Review". Febrero 2011

[3] Norma UNE 139803:2004. "Aplicaciones informáticas para personas con discapacidad. Requisitos de accesibilidad para contenidos en la Web"

[4] *Real Decreto 1494/2007*. Reglamento sobre las condiciones básicas para el acceso de las personas con discapacidad a las tecnologías, productos y servicios relacionados con la sociedad de la información y medios de comunicación social. BOE núm. 279 de 21/11/2007

[5] M.A. Valero, L. Vadillo, R. Herradón, A. Belén Berrmejo y R. Conde. "Investigación sobre las tecnologías de la sociedad de la información para todos" CENTAC. Universidad Politécnica de Madrid.

[6] Instituto Nacional de Estadística. "Panorámica de la discapacidad en España". Octubre 2009

[7] Unidad de Formación y Nuevas Tecnologías. IMSERSO. "Guía de accesibilidad en telefonía móvil".

[8] M^a. Luz Guenaga, A. Barbier y A. Eguiluz. "La accesibilidad y las tecnologías en la información y comunicación". Universidad de Deusto. Noviembre 2007

[9] Centro de Referencia Estatal de Autonomía Personal y Ayudas Técnicas CEAPAT. Productos de apoyo. Programas gratuitos.

[10] David J Ward, Alan F Blackwell and David J C MacKay. "Dasher - a Data Entry Interface Using Continuous Gestures and Language Models". The Inference Group. Cavendish Laboratory, Cambridge.

[11] Jeonghee Kim, Xueliang Huo y Maysan Ghovanloo. "Wireless Control of Smartphones with Tongue Motion Using Tongue Drive Assistive Technology". Septiembre 2010

[12] Canals. "Google's Android becomes the world's leading smart phone platform". Enero 2011

[13] Rafael Romero Zúñica, Francisco Alcantud Marín y Antonio M. Ferrer Manchón "Estudio de accesibilidad en la red". Universidad de Valencia

[14] Android AutoAnswer Project. <http://code.google.com/p/auto-answer/>

[15] Call Blocker for Android. <http://code.google.com/p/dndcallblocker/>

Agradecimientos

Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad a través del Instituto de Mayores y Servicios Sociales (IMSERSO). Equipo directivo, terapeutas y usuarios de ASPAYM, APAM y CEADAC.

Desarrollo de un reproductor de vídeo accesible

Juan José Rodríguez Soler
*Canales Digitales. Dpto. Experiencia Multicanal
Bankinter.*
28760. Tres Cantos (Madrid).
jjrguezs@bankinter.es

Resumen

El canal de comunicación online con las entidades financieras, posibilita que clientes con discapacidad puedan acceder de una manera más cómoda a los servicios ofrecidos por éstas.

Sin embargo, uno de los retos actuales de éste sector es el de mejorar la accesibilidad web, así como el de incorporar recursos tecnológicos capaces de permitir el acceso a contenidos multimedia y vídeo, los cuales en la actualidad se han convertido en una nueva forma de comunicarse en Internet.

El siguiente trabajo, muestra en detalle la estrategia seguida a la hora de diseñar y desarrollar el nuevo reproductor de vídeo empleado por Bankinter para estos fines.

Abstract

The online channel of communication with financial institutions, allows customers with disabilities can access a convenient way to services offered by them.

However, one of the current challenges of this sector is to improve web accessibility and to incorporate technological resources capable of providing access to multimedia content and video, which now have become a new form of communicate on the Internet.

The present work shows in detail the strategy followed when designing and developing the new video player used by Bankinter for these purposes.

1. Introducción

Hoy en día, uno de los retos que afectan directamente a la banca online es la accesibilidad Web, la cual se refiere a la capacidad de acceso a la Web y a sus contenidos por todas las personas, independientemente de las limitaciones propias del individuo (discapacidad) o de las que se deriven del contexto de uso (tecnológicas o ambientales).” [1]

Los estudios realizados sobre la discapacidad en España [2] hacen hincapié por una parte, en el impacto de la edad como factor determinante en el crecimiento de la población con discapacidades (en el 2008 hay 3,85 millones de personas con discapacidad lo cual supone una tasa de 85,5 por mil habitantes).

Figura 1. Incidencia poblacional por tipo de discapacidad

(Personas de 6 y más años con discapacidad)

	Tasas por mil hab.	
	Varones	Mujeres
Total	72,6	106,3
Movilidad	42,6	77,5
Vida doméstica	29,5	69,2
Autocuidado	31,3	55,3
Audición	21,9	28,4
Visión	17,8	28,4
Comunicación	16,3	18,6
Aprendizaje y aplicación de conocimientos y desarrollo de tareas	12,7	17,1
Interacciones y relaciones personales	14,0	15,4

Y por otra, en el hecho de que las mayores afecciones de discapacidad por tipos, afectan a las de movilidad (véase Figura 1), lo cual es un dato a tener en cuenta no sólo por la importancia de la accesibilidad física, sino también, en la importancia que adquiere el acceso a servicios y

contenidos de manera online, esto es sin necesidad de desplazarse.

Aunque quedan patentes las posibilidades ofrecidas por la “Banca online” [3] en materia de mejora de la comodidad de acceso a los servicios ofrecidos a los clientes, y por ende la importancia que adquieren éstos para las personas con movilidad restringida.

No obstante, los estudios realizados sobre el cumplimiento de la accesibilidad web (véase por ejemplo, Observatorio de Discapnet [4]), sitúan a los portales Web de la entidades bancarias en España como los portales que obtienen el porcentaje más bajo de éxito en el cumplimiento de los criterios técnicos de accesibilidad analizados de todos los publicados hasta la fecha.

Más concretamente, en la actualidad un 30% de las entidades financieras españolas no cumplen con el requisito WAI AA, marcado por la legislación, y sólo un 38% de las entidades financieras son accesibles en la parte transaccional.

2. Accesibilidad en contenidos vídeo

En la actualidad, hay una tendencia consolidada a presentar contenidos en formato vídeo de manera online. Las cifras recogidas sobre la audiencia de este tipo de contenidos son impactantes [5], por poner un par de ejemplos, durante febrero del 2011, 170 millones de internautas americanos vieron este tipo de

contenidos, y la media de horas al mes dedicadas a verlos ascendió a 13,6 horas.

Figura 2. Uso de contenidos vídeo en U.S.A

Top U.S. Online Video Properties by Video Content Views Ranked by Unique Video Viewers February 2011 Total U.S. – Home/Work/University Locations Source: comScore Video Metrix			
Property	Total Unique Viewers (000)	Viewing Sessions (000)	Minutes per Viewer
Total Internet : Total Audience	169,646	5,038,485	816.4
Google Sites	141,065	1,829,662	261.6
VEVO	48,998	222,110	81.2
Microsoft Sites	48,812	297,731	46.5
Yahoo! Sites	46,714	200,088	36.3
Facebook.com*	46,661	170,319	18.5
Viacom Digital	45,214	229,856	74.2
ACL, Inc.	38,773	137,362	23.1
Turner Digital	27,447	87,652	25.3
Hulu	27,257	143,461	224.3
NBC Universal	24,185	53,136	20.4

En el caso concreto de contenidos “web TV”, existen iniciativas como la recientemente aprobada en los EEUU (the Twenty-First Century Communications and Video Accessibility Act of 2010), en la que tanto fabricantes como servidores de contenidos web TV, deben asumir el compromiso de la inclusión de medidas de accesibilidad sobre la activación de subtítulo cerrado (closed captioning) como parte de su emisión.

No obstante cabe mencionar, que tanto para el caso concreto de los contenidos web TV, como para el resto de contenidos en formato vídeo, los requisitos de accesibilidad no sólo afectan al contenido sino al componente empleado en la reproducción del mismo.

Volviendo al ámbito financiero, para Bankinter al igual que el resto de entidades, los contenidos presentados en formato vídeo constituyen un recurso muy poderoso de cara a la presentación de campañas a clientes, así como la información

sobre productos y servicios financieros, y/o la de asesoramiento, formación, etc.

Figura 3. Destacado informativo de productos en Bankinter.

Productos destacados

Cuenta Nómina para nuevos clientes.

La vida no se paga en cuberterías, se paga en euros.

0€ transferencias por internet

3% T.A.E. remuneración

4% T.A.E. primer año

0€ cuota de tarjeta

0€ comisión mantenimiento

Nueva Cuenta Nómina Hipotecas Internet 3G Telefonía Móvil Planificación Financiera Broker Plus Seguros

Sin embargo, parece evidente que el hecho de incorporar este tipo de contenidos desde el punto de vista de la accesibilidad web, conlleva un incremento en el cumplimiento de las pautas WAI, y esto puede convertirse en un freno en relación a las mejoras en accesibilidad esperadas para el sector financiero.

Cabe mencionar, que la mayor parte de pautas incumplidas por las entidades financieras [4], corresponden a requisitos básicos de accesibilidad (nivel A del WAI), y la incorporación de contenidos en formato vídeo afectan tanto al primer nivel como al segundo, por lo que es fácil deducir el impacto a nivel económico que supone hacer accesible este tipo de contenidos.

3. Revisión de la accesibilidad de reproductores de vídeo en el sector financiero

Tal como se comentaba en anteriores apartados, los estudios sectoriales de accesibilidad muestran que el financiero, es uno de los ámbitos a los que se achaca el bajo cumplimiento de los estándares de accesibilidad web.

No obstante, no se dispone de información específica sobre la accesibilidad de contenidos en formato video para este sector.

Con la intención de ampliar esta información, y valorar el impacto que supone hacer accesibles estos contenidos en las webs de Bankinter, durante el 2010 se realizó una revisión del sector financiero a partir de estudios previos existentes [5].

Para ello, se partió de un subconjunto de 11 entidades financieras españolas que en la actualidad están presentando videos en sus webs, y sobre éstas se analizó el cumplimiento de las pautas específicas (véase figura 4), aplicables a estos contenidos.

Nivel	Punto	Título
A	1.1.1	Disponer de texto alternativo
A	1.2.1	Incluir audio o video pregrabado a contenidos de solo video o solo audio
A	1.3.1	Características sensoriales de los componentes de manejo
A	1.4.2	Control del sonido
A	2.1.1	Manejo por teclado
A	2.1.2	Recuperar foco del componente de video
A	2.2.1	Límite de tiempo ajustable
A	2.2.2	Poder pausar y/o detener el video
A	2.4.3	Orden de foco lógico
AA	1.2.4	Subtítulos (directo)
AA	1.2.5	Audiodescripción
AA	1.4.3	Contraste mínimo 5:4
AA	2.4.7	Borde visible del foco

Figura 4. Pautas “A” y “AA” aplicables a contenidos video.

De manera general, los resultados del estudio muestran que ninguna de las entidades analizadas cumple con la totalidad de los requisitos planteados por la WCAG para ambos niveles (A y AA).

Para el caso concreto de los requisitos de nivel A, la mayor parte de las entidades únicamente cubren 4 de las pautas planteadas a este nivel.

Nótese que con la excepción de la pauta 1.2.1, que depende directamente del contenido, las pautas cumplidas se refieren a características que vienen dadas por defecto en la mayoría de reproductores de video del mercado, tal es el caso de los botones de pausa y stop, así como la barra de desplazamiento o el control de sonido.

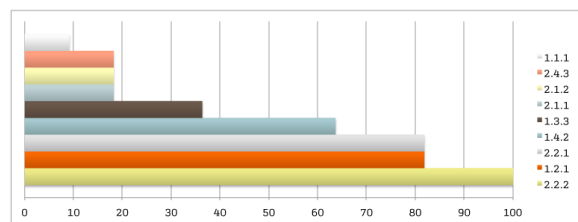


Figura 5. Relación del cumplimiento de pautas de nivel A por las entidades financieras españolas.

En el caso del cumplimiento de las pautas de nivel AA, los resultados disminuyen notablemente, ninguna de las entidades analizadas llega a cubrir la mitad de los requisitos planteados a este nivel.

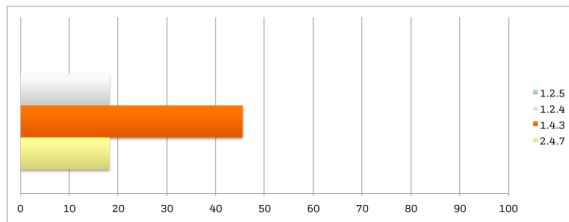


Figura 6. Relación del cumplimiento de pautas de nivel AA por las entidades financieras españolas.

En relación a las pautas de nivel A, cabe mencionar que 7 de 11 características de un reproductor de vídeo accesible están por debajo de la media de cumplimiento de accesibilidad de los portales analizados.

En otras palabras, la mayor parte de las características no cumplidas en materia de accesibilidad, se relacionan con las virtudes esperadas de los reproductores de vídeo.

4. Objetivos del proyecto

Tal como se ha ido introduciendo en apartados anteriores, el objetivo principal del proyecto gira en torno a la idea de disponer de contenidos vídeo accesibles, lo cual implica un requisito básico para Bankinter por su compromiso en materia de responsabilidad social corporativa.

Por otra parte, la arquitectura de Bankinter funciona a través de servidores de Streaming video, cuya tecnología permite asegurar la calidad de la visualización y retransmisión de los mismos a través de la web, sin afectar al rendimiento del resto de servidores del Banco.

La propia tecnología de streaming video, incorpora una serie de requisitos técnicos, los cuales de manera “heredada”, son de necesarios incluir ante cualquier alternativa planteada en este proyecto, más concretamente, poder retransmitir contenidos de vídeo flash mediante el protocolo RMTSPS.

En el 2010, las web de Bankinter han comenzado la migración al entorno del nuevo gestor de contenidos, por su envergadura, este proyecto ha marcado la máxima prioridad en lo que se refiere a la adaptación de contenidos webs, y en este sentido también se convierte en un requisito de viabilidad, esto es, que cualquier acción encaminada a la mejora de la accesibilidad web, debe poderse integrar en la arquitectura del gestor de contenidos.

5. Revisión de alternativas tecnológicas

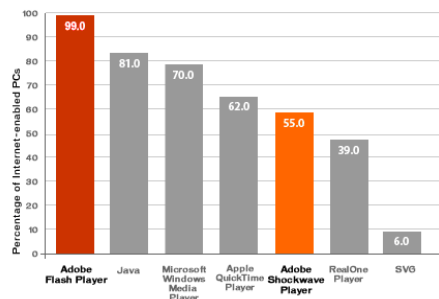
Adobe Flash es una tecnología multimedia para añadir animación e interactividad a las páginas web.

Las películas Flash se utiliza para todo, desde animaciones simples para completar las

aplicaciones interactivas, y Flash Video se ha convertido en el formato de vídeo líder en la web[6].

En la figura 6, se muestra la distribución de usuarios que utilizan diferentes tecnología de reproductores de vídeo.

Figura 6. Empleo de reproductores vídeo por diferentes tecnologías.



Tal como se muestra en la figura 6, a día de hoy, la tecnología Adobe flash equipara el mayor porcentaje de empleo en el Mercado.

Por este motivo, el centrar los esfuerzos en hacer accesible esta tecnología es uno de los principales retos planteados en el presente trabajo.

Por otra parte, otra decisión que se tomó es la de elegir entre: (1) optar por el acceso al contenido a través de un reproductor incrustado en una página web o (2) a través de un reproductor independiente.

Ambos métodos tienen sus ventajas e inconvenientes, tales como: (1) manejo por teclado, (2), inclusión de subtítulo, (3) integración con tecnología adaptada, y (5) adaptación de condiciones de legibilidad y contraste.

De cara a la implementación final en las páginas. Tras comparar dichas alternativas, finalmente se optó por el desarrollo de un reproductor a partir de componentes ya incluidos en el marco de desarrollo de Adobe Flash.

6. Características del nuevo reproductor de vídeo de Bankinter

La base sobre la cual ha partido la definición de funcionalidades del reproductor accesible de vídeo, ha partido de un conjunto de especificaciones internacionales sobre accesibilidad web, más concretamente se ha tenido en cuenta los siguientes estándares:

- Web Content Accessibility Guidelines 1.0
- Web Content Accessibility Guidelines 2.0
- Section 508 Standards

A partir de éstos, el reproductor de vídeo accesible ya disponible en producción en las webs de Bankinter (<http://www.bankinter.es/>), cuenta con las siguientes características:

6.1. INCORPORACIÓN DE TEXTO E IMAGEN EQUIVALENTE AL REPRODUCTOR

En los casos en los que el usuario no disponga del componente de flash para la carga del

reproductor de vídeo, se dispone de una imagen alternativa acompañada de un texto que explica la existencia del mismo al usuario (véase figura 7).

Figura 7. Declaración de imagen sustitutiva en el reproductor de vídeo de Bankinter.

```

416 <div class="caj_contenido_01">
417 <div class="cab_imagen">
418 <object type="application/x-shockwave-flash"
419 data="/stf/comunes/consola_video/players accesible.swf?
UrlVideo=/stf/comunes/consola_video/video_gestion_de_gastos_e_ingresos/video
_gestion_gastos_ingresos.xml" width="340px" height="275px"><param
value="wmode" name="wmode"><param value="high" name="quality"><param
value="true" name="allowFullScreen"><param value="always"
name="allowScriptAccess"><param name="movie"
value="/stf/comunes/consola_video/playersaccesible.swf?
UrlVideo=/stf/comunes/consola_video/video_gestion_de_gastos_e_ingresos/video
_gestion_gastos_ingresos.xml">
420 <div class="img_generica_01 left">
421 </div>
424 <object <div style="margin:10px 0 7px;text-align: right;width:340px">
425 <a class="for_enlace_01"
426 href="/web2/particulares/es/operar/gestion_gastos_ingresos/resumen_video_ges
tion_gastos_ingresos" target="_blank" title="Resumen del vídeo deo. Abre
ventana nueva.">Resumen del vídeo deo</a></a>
</div>
</div>

```

6.2. DESCRIPCIÓN DEL OBJETO (CONTENIDO MULTIMEDIA)

De igual forma, si por cualquier motivo el usuario no puede acceder al contenido (por ejemplo por una discapacidad visual), éste es accesible mediante la incorporación de una descripción resumen del mismo (véase figura 8) .

Figura 8. Acceso a un resumen del vídeo en el reproductor de vídeo de Bankinter.



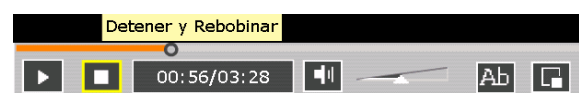
6.3. MANEJO DEL REPRODUCTOR MEDIANTE TECLADO

La base de la tecnología adaptada de los discapacitados, se basa en la captura del foco de los componentes de manejo de los reproductores, en otras palabras, para que sea accesible el reproductor debe poderse manejar mediante el uso de teclado (véase figura 9).

Por otra parte, además este foco de manejo debe recorrer a modo de secuencia lógica (sin saltos arbitrarios) cada una de las teclas del reproductor.

Por último, algunas de las teclas se traducen en cambios de estado en el manejo (por ejemplo, apagar o encender el audio), para cumplir esta característica, la capacidad de captura de foco debe “heredarse” para cada uno de los botones y de los estados de manejo del reproductor.

Figura 9. Captura del foco para el manejo por teclado del reproductor de vídeo de Bankinter.



6.4. INCLUSIÓN DE SUBTÍTULOS

Para el caso de usuarios con discapacidad auditiva, el contenido del vídeo debe acompañarse de la presentación de subtítulos para que pueda ser leído por los mismos (véase figura 10).



Figura 10. Presentación de subtítulos en el reproductor de vídeo de Bankinter.

De igual forma, de cara a la creación de subtítulos en los contenidos, el reproductor debe basarse en los estándares existentes de subtítulo, para evitar incompatibilidad a la hora de generarlos (véase figura 11).

Figura 11. Definición de subtítulo.

```

<sub lang="es" main="http://www.w3.org/2006/08/stmt#" main-ctt="http://www.w3.org/2006/08/stmt#stplng#"
  >
  <stplng>
    <stplng id="esph" stas:fontStyle="italic" stas:fontWeight="bold">
    </stplng>
  </stplng>
  <sub>
    <div>
      <p begin="00:00:10">Videollamada en Lengua de Signos es un servicio de información financiera.</p>
      <p begin="00:00:15">Resolvemos cualquier duda que pueda tener.</p>
      <p begin="00:00:18">Para comunicarnos en Lengua de Signos o escribiéndonos por el chat.</p>
      <p begin="00:00:47">Buenos días, soy Elena Medina.</p>
      <p begin="00:00:54">Buenos días, soy Carolina Fernández.</p>
      <p begin="00:01:00">Somos las responsables de Videollamada en Lengua de Signos.</p>
      <p begin="00:01:09">Trabjamos en Bankinter para informar.</p>
      <p begin="00:01:11">¿y apúntate en temas financieros.</p>
      <p begin="00:01:16">¡hola! en Lengua de Signos, soy María.</p>
      <p begin="00:01:21">Si necesitas ir a una oficina de Bankinter.</p>
      <p begin="00:01:26">para hacer cualquier operación, puedes contactar conmigo.</p>
      <p begin="00:01:30">A través de Videollamada, soy intérprete.</p>
      <p begin="00:01:34">Puedes acceder al servicio de Videollamada en Lengua de Signos.</p>
      <p begin="00:01:40">Desde cualquier ordenador conectado a Internet.</p>
      <p begin="00:01:44">Reservado que en todas las oficinas Bankinter tienen accesos.</p>
    </div>
  </sub>
</sub>
  </div>
</pre>

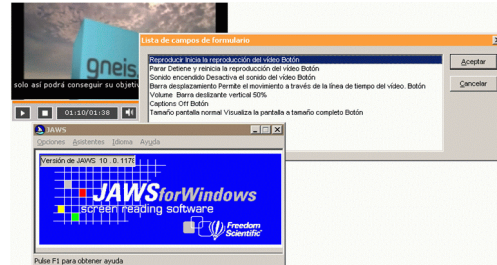
```

6.5. HABILITAR/DESHABILITAR OPCIONES DE ACCESIBILIDAD

Muchos de los usuarios con discapacidad, optan de entrada, en acceder a los contenidos de las páginas web mediante tecnología adaptada (ZoomText, Jaws, WindowsEyes).

En estos casos, el reproductor permite su manejo mediante el empleo de la misma.

Figura 12. Manejo del reproductor de vídeo de Bankinter mediante el lector de pantalla Jaws 11.



6.6. MAXIMIZAR EL CONTRASTE Y LEGIBILIDAD

Una característica muy importante, que la mayoría de los reproductores del mercado no tienen en cuenta es la del contraste visual, lo cual afecta por ejemplo a la población de usuarios con baja visión (resto visual por encima de los criterios legales para establecerle como “ciego”).

En estos casos, la ausencia de unos niveles adecuados de contraste y legibilidad [7], se traducen en la incapacidad de estos usuarios de poder localizar las funciones de manejo de los reproductores.

En nuestro caso el diseño gráfico del reproductor, ha adaptado su aspecto a una serie de combinaciones de colores que le permite obtener los niveles de contraste y de diferencia de color, recomendados por los estándares del WAI. Tal como se muestra en las figuras 13 y 14.

Figura 13. Prueba de valoración del contraste entre botones del reproductor y áreas circundantes.

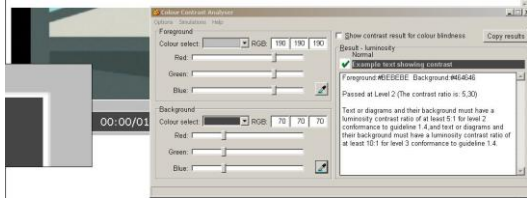
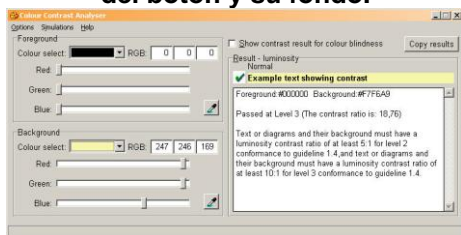


Figura 14. Prueba de valoración del contraste entre el cuerpo de letra del texto explicativo del botón y su fondo.



7. Conclusiones y proyecciones futuras

El nuevo reproductor de Bankinter accesible, ha sido puesto en desarrollo en enero del 2011. Como resultado de la experiencia en el diseño y desarrollo del mismo, la primera conclusión a la que hemos llegado fruto de esta experiencia, es la de que la inversión en el desarrollo del mismo justifica las ventajas que ofrece.

Tal como se ha ido mostrando a lo largo de este trabajo, el empleo de contenidos vídeo en Internet, no es sólo una realidad, sino que supone una forma nueva de acceder a la información de la Red.

En este sentido, y por su alto grado de demanda en se convierte en una necesidad el prestar atención, en materia de accesibilidad, a este tipo de contenidos que obviamente requieren un carácter universal.

La incorporación del nuevo reproductor de vídeo de Bankinter, abre la puerta a nuevos retos relacionados con la evolución de los propios contenidos multimedia, lo cual nos lleva a plantearnos nuevas funcionalidades del reproductor tales como: galerías de vídeo, RSS, canales TV, etc.

10. Referencias

- [1] W3C/WAI: Iniciativa de Accesibilidad en la WEB (Web Accessibility Initiative) del Consorcio Mundial de la Web (World Wide Web Consortium). Para más información <http://www.w3.org/WAI>
- [2] INE. Encuesta de Discapacidad, Autonomía personal y situaciones de Dependencia. (EDAD 2008). ISSN: 1579-2772/2008. Disponible en www.ine.es
- [3] F. Muñoz Leiva, La adopción de una innovación basada en la Web. Análisis y modelización de los mecanismos generadores de confianza, tesis doctoral, departamento de Comercialización e Investigación de Mercados, Universidad de Granada. Disponible en línea en: http://webcim.ugr.es/banca_e/index.php?option=com_content&view=article&id=58:la-adopcion-de-una-innovacion-basada-en-la-web&catid=1:las-ultimas-noticias&Itemid=50 (2008).
- [4] Observatorio de Discapnet. Accesibilidad Web en portales de la Banca en España. Infoaccesibilidad. (2006). Disponible en: http://www.discapnet.es/Castellano/areastematicas/Accessibilidad/Observatorio_infoaccesibilidad/informesInfoaccesibilidad/Paginas/default.aspx
- [5] Ernst&Young/ Adesis Netlife. Situación de las empresas de IBEX 35 en Accesibilidad web.. Ley de medidas de impulso de la Sociedad de la Información (LISI):

Oportunidades de mejora para el canal on-line. (2009).
Disponible en:
http://www.adesis.com/prensa%5Cnotas%5Cficha_prensa.aspx?IdNoticia=55

[6] Millward Brown. Unifying Its Global Qualitative Network Under One Brand survey. (Septiembre 2010). Disponible en:
<http://www.millwardbrown.com/Global/News/BrandNews/September2010/default.aspx>

[7] J.J. Rodríguez Soler. Influencia del color en la navegación por webs de Bankinter. Interacción 2010. XI Congreso Internacional de Interacción persona ordenador. Valencia.

Rehabilitación de Pacientes con Discapacidades Motoras Mediante Técnicas Basadas en Visión Computacional

Alejandro Reyes Amaro
Universidad de La Habana
aamaro@matcom.uh.cu

Yanet Fadruga González
Universidad de La Habana
fadruga@matcom.uh.cu

Oscar L. Vera Pérez
Universidad de La Habana
oscarluis@matcom.uh.cu

Elizabeth Domínguez
Universidad de La Habana
elizabeth@matcom.uh.cu

Jenny Nodarse Ravelo
CIREN, Habana, Cuba
jenny@neuro.ciren.cu

Alejandro Mesejo Chiong
Universidad de La Habana
mesejo@matcom.uh.cu

Biel Moyà-Alcover
Universitat de les Illes Balears
biel.moya@uib.cat

Antoni Jaume-i-Capó
Universitat de les Illes Balears
antoni.jaume@uib.es

Abstract

In this paper we present details of the application implementation vision-based for the rehabilitation of patients with mobility disabilities. These applications are video games where computer-patient interaction helps to develop different motor skills. The applications are designed to work with low cost hardware like webcams and netbooks.

Resumen

En este trabajo se presentan detalles acerca de la implementación de aplicaciones informáticas basadas en visión computacional destinadas a la rehabilitación de pacientes con discapacidades motoras. Estas aplicaciones se presentan en forma de juegos donde la interacción paciente ordenador contribuye al desarrollo de diferentes habilidades motoras. Las aplicaciones se diseñan para trabajar con hardware de bajo costo como cámaras web usuales y Netbooks.

1. Introducción

En la práctica médica habitual los cuidados que se brindan a un paciente logran revertir el curso de procesos patológicos y dar el alta a aquellos que se encuentran médicamente estables. No obstante un número de pacientes queda con disfunciones crónicas incapacitantes que, en ocasiones, persisten por el resto de la vida y que requieren un tratamiento especializado. Por ello en la rehabilitación la atención no solo suele centrarse en buscar la cura del paciente. Se tiene también como objetivo desarrollar al máximo sus potencialidades físicas, psicológicas y sociales residuales. La atención al discapacitado motor se convierte en un proceso complejo que debe ser abordado desde diferentes ángulos.

El desarrollo actual de la visión computacional, tanto en software como en hardware, permite adquirir y procesar un gran volumen de datos en tiempo real mediante sistemas de bajo costo. El presente trabajo pretende emplear esta capacidad en la rehabilitación de pacientes con discapacidades motoras.

Para ello se propone el desarrollo de aplicaciones computacionales con hardware de bajo costo donde, a partir de juegos, se incita al paciente a realizar ejercicios rehabilitadores mientras que al mismo tiempo se registra su evolución. Se tiene la intención de que estos juegos, además de realizar la función terapéutica, incidan positivamente en la motivación del paciente al permitirle dedicarse a su rehabilitación de forma amena y sin la necesidad de ayuda especializada directa.

Estudios recientes han mostrado que los *serious games* ayudan a motivar a los pacientes de rehabilitación [8], definiendo los *serious games* como un videojuego que permite al usuario alcanzar un propósito específico mediante el entretenimiento y las metas que ofrece la experiencia del juego.

La idea general consiste en captar los movimientos del paciente mediante una cámara web a la vez que el mismo se observa en pantalla en un entorno modificado. En este entorno modificado aparecerá una representación visual con intenciones de juego pero acorde a objetivos de rehabilitación determinados. Los objetivos de rehabilitación se definen de acuerdo a especificaciones de especialistas y se destinan a la rehabilitación de diferentes zonas motoras.

La captura del movimiento del paciente debe ser lo suficientemente precisa para permitir la evaluación del desarrollo de sus funciones motoras. Fundamentalmente se deben localizar con precisión las articulaciones del cuerpo del paciente así como el movimiento o cambio de posición relativa de las mismas. Esto impone el empleo de diversas herramientas y métodos de la visión por computador así como otras técnicas computacionales como los que aparecen en [1] y [2].

2. Herramientas para la implementación de juegos basados en visión para la rehabilitación

A partir de los requerimientos mencionados anteriormente se ha identificado la combinación de OpenCV [3] y Qt [4] como las librerías y plataformas de base para la implementación de las aplicaciones. La primera de estas herramientas, OpenCV, es una librería de código abierto multiplataforma diseñada para alcanzar la eficiencia computacional requerida en aplicaciones que deben trabajar en tiempo real con empleo óptimo de los recursos de hardware sobre todo en arquitecturas Intel. Contiene varios cientos de funciones que implementan diversos algoritmos de visión por computadora. Provee así una infraestructura de fácil empleo para la implementación de aplicaciones computacionales basadas en visión con cierto nivel de complejidad en corto tiempo.

Por su parte, Qt, es un conjunto de librerías orientadas a la creación de aplicaciones gráficas de escritorio cuyo código puede ser compilado en una amplia gama de plataformas: desde Windows 98 hasta Windows 7, Solaris, Mac OS, Linux y otros menos conocidos. Como plataforma, pone a disposición de los desarrolladores patrones de diseño y controles gráficos que permiten la implementación de interfaces de usuario en poco tiempo.

3. Funcionamiento general de los juegos

Los juegos han sido concebidos como aplicaciones sencillas bajo un diseño que incluye varias capas de abstracción. Mientras que las herramientas incluidas en OpenCV se encargan de la captura, transformación y análisis de las imágenes, Qt apoya la creación de interfaces de usuario adecuadas. Este diseño permite, además de un desarrollo ágil, la posibilidad de intercambiar funcionalidades que se adapten a los entornos en que se exploten las aplicaciones y utilizar por ejemplo distintos algoritmos para el seguimiento del movimiento de los pacientes y su análisis posterior.



Figura 21. Ejemplos de actividades en ejercicios para pacientes con movilidad avanzada

Actualmente se tienen dos líneas fundamentales de juegos orientados a ejercicios que involucren el movimiento de las articulaciones superiores, unos dedicados a pacientes con movilidad avanzada y otros dedicados a la instauración del movimiento. En ambos casos se incluyen actividades cognitivas simples.

3.1. JUEGOS PARA PACIENTES CON MOVILIDAD AVANZADA

Pacientes en estado avanzado de su recuperación pueden realizar movimientos de las articulaciones superiores con mayor libertad y por ello requieren juegos donde la interacción sea más rica y variada. Si además se incorporan elementos cognitivos se influye sobre la recuperación integral y en la motivación al realizar los ejercicios.

En las aplicaciones implementadas como parte de esta investigación se han combinado los ejercicios físicos con actividades simples como relacionar imágenes de objetos con sus nombres, ordenar las letras que componen una palabra o tocar un objetivo en pantalla en un tiempo determinado (vea Figura 1).

Toda la interacción de estos juegos se maneja a partir de la detección de zonas de piel presentes en las imágenes que la cámara capta. La piel puede ser detectada con el empleo de algoritmos sencillos que clasifican los puntos según ciertas propiedades cromáticas [5].

Estos algoritmos son bastante eficaces en la mayoría de los casos y lo suficientemente rápidos como para ser usados en tiempo real. La única dificultad radica en la necesidad de un ambiente con iluminación aceptable y un fondo cuyo color no entorpezca el análisis (vea Figura 2).



Figura 22. Detección de piel en condiciones diferentes

3.2. JUEGOS PARA LA INSTAURACIÓN DEL MOVIMIENTO

En las primeras etapas de la rehabilitación, el movimiento de las articulaciones afectadas es nulo o casi nulo, por ello el primer reto de los especialistas es lograr que los pacientes realicen algún movimiento aunque sea pequeño. En estas fases se efectúan ejercicios ideo-motrices en los que los pacientes responden ante órdenes, por ejemplo, verbales y reciben cierta estimulación ante la aparición de movimiento. Un grupo de las aplicaciones desarrolladas tiene como objetivo incidir en esta parte inicial del tratamiento, específicamente en el trabajo con el hombro (vea Figura 3).

En estos juegos los pacientes se ven en pantalla y se les indica el tipo de movimiento a realizar. Se les da la orden y la aplicación recoge datos sobre si hubo movimiento, la amplitud y la cantidad de repeticiones del mismo realizadas. En particular se trabaja la flexión, abducción y aducción del hombro.

Toda la interacción es capturada con el empleo de marcadores simples hechos de papel con colores característicos que los propios pacientes o sus familiares pueden confeccionar, en contraposición a marcadores infrarrojos de costo considerable que se han utilizado en este tipo de tratamiento [6].

Una de las dificultades más notables que se debe tomar en consideración en el desarrollo de estas aplicaciones es la aparición de movimiento inercial o involuntario por parte de los pacientes en su afán por ejecutar la orden o por estar aquejados de enfermedades como la enfermedad de Parkinson.

4. Validación de los juegos

En la validación de los juegos se han tenido en cuenta diversos factores, como la eficiencia, eficacia, y satisfacción en las aplicaciones, según las medidas de control del estándar internacional ISO 9241-11, en cuanto a la usabilidad, y otras medidas propuestas por autores que aparecen en [7].



Figura 23. Ejemplos de ejercicios para la instauración de movimiento del hombro

Partiendo del análisis de los requerimientos, se diseñó un sistema de base de datos que recoge la información necesaria tanto para los terapeutas como para la evaluación final de las aplicaciones. Esta información incluye aspectos de los pacientes, como del área motora, visual, auditiva, comunicativa y psicológica, que pueden afectar la utilización de los juegos.

La fase de validación, a largo plazo, se lleva a cabo con diferentes grupos de pacientes con trastornos motores secuelas, a los que se les aplican encuestas para medir el nivel de satisfacción antes y después de su recuperación. Se tienen en cuenta las observaciones tanto de los pacientes como del terapeuta para mejorar las funcionalidades de los juegos.

Los resultados preliminares obtenidos durante la fase de prueba, permiten afirmar la factibilidad del procedimiento.

5. Conclusiones

Aplicaciones basadas en visión computacional con formato de juegos interactivos para la rehabilitación de pacientes con discapacidades motoras prometen ser una forma eficaz de contribuir a su reinserción social. Los juegos implementados se encuentran actualmente en fase de validación a largo plazo pero los resultados preliminares permiten afirmar la factibilidad del procedimiento. Para su desarrollo no se precisa de hardware de alto costo lo cual permite difundir esta tecnología solo a partir de distribución de software.

El empleo de técnicas más avanzadas de la visión por computador, como las de flujo óptico, permitirá mejorar y adaptar los juegos a entornos más generales. Es esta una de las líneas de investigación que desarrollamos actualmente.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el proyecto MAEC-AECID A/030033/10.

Referencias

- [1] Jaume-i-Capó A., J., Varona y F.J., Perales, "Representation of human postures for vision-based gesture recognition in real-time.", *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, Volume 5085, 2009, pp. 102-107
- [2] Jaume, A., J., Varona, M., González-Hidalgo y F.J., Perales, "Adding image constraints to inverse kinematics for human motion capture", *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, vol. 2010, (142354), 2010
- [3] Bradsky, G. y A., Haheler, *Learning OpenCV*, O'Reilly Media, Sebastopol, 2008
- [4] Blanchette, J. y M., Summerfield, *C++ GUI Programming with QT 4*, Second edition, Prentice Hall, New Jersey, 2008
- [5] Vezhnevets, V., V., Sazonov y A., Andreeva, "A survey on pixel-based skin color detection techniques", *Proc. Graphicon 2003*, 2003, pp. 85-92
- [6] Huiyu, Z. y H., Huosheng, "Human Motion Tracking for rehabilitation", *Biomedical Signal Processing and Control*, Volume 3, Issue 1, January 2008, pp. 1-18
- [7] Manresa, C. S., *Advanced and natural interaction system for motion-impaired users*, Tesis Doctoral, Universitat de les Illes Balears, 2009, <http://www.tesisenred.net/TDX-0923109-131624>
- [8] P. Rego, P.M. Moreira, and L.P. Reis. "Serious games for rehabilitation: A survey and a classification towards a taxonomy". In *Information Systems and Technologies (CISTI)*, 2010 5th Iberian Conference on, pp. 1–6, IEEE.

Estructura y Desarrollo de la Plataforma UVa-NTS: Interfaz Persona-Máquina para Rehabilitación y Evaluación en Lesionados Motores Severos

Albano Carrera González, Ramón de la Rosa Steinz, Alonso Alonso Alonso,
Alfonso Bahillo Martínez
Laboratorio de Electrónica y Bioingeniería (Grupo de Comunicaciones Ópticas)
Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones e Ingeniería Telemática.
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación, Universidad de Valladolid.
Campus Miguel Delibes, Paseo Belén, 15, 47011 Valladolid, España
albano.carrera@uva.es; ramros@tel.uva.es; alonso3@tel.uva.es; alfbah@tel.uva.es

Resumen

En este trabajo se presenta el desarrollo de una cabecera analógica de adquisición flexible para el uso en las interfaces de investigación aplicadas a la discapacidad, junto con la plataforma de tiempo real University of Valladolid Neuromuscular Training System (UVa-NTS) desarrollada en el grupo de investigación. Esta plataforma está diseñada para realizar tareas de rehabilitación y entrenamiento para personas con alguna discapacidad neuromotora, utilizando las herramientas software que incluye. Además, este sistema permite aplicaciones de control sobre sistemas adaptados a la discapacidad. Se realizaron pruebas para comprobar las bondades del equipo obteniendo respuestas satisfactorias. También se han realizado pruebas en pacientes con lesiones motoras severas y en sujetos de control utilizando la plataforma UVa-NTS demostrando su utilidad.

Abstract

This paper presents the development of a analog flexible acquisition header for use in applied research interfaces to disability, along with the University of Valladolid Neuromuscular Training System (UVa-NTS) real-time platform, developed in our research group. This platform is designed for rehabilitation and training by means of the included software tools. Thus, it is addressed to people with neuromotor disabilities. In addition, this system can interface with external devices adapted to the disability. Tests were put into practice to verify the benefits of the equipment achieving satisfactory results. Also the system has been tested with severe motor injury patients and control subjects, using the UVa-NTS platform.

1. Introducción

El trabajo del presente artículo se encuentra enmarcado dentro del campo de las tecnologías de rehabilitación, parte fundamental de la ingeniería de rehabilitación que, a su vez, puede definirse como subdivisión de la bioingeniería o como una parte de la ingeniería biomédica, [1]. Estas tecnologías tienen como principal objetivo mejorar la autonomía personal y la interacción social de las personas con algún tipo de discapacidad o dependientes de avanzada edad que requieren cuidados y atención de forma continuada. De esta manera, se han posicionado como una poderosa herramienta para mejorar la calidad de vida de colectivos en clara desventaja frente a los retos de la sociedad actual.

El laboratorio de electrónica y bioingeniería incluido dentro del grupo de investigación de Comunicaciones Ópticas de la Universidad de Valladolid está realizando, en la actualidad, investigaciones en diversas líneas asociadas a las tecnologías de rehabilitación, como la adquisición de señales biológicas, la estimulación mediante señales eléctricas o el control de dispositivos externos mediante reconocimiento facial o sistemas adaptados de diferente naturaleza. Además, se trabaja en la combinación de diferentes desarrollos, creando sistemas más complejos. En este ámbito, el grupo ha desarrollado un sistema propio para la adquisición de señales biomédicas que actúan como comandos de control en la parte software de la plataforma UVA-NTS. La necesidad de esta implementación se fundamenta en la importancia de disponer de un sistema abierto de desarrollo. De esta manera, el sistema de

adquisición puede ser adaptado fácilmente a las diferentes necesidades de cada una de las interfaces persona-máquina que se desarrollan en el grupo de investigación.

La línea en la cual se enmarca este trabajo es la correspondiente a la adquisición de señales bioeléctricas y biomecánicas que permiten obtener información del sistema nervioso y muscular. Con esta información y mediante sistemas de interacción persona-máquina, se pueden realizar diversas tareas: de entrenamiento para diferentes disfunciones, contribuyendo a la rehabilitación, control de dispositivos mediante la asociación de ordenes a acciones determinadas y, por último, mediante un posterior procesado y análisis de las señales adquiridas, pueden obtenerse datos objetivos acerca de la evolución de la lesión de un paciente. Esto último puede realizarse mediante la comparación de los resultados obtenidos con los de una base de datos elaborada a partir de las señales obtenidas en una población de sujetos de control.

Si se realiza una revisión de la literatura científica relacionada, pueden encontrarse trabajos en los que se desarrollan diseños de de captura y procesado de señales biomédicas. En el caso del trabajo de Li [2] se presenta un sistema de adquisición de señales EMG que se ha diseñado otorgando un alto nivel de importancia al rechazo del ruido. Por otro lado, [3] desarrolla un sistema integrado de adquisición de señales biomédicas, EMG, ECG, EEG (electroencefalograma) y de señales relacionadas con el proceso respiratorio. Este tipo de trabajos no suelen presentar información explícita sobre el hardware utilizado. El trabajo expuesto en [4]

sí recoge detalles sobre el circuito implementado para la adquisición.

En lo referente al procesado de las señales adquiridas existen trabajos como [5] donde mediante un procesado basado en la transformada wavelet se persigue detectar correctamente la temporización en la activación muscular, mientras que otros [6] realizan un procesado de la señal de EMG con el fin de eliminar las interferencias ocasionadas por el ECG. Existen también publicaciones recientes referentes al estudio de las señales, ya sean previamente adquiridas o en tiempo real y procesadas en las cuales aparecen trabajos con objetivos claramente diferenciados: interpretar la actividad muscular [7], la fatiga muscular producida [8], la fuerza realizada [9], la actividad muscular para diferentes deportes, como el ciclismo [10], o repeticiones de un ejercicio determinado [11] y evaluar los cambios que se producen en grupos musculares conforme avanza la edad, [12].

Adicionalmente a todas estas publicaciones, aparecen estudios donde se diseñan y crean sistemas que realizan aplicaciones concretas como el control de prótesis, ya sean virtuales o reales, [13], [14] y [15], control de robots [16] o brazos robóticos [17] e incluso, control de coches eléctricos [18]. Además, algunos sistemas de adquisición de señales bioeléctricas y biomecánicas son utilizados para mejorar las capacidades físicas de personas que sufren temblores patológicos [19], o en pacientes que sufren enfermedades como el parkinson [20].

La siguiente sección expone los objetivos que quieren conseguirse con la realización de este trabajo. La sección 3, estructurada en cuatro

subsecciones, muestra en detalle la arquitectura diseñada e implementada en el sistema, describiendo todos los bloques involucrados así como la plataforma software y sus aplicaciones. En el cuarto apartado se describen los resultados obtenidos tanto en las pruebas de funcionamiento de la cabecera de adquisición como en las pruebas realizadas en sujetos de control con el sistema completo. Para finalizar, la sección 5 presenta las conclusiones y algunas de las líneas de investigación abiertas con este trabajo.

2. Objetivos

Este trabajo presenta el desarrollo de un nuevo módulo de adquisición de señales bioeléctricas que incrementa las prestaciones de los prototipos previamente desarrollados [21] y su validación mediante la parte software de la plataforma de rehabilitación UVa-NTS [22], así como el funcionamiento de dicha plataforma.

Con este nuevo módulo se consiguen las siguientes mejoras:

- Mayor número de canales (8 frente a 2)
- Mayor número de configuraciones posibles en cuanto a ganancia y a la frecuencia de corte inferior (paso-alto).
- Se incrementa la frecuencia de corte superior (paso-bajo).
- Aumento de la frecuencia de muestreo para la adquisición en el conversor analógico-digital.

- Uso del puerto USB sustituyendo al antiguo puerto serie.

Además, se ha conseguido la necesaria integración previa del módulo en la plataforma UVa-NTS, consiguiendo una completa funcionalidad con las herramientas software de la misma.

Gracias al aumento de la flexibilidad del dispositivo se incrementa: a) el número de personas en las que se puede utilizar, añadiéndose por ejemplo, personas con bajas señales superficiales debido a un exceso de tejido adiposo, b) el número de señales bioeléctricas que pueden recogerse, biopotenciales tales como ECG, EMG e, incluso, EEG. Adicionalmente, debido a la mayor sensibilidad del nuevo equipo, c) pueden registrarse señales procedentes de músculos más profundos o con una menor calidad de señales EMG.

Actualmente, se están realizando estudios de los biopotenciales del organismo adquiridos para diferentes aplicaciones mediante la plataforma UVa-NTS. Estos estudios son especialmente importantes cuando se realizan en personas que sufren algún tipo de discapacidad motora, como pueden ser los lesionados medulares. Así pues, se están realizando pruebas de entrenamiento para la rehabilitación de sujetos con este tipo de patología en el Hospital Nacional de Parapléjicos de Toledo (HNPT). En virtud de los resultados obtenidos, se estudiará la viabilidad de la construcción de nuevos prototipos y sistemas que permitan realizar tareas más complejas como el control de robots, sistemas para la mejora de la autonomía personal o prótesis neurales para personas con amputaciones de alguna extremidad.

3. Arquitectura del sistema

La arquitectura diseñada para el prototipo de adquisición se muestra, simplificada, en el diagrama de bloques de la Figura 1. El diagrama se corresponde con la arquitectura construida para cada uno de los 8 canales diferenciales. Las etapas del sistema de adquisición se corresponden, fundamentalmente, con etapas de amplificación y filtrado. El último de los bloques presentados corresponde con la parte software de la plataforma UVa-NTS en la cual se realiza todo el procesado posterior a la adquisición. Además, en esta parte se encuentran integradas las diferentes herramientas y aplicaciones.

3.1. ARQUITECTURA HARDWARE

La parte hardware del sistema de adquisición se ha dividido en cuatro etapas: amplificador de instrumentación, filtro paso-alto, batería de filtros paso-bajo e interfaz con el sistema software, Figura 1.

El amplificador de instrumentación será la primera etapa del sistema y, por lo tanto, la que reciba la señal procedente de los electrodos. La función principal de este primer bloque del circuito será la de aportar una primera ganancia a la señal, rechazar el modo común presente en la entrada del circuito y conseguir una baja impedancia a su salida. Para este cometido, se ha

utilizado un diseño basado en el circuito integrado, INA114 [23] configurado para conseguir una ganancia teórica de 51 y un factor de rechazo al modo común, según las especificaciones, superior a 60 dB para todo el margen de frecuencias de interés. Además, para evitar los daños que pueden ocasionarse en la electrónica si se produce una descarga de electricidad estática, se han incluido unos supresores de transitorios, ESD (electrostatic discharge). Estos dispositivos son bidireccionales y limitan la tensión de entrada a valores de ± 15 voltios hasta un máximo de 500 vatios para picos de voltaje de corta duración.

La segunda etapa del sistema, el filtro paso-alto, está encargada de la supresión de la tensión de continua y las componentes de baja frecuencia a la salida del amplificador de instrumentación, a la vez que otorga una ganancia adicional a la señal de interés. Para este fin, se ha construido y diseñado un filtro paso-alto amplificador basado en amplificadores operacionales de tecnología FET de la serie TL08X de Texas Instruments, [24].

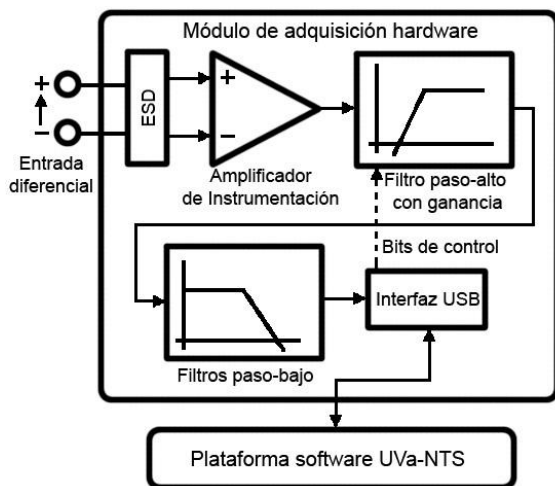


Figura 1. Diagrama de bloques del módulo de adquisición hardware y su conexión con la

parte software, conjuntamente denominado plataforma UVa-NTS.

Sobre esta configuración, se ha implementado una conmutación de componentes, para conseguir cambios tanto en la ganancia (desde 2350 hasta 100000) como en la frecuencia de corte (entre 0,016 y 31,83 hercios). De forma que el sistema se adapte de forma muy flexible a diferentes fisionomías de pacientes, así como a diferentes partes del cuerpo humano.

Como alimentación para estas dos primeras etapas se decidió utilizar ± 15 voltios. Con estos parámetros de alimentación se consigue un amplio rango dinámico para la señal de salida y para las señales que se originen de forma intermedia en estas dos etapas. Adicionalmente, se consiguen eliminar los problemas de inestabilidad y alto consumo, ocasionados por los largos periodos que permanecería el sistema en saturación si se utilizaran valores menores para este parámetro.

La tercera etapa realiza un filtrado paso-bajo con el fin de acondicionar la señal para su posterior conversión analógica a digital. Con este cometido se ha utilizado una batería de dos filtros colocados en cascada. El primero de ellos, un filtro pasivo RC en configuración lead-lag, tiene como propósito evitar el solapamiento frecuencial en el siguiente filtro, que al ser de capacidades conmutadas realiza un muestreo interno. Para ello se ha utilizado una frecuencia de corte a 3 dB en este filtro de 3 KHz, que se traduce teóricamente, en unas atenuaciones de -22,68 dB y -26,39 dB para 125 kHz y 250 kHz, respectivamente. El filtro de capacidades conmutadas, se ha construido utilizando el circuito integrado MAX7401, [25], que implementa un filtro paso-bajo de Bessel de

octavo orden y reduce al mínimo el número de componentes externos necesarios. La frecuencia de corte elegida para este filtro ha sido de 2,5 kHz debido a que, posteriormente, se utiliza una frecuencia de muestreo de 5 kHz y es necesario cumplir el teorema de Nyquist para evitar el solapamiento de componentes espectrales. Para conseguir un buen funcionamiento del filtro de capacidades conmutadas es necesaria una frecuencia de oscilación 100 veces mayor [25], fijada en 250 kHz. El muestreo a esta frecuencia ocasionaría solapamientos espectrales entre 247,5 kHz y 252,5 kHz, para las prestaciones elegidas del filtro, como se ha comprobado experimentalmente. Por ello ha sido necesario el uso del filtro RC pasivo descrito al principio de este párrafo.

El último bloque del sistema hardware, se corresponde con la interfaz entre la cabecera analógica y la plataforma UVa-NTS. Para este cometido se utilizó una tarjeta de adquisición comercial por puerto USB, concretamente la tarjeta USB1608FS de la compañía Measurement Computing, [26]. Este dispositivo se utiliza como pasarela, entre el hardware de adquisición y el software, para ocho canales, a una frecuencia de muestreo de 5 kHz; de aquí el valor de 2,5 kHz utilizado para la frecuencia de corte, para cada uno de ellos.

Este sistema presenta la flexibilidad adicional de poder configurar grupos de 4 canales por separado. Esta prestación se ha conseguido usando un circuito secuencial y una modificación en la programación de la tarjeta. Para la configuración de cada uno de los bloques de 4 canales, se emplearán grupos de seis bits, donde tres de ellos se utilizarán para la configuración de

la ganancia y los tres restantes para definir la frecuencia de corte elegida.

Al tratarse de un equipo médico, ha sido necesario incluir medidas de seguridad para evitar daños en el paciente/usuario cuando utilice el sistema. Para ello se han utilizado baterías o un alimentador con aislamiento con el fin de conseguir la alimentación de 5 voltios necesaria. Además, se han incluido unos convertidores DC-DC con aislamiento para conseguir las tensiones de alimentación a partir de la tensión de la fuente utilizada en cada caso. Adicionalmente, y para evitar posibles descargas procedentes del ordenador de procesamiento se ha incluido un cable con aislamiento óptico para la conexión con el mismo.

3.2. SOFTWARE

El último bloque de la Figura 1 se corresponde con la parte software de la plataforma, [27]. En este bloque será donde se realice el procesamiento necesario y se ejecuten todas las aplicaciones desarrolladas para tareas de entrenamiento y rehabilitación. Para ello deben implementarse las tareas de control de la comunicación con el módulo externo de adquisición, el preprocesado digital de la señal (uso de filtro paso-bajo y de ranura) y el reconocimiento en tiempo real del tipo y características de las señales neuromusculares. Además, debe realizar la presentación gráfica de las señales y su aplicación en las diferentes aplicaciones para el entrenamiento.

El software se ha desarrollado por medio de una arquitectura completamente modular y escalable. La Figura 2 muestra el diagrama de bloques utilizado. Para su implementación, se ha elegido el lenguaje de programación C++, aunque el módulo de procesamiento tiene su origen en el software matemático MATLAB, aprovechando sus utilidades de compilación que permiten hacer la traslación de sus funciones a lenguaje C. De esta manera, se ha implementado la librería ProcesMat.dll que permite realizar un procesamiento avanzado en tiempo real.

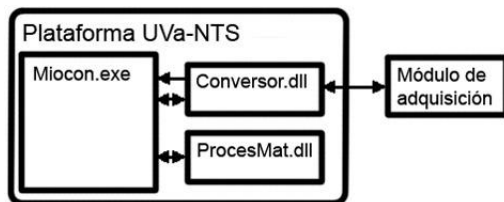


Figura 2. Diagrama de bloques de la plataforma UVa-NTS conectada al módulo de adquisición hardware externo.

Como se observa en la Figura 2 el bloque principal del software desarrollado esta constituido por el ejecutable Miocon.exe que genera el entorno de ventanas y contiene las herramientas de entrenamiento y visualización. El módulo Conversor.dll se utiliza como pasarela entre el bloque principal y el dispositivo de adquisición, permitiéndose el uso de diferentes interfaces de comunicación (serie, paralelo, tarjeta ISA o USB) e incorporando las funciones de configuración para los diferentes prototipos desarrollados. Con la incorporación de este modulo, se consigue independizar la parte principal de la plataforma de los detalles de bajo nivel propios de cada sistema de adquisición y acondicionamiento. La Figura 3 muestra el aspecto de la pantalla de configuración de la

comunicación y parámetros del módulo de adquisición descrito en la sección anterior. Como ya se ha indicado y puede verse, se permite la configuración de forma independiente para cada grupo de cuatro canales y, adicionalmente, se puede configurar el número de los canales que se utilizarán en el procesamiento.

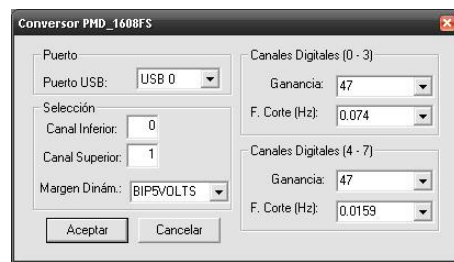


Figura 3. Cuadro de diálogo utilizado para el establecimiento y modificación de la configuración del modulo hardware.

3.3. HERRAMIENTAS DE ENTRENAMIENTO

Las herramientas desarrolladas para su uso mediante la plataforma pretenden facilitar, a través de una realimentación visual atractiva, las tareas de rehabilitación y entrenamiento necesarias para el usuario.

En la Figura 4 se recoge una captura de pantalla de la plataforma UVa-NTS en la que se muestran en funcionamiento todas las aplicaciones desarrolladas. La primera de ellas, en la parte superior izquierda de la figura, incluye un visualizador de las señales bioeléctricas tal y como se obtienen a partir del módulo de adquisición. La segunda aplicación, operativa tras la realización de una sencilla calibración posibilita la navegación de un puntero en un espacio bidimensional, Figura 4 parte superior derecha.

La calibración consiste en una primera toma de señal en estado de reposo y dos más realizando esfuerzos intensos con los músculos conectados a cada canal. Una vez calibrado, este espacio permite, adicionalmente, la definición de diferentes estados asignados a posiciones determinadas que se utilizarán para el control de la siguiente aplicación.

La tercera de las aplicaciones, abajo a la derecha de la Figura 4, constituye una representación tridimensional de un brazo que permite diferentes grados de libertad en sus movimientos: flexión y extensión del brazo, pronación y supinación de la muñeca y apertura y cierre de la mano. Como se ha indicado anteriormente, el control de estas acciones se realiza a partir del sistema de navegación por el espacio bidimensional y los estados definidos. Esta herramienta resultará especialmente útil en el caso que el paciente quiera familiarizarse o entrenarse en el manejo de una prótesis real, dado que el miembro artificial difiere en el control frente al miembro biológico.

La última aplicación, representada en la parte inferior izquierda de la Figura 4, es una versión del clásico juego del Pong, consistente en mantener una pelota en movimiento entre dos barras que se desplazan verticalmente en los laterales de la pantalla, [27]. Esta aplicación resulta de especial utilidad, ya que otorga, a través de las tasas de acierto y error, un baremo objetivo del control de los diferentes músculos que se pretenda estudiar. Además, si se realizan diferentes sesiones en el uso de la aplicación, se pueden medir de forma objetiva los progresos realizados para la recuperación tras una determinada lesión.

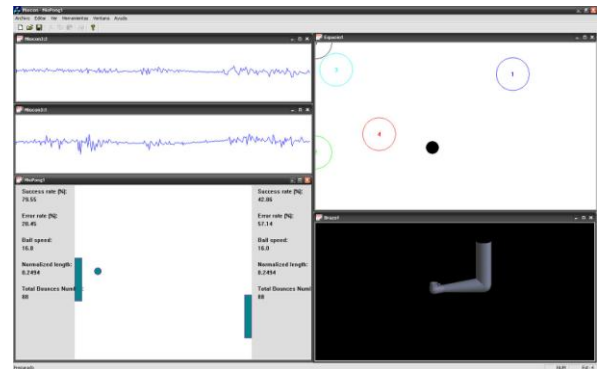


Figura 4. Herramientas de entrenamiento de la plataforma UVA-NTS funcionando de manera conjunta. Por orden de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha, visualización de señales, espacio de navegación bidimensional, versión del Pong y brazo virtual tridimensional.

3.4. ASPECTO FINAL

Se optó por implementar dos cajas independientes para albergar todo el sistema de adquisición. La Figura 5 muestra el aspecto final del sistema implementado. En ella aparecen las dos cajas del sistema de adquisición, la superior es el sistema de adquisición propiamente dicho, mientras que la inferior se corresponde con la interfaz USB. Esta independencia permite que el módulo de adquisición y acondicionamiento pueda utilizarse con otras interfaces de forma flexible y sencilla. Como puede apreciarse en la Figura 5, en la caja correspondiente al sistema de adquisición se han incluido unos dispositivos de visualización de la configuración elegida indicada por dos números, donde el primero de los dígitos hace referencia a la ganancia y el segundo a la frecuencia de corte. A la derecha de la figura se observa un miniordenador portátil utilizado para la realización de pruebas con la plataforma UVA-NTS.

4. Resultados obtenidos

Se realizaron pruebas de funcionamiento previas a los ensayos clínicos sobre una población de sujetos de control y de pacientes con lesión medular.



Figura 5. Fotografía del sistema final implementado.

4.1. PRUEBAS DEL SISTEMA

Como ya se ha indicado anteriormente, la función principal del sistema desarrollado es la adquisición de señales bioeléctricas y, especialmente, biopotenciales. Para comprobar las bondades del sistema, se han realizado pruebas en sujetos de control obteniéndose diferentes biopotenciales para ECG, representado en la Figura 6. Además, se presenta un registro EMG superficial del músculo flexor del carpo en el osciloscopio, a la salida del subsistema de adquisición, Figura 7.

La Figura 6 muestra un electrocardiograma obtenido con el equipo desarrollado con una ganancia total de 2350 y una frecuencia de corte paso-alto de 0,23 hercios. En la imagen puede comprobarse que las señales registradas simultáneamente en el osciloscopio y en el software de la plataforma UVa-NTS utilizada junto con el equipo de adquisición son significativamente parecidas, existiendo una correspondencia entre el registro analógico y el registro software tras la digitalización y el preprocesado. La importancia de esta comprobación, radica en la necesidad de garantizar que la señal analógica adquirida por la cabecera de amplificación no resulta modificada por el subsistema de muestreo y adquisición digital. Esta prueba es necesaria y habitual en cualquier desarrollo electrónico, que conlleve subsistemas analógicos seguidos de sistemas digitales, para verificar la integridad de la señal.

Por otro lado, la Figura 7 recoge una captura de la señal EMG durante la realización de un ejercicio de contracciones y relajaciones sucesivas del músculo flexor del carpo a la salida del subsistema de adquisición en un sujeto de control. Las actuaciones voluntarias del sujeto de pruebas consiguen reproducir las señales de EMG deseadas en intensidad y duración. Estas señales serán empleadas para generar, en este caso, los comandos de control del software de la plataforma.

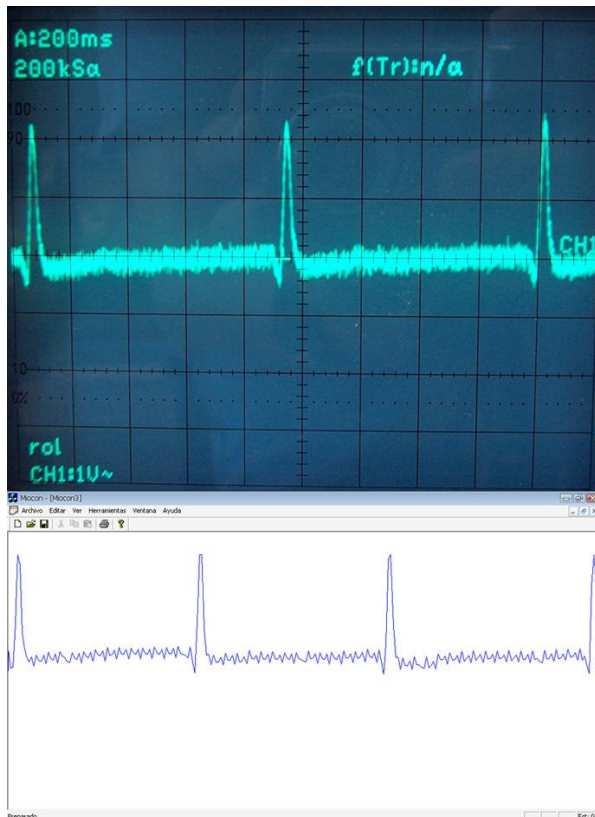


Figura 6. ECG obtenido con el sistema de adquisición. En la parte superior: captura de osciloscopio de la señal obtenida. La parte inferior: aspecto de la misma señal en la herramienta de visualización de señales.

La siguiente etapa consistió en probar el correcto funcionamiento e integración del módulo de adquisición con la plataforma software, comprobándose de forma satisfactoria el funcionamiento de todas y cada una de las aplicaciones explicadas en la sección 3. En estas pruebas se consiguió un completo control de las aplicaciones software gracias a la fidelidad demostrada tanto por el subsistema digital de la plataforma UVa-NTS como por el preprocesado software realizado a la señal de interés adquirida.

Una vez realizadas pruebas satisfactorias en sujetos de control, se utilizó el sistema completo

en pacientes con discapacidad motora, con objetivos tanto rehabilitadores como de ayuda diagnóstica del grado de discapacidad y progresión del tratamiento aplicado al paciente. Los sujetos escogidos para el estudio por los médicos especialistas fueron personas con lesiones medulares con un nivel de lesión motora C7 en el hospital (HNPT). Estas personas presentan tetraplejía parcial, con problemas de destreza en los miembros superiores. En estos ensayos clínicos, se diseñó un protocolo para este tipo de lesionados medulares con cierto grado de tetraplejía, utilizando todas las herramientas incorporadas en la plataforma software. Este tipo de pacientes genera unas señales mioeléctricas muy débiles debido a su patología. Es un caso especialmente complicado para la instrumentación que debe registrar dichas señales. Ha resultado satisfactorio comprobar que incluso en estos casos el sistema funciona correctamente.

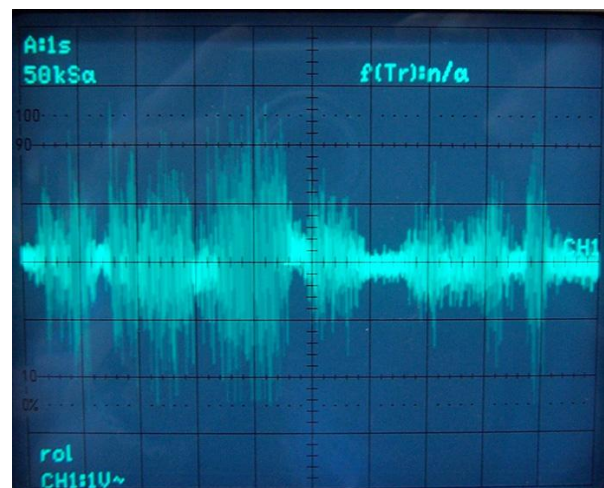


Figura 7. EMG del músculo flexor del carpo para diferentes niveles de esfuerzo y duración en un sujeto de control.

Con los resultados obtenidos de las pruebas realizadas con las herramientas de la plataforma UVa-NTS se puede conseguir un mayor conocimiento del alcance de la lesión del paciente. Además, con esta herramienta se pueden realizar estudios de otro tipo de parámetros, pudiéndose valorar la coordinación del lesionado con los músculos de interés o el control de la fuerza que puede llegar a ejercer.

5. Conclusión

A la vista de los resultados obtenidos, puede concluirse que el diseño implementado es muy adecuado para la aplicación médica del sistema y que mediante su uso se consiguen resultados satisfactorios en el registro y procesado de señales de los pacientes. Se han realizado pruebas tanto en sujetos de control como en lesionados medulares consiguiendo resultados útiles y novedosos en el seguimiento y rehabilitación de tetrapléjicos parciales.

El hecho de poder utilizar el sistema en personas con lesiones medulares severas demuestra que el equipo funciona con alto nivel de fiabilidad, ya que como se indicó anteriormente, son estas personas el sector de la población con señales más débiles a nivel nervioso en las zonas musculares de interés. Con estas pruebas se pueden obtener datos objetivos de interés diagnóstico sobre la severidad de la lesión en cada uno de los pacientes. Además el sistema es útil para ayudar a la rehabilitación del lesionado medular con el fin de conseguir mejorar su movilidad. Finalmente, la plataforma UVa-NTS

permite obtener un baremo objetivo acerca de los progresos conseguidos durante el periodo de entrenamiento y de su idoneidad para poder controlar prótesis mioeléctricas que les pudieran ser indicadas para su uso, como es el caso de los exoesqueletos de reciente desarrollo.

Se está trabajando actualmente en el desarrollo de nuevos sistemas basados en la plataforma UVa-NTS, de forma que se utilicen más canales que permitan realizar tareas más complejas. De esta manera, se pueden idear nuevas aplicaciones tanto a nivel software como hardware, creando dispositivos de propósito específico que realicen una determinada aplicación en función de unas señales bioeléctricas de control. Las aplicaciones software desarrolladas sirven de entrenamiento, facilitando de esta forma los ejercicios de rehabilitación. El sistema puede ser aplicado también como interfaz en pacientes con discapacidad motora severa, para realizar tareas complejas como el movimiento de una silla de ruedas, un robot o de cualquier aplicación domótica basada en la interacción y control del entorno, mejorando la calidad de vida de estas personas.

6. Referencias

- [1] M. Martínez Matheus y A. Ríos Rincón, "La Tecnología en rehabilitación: Una aproximación conceptual", *Revista Ciencias de la Salud*, 4 (2), 2006, pp. 98-108.
- [2] H. Li, S. Xu, P. Yang, y L. Chen, "A Research and Design on Surface EMG Amplifier", *2010 International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation*, 1, 2010, pp. 306-309.

- [3] N. Van Helleputte, J.M. Tomasik, W. Galjan, A. Mora-Sanchez, D. Schroeder, W.H. Krautschneider y R. Puers, "A flexible system-on-chip (SoC) for biomedical signal acquisition and processing", *Sensors and Actuators A: Physical*, 142 (1), *Special Issue: Eurosensors XX The 20th European conference on Solid-State Transducers-Eurosensors 2006, Eurosensors 20th Edition*, 2008, pp 361-368.
- [4] E. LaBarge, J. Fortunati, M. Sullivan, N. Bartels, R. Zhang, y Ying Sun, "Comparison between two control algorithms for EMG-based navigation", *Proceedings of the 2010 IEEE 36th Annual Northeast Bioengineering Conference*, 1, 2010, pp. 1-2.
- [5] G. Vannozzi, S. Conforto y T. D'Alessio, "Automatic detection of surface EMG activation timing using a wavelet transform based method", *Journal of electromyography and kinesiology*, 20 (4), 2010, pp. 767-772.
- [6] C. Kezi Selva Vijila y C. Ebbie Selva Kumar, "Cancellation of ECG in electromyogram using Back Propagation Network", *Proceedings of International Conference on Advances in recent technologies in communication and computing*, 1, 2009, pp. 630-634.
- [7] H. Ghasemzadeh, R. Jafari y B. Prabhakaran, "A body sensor network with electromyogram and inertial sensors: Multimodal interpretation of muscular activities", *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 14 (2), 2010, pp. 198-206.
- [8] A.R. Soylu y P. Arpinar-Avsar, "Detection of surface electromyography recording time interval without muscle fatigue effect for biceps brachii muscle during maximum voluntary contraction", *Journal of electromyography and kinesiology*, 20 (4), 2010, pp. 773-776.
- [9] D. Staudenmann, I. Kingma, A. Daffertshofer, D. Stegeman, y J. van Dieën, "Heterogeneity of muscle activation in relation to force direction: a multi-channel surface electromyography study on the triceps surae muscle", *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 19(5), 2009, pp. 882-895.
- [10] A. Chapman, B. Vicenzino, P. Blanch, J. Knox, y P. Hodges, "Intramuscular fine-wire electromyography during cycling: Repeatability, normalisation and a comparison to surface electromyography", *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 20 (1), 2010, pp. 108-117.
- [11] G. Shin y C. D'Souza, "EMG activity of low back extensor muscles during cyclic flexion/extension", *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 20 (4), 2010, pp. 742-749.
- [12] H. Takada, T. Shiozawa, M. Takada, S. Iwase, y M. Miyao, "Evaluating indices of age-related muscle performance by using surface electromyography", *Proceedings of the 31st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 1, 2009, pp 6271-6275.
- [13] G. Li, E.A. Schultz y T.A. Kuiken, "Quantifying pattern recognition - based myoelectric control of multifunctional transradial prostheses", *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 18 (2), 2010, pp. 185-192.
- [14] A. Lin, X. Zhang, H. Huang y Q. Yang, "Design and implementation of an embedded system for neural-controlled artificial legs", *2010 IEEE Workshop on Health Care Management*, 1, 2010, pp. 1-6.
- [15] J.L. Pons, R. Ceres, L. Calderón y J.C. Moreno, "La robótica en la discapacidad. Desarrollo de la prótesis diestra de extremidad inferior manus-hand", *Revista Iberoamericana de automática e informática industrial*, 5 (2), 2008, pp. 60-68.
- [16] A. Ferreira, W.C. Celeste, T.F. Bastos Filho, M. Sarcinelli Filho, F.A. Auat Cheein y R. Carelli, "Desarrollo de Interfaces para Personas con Discapacidad Basadas en Señales EMG y EEG", *Actas del II Congreso Internacional sobre Domótica, Robótica y Teleasistencia para Todos*, 1, 2007, pp. 19-28.
- [17] P.K. Artemiadis y K.J. Kyriakopoulos, "An EMG-Based robot control scheme robust to time-varying EMG signal features", *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 14 (3), 2010, pp. 582-588.
- [18] S. Aso, A. Sasaki, H. Hashimoto y C. Ishii, "Driving Electric Car by Using EMG Interface", *Proceedings of the 2006 IEEE Conference on Cybernetics and Intelligent Systems*, 1, 2006, pp. 1-5.
- [19] E. Roco, A.F. Ruíz, J.M. Belda-Lois, J.C. Moreno, J.L. Pons, R. Raya y R. Ceres, "Diseño, desarrollo y validación de dispositivo robótico para la supresión del temblor patológico", *Revista Iberoamericana de automática e informática industrial*, 5 (2), 2008, pp. 79-92.
- [20] A. Hossen, M. Muthuraman, J. Rathjen, G. Deuschl y U. Heute, "Discrimination of Parkinsonian tremor from essential tremor by implementation of a wavelet-based soft-decision technique on EMG and accelerometer signals", *Biomedical Signal Processing and Control*, 5 (3), 2010, pp. 181-188.

[21] R. de la Rosa, *Real Time Signal Conditioning and Processing of Biologic Signals*, Ed. ProQuest Information and Learning, Estados Unidos, 2006.

[22] R. de la Rosa, S. de la Rosa, A. Alonso y L. del Val, "The UVa-neuromuscular Training System Platform", *Lecture Notes in Computer Science*, 2 (5518), 2009, pp. 863-869.

[23] Burr-Brown Corporation. "INA 114 Precision Instrumentation Amplifier: Datasheet", 1999.

[24] Texas Instruments Inc, "TL081, TL082, TL084 JFET-Input Operational Amplifiers: Datasheet", 1999.

[25] Maxim Integrated Products, "MAX7401/MAX7405 8th order, Lowpass, Bessel, Switched-Capacitor filters: Datasheet", 1999.

[26] Measurement Computing Corporation, "Specifications USB-1608FS", 2006.

[27] R. de la Rosa, A. Alonso, S. de la Rosa y D. Abasolo, "Myo-Pong: A neuromuscular game for the UVa-Neuromuscular Training System platform", *Virtual Rehabilitation 2008*, 1, 2008, p. 61.

El oído y la voz del Hogar Digital

Fernando Martín de Pablos

Ingeniero Técnico de Telecomunicación.

Máster Universitario en Hogar Digital, Infraestructuras y Servicios

Director Técnico de Integra Hogar Digital

fmartindp@integrahogardigital.net

Resumen

Antes de diseñar una instalación, e independientemente del sistema de control domótico y de la tecnología de reconocimiento y síntesis de voz a utilizar, se hace necesario el estudio y la catalogación de las condiciones de uso, las necesidades concretas de los usuarios y de los dispositivos de captura y reproducción de sonido a utilizar. Una eficaz implementación del sistema, seleccionando la tecnología más adecuada en cada caso mejora considerablemente la experiencia del usuario y la efectividad del sistema. En este artículo, de una forma divulgativa, evitando en la medida de lo posible explicaciones muy técnicas, se examinan las tipologías de captura y reproducción del sonido que se integran con las tecnologías del Hogar Digital. Se analizan también sus ventajas e inconvenientes en función de las necesidades e impedimentos de los diferentes tipos de usuario y se incluyen recomendaciones de uso y soluciones concretas para cada caso.

Abstract

Before designing an installation and regardless of the Digital Home control or voice recognition and synthesis technique used, it is necessary to study and catalog the terms of use, the specific needs of users and capture and playback sound devices to use. An effective implementation of the system, selecting the most appropriate technology in each case significantly improves user experience and efficiency of the system. In this article, in an informative way, avoiding as far as possible, highly technical explanations, the capture and reproduction typologies integrated with Digital Home technologies are discussed. It also analyzes the advantages and drawbacks in terms of the needs and impediments of different kinds of users and includes guidelines, and specific solutions in each case.

1. Introducción

El Hogar Digital es ya una realidad. El nuevo reglamento Infraestructuras Comunes de Telecomunicación (ICT) cataloga los Hogares Digitales en tres niveles, basándose en los servicios y sistemas que estos incluyen. Uno de estos servicios es el control por voz. Prácticamente todas las tecnologías existentes para el control del hogar cuentan ya con una o varias opciones comerciales para el control por voz. Los primeros sistemas desarrollados realizaban el reconocimiento de un conjunto limitado de comandos de voz. Estos sistemas son una opción válida que permite a los grandes discapacitados el control de iluminación, motores de camas y apertura de puertas, y están presentes en el mercado mucho antes de la aparición del concepto de Hogar Digital. Posteriormente se han desarrollado sistemas de interacción hombre-máquina en lenguaje natural, con una capacidad de reconocimiento del habla muy sofisticada y síntesis de voz muy cercana al habla natural. Independientemente del sistema usado y su capacidad para el reconocimiento y la síntesis de voz, el control por voz se integra en la mayoría de los casos dentro de un sistema multimodal que añade un “modo” o interfaz más para la interacción entre el usuario y el Hogar Digital. Debido a la naturaleza del proceso de comunicación oral, e independientemente del sistema a utilizar, es necesario el uso, de un sistema de captación, y de un sistema de emisión del sonido. Simplificando al máximo estos dispositivos se puede decir que la captación se realiza mediante micrófonos y la emisión mediante altavoces. Cada uno llevará asociado una serie de componentes electrónicos que

permitirán su funcionamiento y la correcta gestión del sonido. En esta parte del sistema, la más expuesta y la que el usuario conoce y con la que realmente interactúa es donde se centra este trabajo, valorando tanto los aspectos de usabilidad como los técnicos y desde puntos de vista diferentes en función del tipo de usuario.

En un uso cotidiano de sistemas multimodales, para los usuarios, el uso de un interfaz de control u otro, en la mayoría de los casos se realiza de forma no consciente atendiendo a la sencillez y la comodidad que aporta dicha interacción.

En el caso de personas discapacitadas prima igualmente la comodidad y la sencillez de uso aunque no siempre resulta posible utilizar distintos interfaces. Por tanto no son aplicables los mismos criterios que para el resto de personas con mayores posibilidades en el control multimodal. Identificar las situaciones y los lugares favorables o desfavorables para el uso del interfaz de control adecuado debe ser una tarea previa al diseño del sistema y ha de ser estudiada atendiendo a sus usuarios, sus condicionantes y sus preferencias de uso, contemplando también sus hábitos y la tipología de la vivienda donde residen. La mayoría de las consideraciones y recomendaciones de uso del control por voz expuestas en este artículo son extensivas a los lugares de trabajo de tipo oficina. Para otros casos es necesario un estudio pormenorizado de las condiciones acústicas del entorno.

2. Sistemas fijos

Tanto los sistemas de captación como los sistemas de emisión pueden dividirse en dos grupos: fijos y portátiles. Los sistemas fijos son aquellos que se encuentran instalados de forma permanente en lugares determinados de la vivienda. Estos dispositivos, en un principio, atendiendo a su alimentación, podrán ser autónomos o cableados. La primera opción, la de un sistema fijo y autónomo no tiene sentido práctico debido al elevado consumo eléctrico de estos dispositivos en comparación con otros sistemas sensores utilizados en el hogar (por ejemplo, detectores de humo o de movimiento).

Centrándonos en la opción cableada, aparecen dos tipologías, la primera, indicada en la figura 1, con un cableado dedicado, donde cada par de dispositivos captador-emisor, emparejados por estancias, está conectado a la unidad central del sistema mediante dos cables dedicados. Cada cable interconecta la central con el elemento captador por un lado, y con cada dispositivo emisor por otro. La unidad central debe disponer de tantas entradas de audio como dispositivos captadores y tantas salidas de audio como dispositivos emisores.

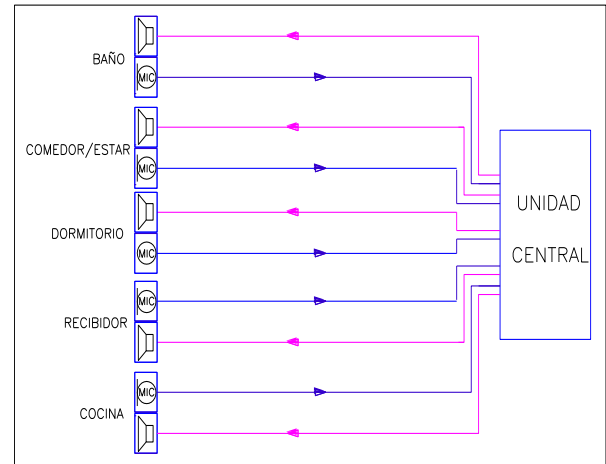


Figura 1. Sistema fijo con cableado dedicado

Por otro lado, en la tipología indicada en la figura 2, la conexión se realiza mediante una red LAN cableada (Local Area Network). En este tipo de conexión pueden usarse dispositivos de encaminamiento (o enrutamiento) de red para concentrar los cableados sobre ellos. En la figura 2 se ha utilizado un switch que conecta a sus puertos todos los cables ethernet de las diferentes estancias. A través de otro puerto de este switch se conecta la unidad central. En cada estancia existe un adaptador de BUS (ADB) al que se conectan el emisor y el captador.

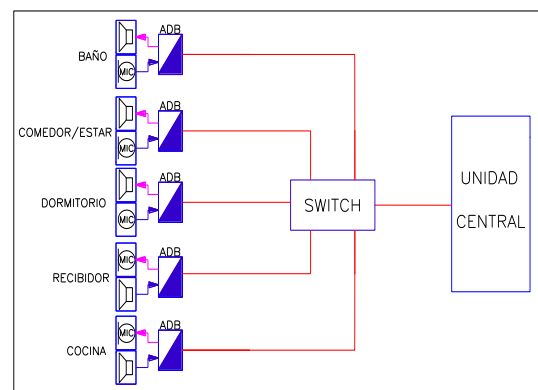


Figura 2. Sistema fijo con red LAN

Según se indica en la figura 3, el ADB es el encargado de realizar la conversión analógico-digital en sentido emisor-unidad central y la conversión digital-analógica en el sentido central-emisor. Este dispositivo integra una unidad de procesamiento (CPU) que controla su funcionamiento y lo dota de cierta capacidad de pre-procesamiento del audio procedente del captador. Dispone también de un adaptador para red cableada o para conexión inalámbrica. Si se usa la conexión inalámbrica la unidad central deberá disponer igualmente de un adaptador inalámbrico.

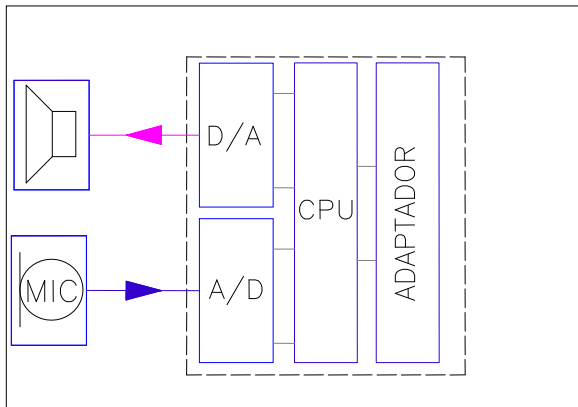


Figura 3. Esquema del Adaptador de Bus

Si se realizan todas las conexiones de forma inalámbrica no es necesario el uso de cableado entre estancias y la unidad central. Esta variación en la tipología conocida como WiFi (Wide Fidelity) se indica en a figura 4.

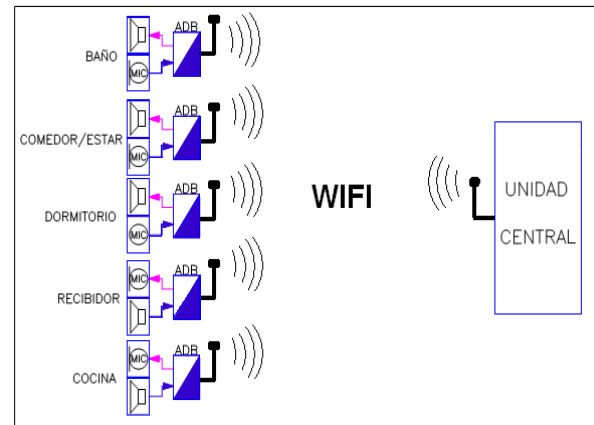


Figura 4. Sistema fijo con red WIFI

Dada la versatilidad y la fácil integración entre las conexiones de red LAN y WiFi se puede realizar una instalación mixta donde la conexión de ciertas estancias puede ser cableada, y en otras estancias, por dificultad en el tendido de los cables, o simplemente por estética, se puede realizar su conexión de forma inalámbrica. A esta tipología la denominamos Fija Mixta.

3. Sistemas portátiles

Los sistemas portátiles son aquellos que el usuario transporta consigo fácilmente. Su rango de funcionamiento cubre todas las estancias de la vivienda y parte del exterior de esta. Normalmente son soluciones que integran la emisión y la captación, es decir, disponen de micrófono y de altavoz en el mismo dispositivo. Atendiendo al modo de activación cuando el usuario habla al sistema se pueden dividir en dos tipos:

- **Sistemas automáticos.**
- **Sistemas con PTT (Push To Talk).**

Los sistemas automáticos se activan cuando el nivel sonoro captado supera un umbral determinado. Este umbral se puede preajustar en función del nivel ambiente o del nivel de voz del hablante. Normalmente los dispositivos cuentan con sistemas de reducción de ruido y control automático de ganancia para mejorar la relación señal ruido en la captación. Dentro de este grupo se pueden incluir los micrófonos-auriculares portátiles y los teléfonos móviles de última generación. Son sistemas full-duplex, que permiten la comunicación en ambos sentidos de forma simultánea.

Los dispositivos con PTT son los que conocemos normalmente como Walkie-Talkies. Son sistemas semi-duplex donde el usuario presiona un botón para hablar y transmitir y suelta el botón para oír y recibir.

Estos dispositivos inalámbricos utilizan diferentes tecnologías para su conexión inalámbrica. Desde DECT o Bluetooth para micrófonos-auriculares portátiles a WIFI en los teléfonos móviles. Los Walkie-Talkies utilizan la banda de frecuencia de uso libre en FM conocida como PMR 446 donde existen 8 canales de radio. Este sistema de uso libre permite discriminar conversaciones de otros usuarios en el mismo canal de radio mediante el uso de la tecnología de subtonos. Estos subtonos sirven de código de apertura de la comunicación. Este código debe estar en concordancia en ambos dispositivos que para que la comunicación pueda realizarse.

4. Ventajas e inconvenientes

Haciendo un resumen de los sistemas analizados hasta ahora se tiene:

- **Fijo Cableado:** dedicado o red LAN
- **Fijo Inalámbrico:** red WiFi

- **Fija Mixta:** red LAN-WiFi
- **Portátil Automático.**
- **Portátil con PTT.**

En general, el mayor problema del control por voz radica en la interpretación de las órdenes de control. El sistema de reconocimiento de voz discrimina las órdenes, es decir, la voz del usuario, de otros sonidos superpuestos que dificultan su reconocimiento. Esta experiencia es de sobra conocida por todos si recordamos alguna comunicación telefónica con una persona que se encuentra en un lugar con mucho ruido de fondo. La solución para mejorar la inteligibilidad es reducir de alguna forma el ruido de fondo, saliendo fuera de ese restaurante tan ruidoso, o elevando el tono de voz para que este predomine sobre el ruido de fondo.

Otro efecto que experimentamos en ocasiones es cuando alguien habla lejos del teléfono en modo manos libres. Cuando el hablante se aleja del teléfono o mira hacia otro lado el sonido recibido es mucho más débil. Por el contrario, cuanto más cerca está del teléfono, mejor se escucha.. Con estos dos ejemplos nos hemos puesto en el lugar del sistema de captación de voz. Mediante nuestra experiencia personal se puede entender, sin entrar en justificaciones técnicas, que cuánto más nivel de voz y menos ruido, y cuánto más cerca se hable al captador, mucho más fácil será su entendimiento.

4.1. PROS Y CONTRAS DE LOS DISPOSITIVOS PORTÁTILES

Atendiendo a las dos consideraciones anteriores donde “más alto y más cerca” es la premisa a cumplir, la mejor opción para una captación más eficaz son los sistemas portátiles. Estos sistemas están siempre cerca del usuario y la relación señal útil frente a ruido de fondo es excelente. Dentro de los sistemas portátiles, los que utilizan el PTT son preferibles a los automáticos. Tienen

como ventaja respecto a los automáticos el ahorro de baterías, al no ser necesario el funcionamiento en modo de “escucha” permanente. Otra ventaja de los sistemas con PTT es que evitan activaciones accidentales del sistema por falsas órdenes. En este caso la llamada de atención, o activación del sistema no necesita una palabra clave de llamada, previa a las órdenes de control. Esto hace que la interacción sea mucho más rápida y cómoda. El mayor inconveniente de estos sistemas PTT es la necesidad de mantener pulsado un botón mientras se habla. Para personas con discapacidades físicas debe valorarse la posibilidad de uso, y si es posible, adaptar el botón de PTT a las condiciones de movilidad del usuario. Para estas modificaciones existen varios tipos de soluciones que pueden adoptarse de una tecnología existente y muy probada, la de las radiocomunicaciones portátiles o walkie-talkies.

En general, para todos los dispositivos portátiles, con PTT o automáticos, su mayor inconveniente a nivel técnico es la necesidad de recarga periódica de sus baterías. Deben tener una autonomía de uso al menos de una jornada y mantenerse en funcionamiento durante su recarga. Por la noche, el usuario puede conectar el dispositivo a su cargador instalado en el dormitorio, y en caso necesario, seguir haciendo uso de él. El inconveniente, a nivel de usabilidad, que encuentran personas no discapacitadas e invidentes de los dispositivos portátiles es la necesidad de mantener la atención sobre un dispositivo que tiene que llevarse consigo en el hogar. En bastantes ocasiones suelen encontrar mucho más efectivo actuar directamente sobre el pulsador situado en la pared, para el encendido de la iluminación o el control de un automatismo, que localizar el dispositivo

captador extraviado en la vivienda. En el caso de discapacitados con silla de ruedas se evita este problema integrando el dispositivo portátil con la silla por medio de un adaptador específico. Algunos modelos de sillas de ruedas eléctricas se pueden integrar con teléfonos móviles de última generación. Normalmente este tipo de sillas, además de la integración con el móvil, cuentan con uno o varios puertos USB que proporcionan alimentación de 5V DC. De esta forma se permite la carga de otros dispositivos adicionales, pudiendo ser uno de estos dispositivos el captador de voz. Para minusválidos que hacen uso de silla de ruedas eléctrica, sin duda sería la mejor opción pues se evitaría la limitación de autonomía de uso, al estar el dispositivo siempre conectado a las baterías de la silla y se beneficiaría de la buena relación señal ruido de los sistemas portátiles.

Un inconveniente de los sistemas con PTT, si se usan canales de frecuencia libre (PMR 446), puede ser el uso compartido del canal de radio. Puntualmente es posible que no se pueda realizar una correcta transmisión o recepción por existir varios usuarios en el mismo canal intentando transmitir simultáneamente. Como solución se recomienda escanear previamente, sin el uso de subtonos, los diferentes canales de radio disponibles hasta encontrar el de menor ocupación.

4.2. PROS Y CONTRAS DE LOS SISTEMAS FIJOS

Contemplándolo desde una perspectiva técnica, la mejor opción dentro de los sistemas fijos es el sistema cableado. La elección de un sistema dedicado o de una red LAN dependerá del sistema de control elegido. La ventaja de la red LAN respecto al cableado dedicado es el ahorro económico por un menor cableado en el interior de la vivienda. Las redes ethernet soportan el tráfico simultáneo de múltiples servicios donde el control por voz puede ser una aplicación integrada con otros servicios tipo IP (Internet Protocol) dentro de la vivienda. La desventaja de los sistemas fijos en general la encontramos en el tendido de su cableado. Resulta costoso y complicado realizar obras para la canalización del cableado por el interior de la vivienda cuando esta ya se encuentra construida. Lógicamente, la instalación cableada es idónea en viviendas de nueva construcción. El nuevo reglamento de ICT contempla la instalación de una red LAN dentro de las viviendas. Su topología es en estrella desde el Punto de Acceso a Usuario (PAU), situado en la entrada de la vivienda, donde se instala el hardware del sistema de control, hasta la toma de red de cada una de las estancias. Esta instalación cableada es más robusta frente a interferencias electromagnéticas que los sistemas inalámbricos.

Los sistemas fijos inalámbricos comparten su canal de transmisión (el aire) con otros usuarios de viviendas colindantes. El efecto no deseado cuando se comparte el canal de transmisión es la ralentización de las comunicaciones y en ocasiones el bloqueo de estas. En estos casos es necesario cambiar el canal de radio de la conexión WIFI utilizada para que no coincida ni se solape con los más cercanos. La ventaja de los sistemas fijos inalámbricos respecto a los cableados es su facilidad de instalación. Únicamente se hace necesario conectarlos a la red eléctrica para su alimentación en la estancia que se quiera dotar de control por voz.

Las instalaciones mixtas fijas con estancias con conexión cableada y estancias con conexión inalámbrica pueden ser la mejor opción en muchos casos para aprovechar las ventajas de cada sistema y evitar sus inconvenientes. Una correcta valoración ahorra costes de instalación y mejora su eficacia.

5. Colocación de los elementos captadores.

Dentro de una vivienda hay muchos elementos generadores de sonido no deseados en el control por voz. Según lo ya analizado en puntos anteriores los sistemas portátiles son más efectivos debido a su mejor relación señal-ruido que los sistemas fijos. Además los sistemas portátiles permiten que el usuario pueda alejarse de la fuente de ruido interferente en el momento de dar las órdenes. Todas las consideraciones que se indican a continuación en este punto se deben tener en cuenta en mayor medida con los sistemas de captación fijos que con los portátiles. La elección adecuada de la posición de los sistemas captadores en cada estancia requiere conocer a priori qué uso se le va a dar a dicha estancia, los usuarios que van a utilizarla, su mobiliario, los aparatos generadores de sonido instalados y a qué niveles sonoros lo van a generar.

De forma genérica, dentro de una vivienda se identifican las siguientes fuentes de ruido no deseado para el control por voz:

Dispositivos emisores de sonido: televisiones, radios, equipos HIFI, Home Cinemas, altavoces para reproductores portátiles, etc.

Animales domésticos: perros, pájaros, etc.

Electrodomésticos: lavadoras, lavavajillas, secadoras, microondas, extractores de humos, secadores de pelo, etc.

Ruidos exteriores: tráfico rodado, gentío, fenómenos meteorológicos, ruidos en viviendas colindantes.

Conversaciones de otras personas dentro de la vivienda.

El mobiliario proporciona ciertas orientaciones espaciales predominantes en las estancias de una vivienda fijando una serie de posiciones determinadas de uso. Teniendo esto en consideración y tratando de mejorar la relación señal ruido, que tiene una relación directa con la distancia entre el usuario y el elemento captador del sistema de control por voz, se pueden establecer unas recomendaciones genéricas de colocación de los sistemas captadores y emisores para los sistemas fijos. Diferenciando por estancias típicas de las viviendas se indican a continuación, y únicamente a modo recomendatorio, las posibles ubicaciones de los dispositivos para un funcionamiento adecuado y un mínimo impacto visual. En el trabajo de ingeniería previo al diseño del sistema deberán estudiarse en detalle cada una de las estancias según el uso al que se vayan a destinar. Como trabajo futuro se plantea una instalación en un entorno real de uso de los dispositivos de captación, tanto en las ubicaciones

recomendadas a continuación, por ser las que a priori realizarán una mejor captación, como en otras ubicaciones menos idóneas respecto al reconocimiento óptimo pero con otras ventajas respecto a la instalación y montaje (en registros de toma en pared, por ejemplo). Se deberá realizar la instalación en cada estancia de una vivienda típica. Posteriormente todos los datos capturados deberán ser procesados por varios sistemas de reconocimiento de voz.

Salón: Si la estancia cuenta con sistemas de reproducción de audio y video, el mejor lugar para instalar los dispositivos de captura será, o bien en la pared hacia donde miran los espectadores cuando ven la televisión, aproximadamente a la misma altura que las cabezas de las personas estando sentadas, o bien en el techo justo encima de la posición central del sofá o sillones donde se acomodan los espectadores. La elección de una ubicación u otra dependen del tamaño de la estancia. Si la estancia es grande y el espectador está a menos de 3 metros de la pared frontal la opción del captador en la pared es la ideal. Para distancias mayores entre espectador y pared la opción del captador en el techo es más recomendable.

Comedor: Si la estancia no dispone de sistemas de audio-video, una instalación en techo situada cerca del sistema de iluminación de la mesa es lo recomendable. Si dispone de sistemas de audio y video se tendrán en cuenta las consideraciones indicadas en la estancia Salón.

Cocina: Es el lugar más crítico por disponer de una gran variedad de electrodomésticos que generan ruido no deseado. Una instalación en el techo, centrada, para dar una cobertura lo más

equilibrada posible a toda la estancia es la mejor solución.

Baño: La resonancia de los baños suele dar problemas de inteligibilidad, sobre todo si sus dimensiones son grandes. En algunos casos se evita la instalación de sistemas captadores en estas estancias. En caso de realizarse se puede instalar encima del lavabo en uno de los laterales del espejo.

Pasillo: Si su longitud es menor de 4 metros es suficiente con un captador situado en el techo a la mitad de su longitud. Si superan los 4 metros de longitud o están constituidos por varios tramos será necesario instalar al menos un elemento captador por cada tramo.

Dormitorio: Una instalación del sistema captador en el techo, lo más centrada posible, es suficiente para cubrir toda la habitación.

Despacho: Respecto a la posición de la mesa de trabajo, una instalación en la pared hacia la que mira el usuario una vez que se encuentra sentado en la silla de trabajo, es la mejor opción. Como opción genérica la instalación en techo es también válida.

En resumen, la instalación en el techo, cerca de los puntos de luz es una primera aproximación bastante buena ya que la distancia al techo es un valor constante e independiente los cambios de mobiliario y por tanto de la orientación. Cuando se instalan en pared, la altura debe evaluarse en función de sus usuarios y de la posición que más tiempo van a adoptar en esa estancia.

El efecto conocido por todos cuando se habla en una habitación vacía donde hay mucha reverberación es el peor caso para el

reconocimiento de voz. La introducción del mobiliario en la estancia va reduciendo este efecto. Las alfombras, moquetas, cortinas, sofás y sillones además de proporcionar un valor estético y de confort, absorben una buena parte del sonido reverberante proporcionando acondicionamiento acústico gratuito y permitiendo una audición más confortable a sus habitantes y una mejora en la captación de la voz. Para estancias grandes con gran resonancia puede ser necesario introducir elementos de acondicionamiento acústico para reducir los tiempos de reverberación y mejorar su acústica. Existen en el mercado gran cantidad de productos para el acondicionamiento acústico con un gran valor estético que pueden realizar estas funciones sin afear las estancias. Como futuro trabajo, en complemento al indicado anteriormente, pueden compararse diferentes tipos de micrófonos o configuraciones de estos en función de la estancia y sus características.

6. Colocación de los elementos emisores

En los sistemas fijos, la solución adoptada debe ser diferente para cada estancia. Los niveles sonoros mínimos y máximos de los emisores deben fijarse en función de los niveles de ruido presentes de forma cotidiana en dichas estancias. El usuario puede variar los volúmenes de los emisores dentro de ese rango predefinido para adecuarlos a cada momento de uso. Igualmente estos sistemas deben contar con un sistema de desconexión, indicado mediante algún tipo de señalización luminosa que indique si se

encuentra conectado o apagado. Estas iluminaciones pueden ser útiles igualmente para dar una realimentación óptica de la respuesta correcta del sistema ante las órdenes de control. Su funcionamiento es similar a la forma de comunicamos entre nosotros. El sistema primero va a escuchar al usuario y posteriormente va a responder, por ejemplo, para confirmar la ejecución de una orden, o para presentarle opciones tras una orden no concreta. Como la interacción se realiza emulando nuestro uso cotidiano del habla, los elementos emisores deben regularse a un volumen similar al de la voz humana. Los altavoces deben tener una calidad suficiente para que la voz no suene robótica sino natural y creíble.

En general la ubicación de los elementos emisores debe estar asociada y ser similar a la ubicación de los elementos captadores. Si el captador se sitúa en el techo su emisor asociado podrá ir igualmente en el techo. Lo mismo ocurrirá con la instalación en pared. De esta forma el usuario percibe un único elemento de control por voz y tiene un menor impacto visual.

7. Situaciones críticas

Los momentos más críticos son aquellos asociados a un gran nivel de ruido no deseado o a la presencia de más voces que la del usuario que trata de dar las órdenes de control.

Ante estos casos el propio usuario debe ser consciente de las limitaciones del sistema y debe actuar sobre la fuente de ruido siempre que sea

posible. Algunas de las acciones cotidianas que más fácilmente se pueden realizar son:

Cerrar las ventanas en presencia de ruido exterior.

Reducir el nivel sonoro de la televisión o de los equipos de sonido.

Indicar a otras personas presentes que va a realizar un control por voz y necesita un momento de silencio.

8. Conclusiones

El control por voz puede ser un complemento muy vistoso que aporta comodidad en el control del Hogar Digital para personas sin minusvalías, o puede ser la aplicación fundamental que mejora la calidad de vida de una persona con limitaciones físicas. La elección del sistema a utilizar va a depender de las circunstancias particulares en cada caso.

A nivel técnico, son más eficientes los sistemas portátiles, muy recomendables para personas en sillas de ruedas. Los sistemas fijos, con más inconvenientes que los portátiles para su instalación en viviendas ya construidas, y menos efectivos en la captación, son una opción más ventajosa para invidentes y para usuarios en general.

Para que una instalación de Hogar Digital funcione adecuadamente, sea fácil de usar y transmita confianza a sus usuarios, debe adaptarse a estos y nunca al contrario. Cuanto más se humanizan los interfaces, y este es el caso

del control por voz, donde el hogar habla y escucha, más debe aproximarse al comportamiento humano. Es fundamental que los usuarios tengan conocimiento de los problemas que surgen en la comunicación oral debidos a interferencias externas. Si se tienen en cuenta las consideraciones anteriores el emisor y receptor serán más “empáticos” entre sí y se conseguirá una comunicación mucho más satisfactoria y efectiva.

9. Referencias

- [1] Speak Home. <http://www.alhenaing.com/index.php>
- [2] Indisys. <http://www.indisys.es>
- [3] Proinssa. <http://www.proinssa.com>
- [4] InVox. <http://www.vocali.net/invox/es/index.html>
- [5] Ipdomo. <http://www.ipdomo.com/index.htm>
- [6] Home Systems. <http://www.homesystems.es>
- [7] Fernando Martín de Pablos, “Estudio de la integración de las tecnologías de reconocimiento de voz para el control y gestión del Hogar Digital”. Trabajo fin de Máster. Universidad Europea de Madrid, Madrid, septiembre 2008. <http://integrahogardigital.es/docs/PFM.pdf>
- [8] Hannu Soronen, Markku Turumen, Jaakko Hakulinen, Unit of Human-Centered Technnology, Tampere University of Technology, Finland and Department of Computer Sciences, University of Finland “Voice Commands in Home Enviroment”. <http://tapla.cs.tut.fi/pub/p1324.pdf>
- [9] Pasi Pertila, teemu Korhonen and Ari Visa. Department of Signal Processing, Tampere University of Technology, P.O. Tampere, Finland “Measurement Combination for Acoustic Source Localization in a Room Enviroment”. EURASIP Journal on Audio, Speech and Music Processing. Volume 2008, Article ID 278185 <http://downloads.hindawi.com/journals/asmp/2008/278185.pdf>
- [10] Jeremy Anderson, John Harris, University of Florida, “Quantifying the Effect of Room Response on Automatic

Speech Recognition Systems”. Audio Engineering Society. Convention Paper 7548. 2008 October 2-5.

[11] Sean E. Olive and Floyd E. Toole “*The detection of Reflections in Typical Rooms*”. National Research Council, Division of Physics, Ottawa, Canada. J Audio Eng. Soc. Vol 37, No. 7/8 1989 July/August.

[12] Guillermo Pérez, Gabriel Amores & Pilar Manchón.” *A Multimodal Architecture for Home Control by Disabled Users*”. Proceedings of IEEE/ACL Workshop on Spoken Language Technology (SLT), Aruba. December 2006.

[13] J. Gabriel Amores, Guillermo Pérez & Pilar Manchón. “*MIMUS A Multimodal and Multilingual Dialogue System for the Home Domain*”. Proceedings of the ACL 2007 Demo and Poster Sessions, Prague, pages. 1-4. ISBN: 978-1-932432-87-9. 23-30 June 2007.

10. Derechos de autor

Fernando Martín de Pablos, autor de este artículo, presentado como soporte documental para su intervención en el congreso, acepta la cesión de los derechos de autor para su publicación en el libro de actas del Congreso.

Soluciones de la Robótica a la Asistencia y Rehabilitación de Personas Discapacitadas en España

Isela Carrera, Héctor Moreno, Roque Saltaren y Rafael Aracil
Centro de Automática y Robótica
Universidad Politécnica de Madrid- CSIC
C. José Gutiérrez Abascal No. 2. Madrid, España.
E-mail: {icarrera, hmoreno, rsaltaren, aracil}@etsii.upm.es

Resumen

En este trabajo se presenta un estudio de los diversos robots para asistencia y rehabilitación que se han desarrollado en las últimas décadas. Mediante una revisión de las estadísticas de discapacidad en España determinamos algunas de las necesidades en las cuales los sistemas robóticos pueden ser de gran utilidad. Finalmente proponemos algunos diseños de robots de asistencia y rehabilitación, para las tareas de levantado, balanceo y marcha.

Abstract

This work presents a survey on assistance and rehabilitation robots that have been developed in the last decades. Through a revision of the disability surveys in Spain, we identify some of the necessities for which, a robotic system can be useful. Finally, we propose some designs of assistance and rehabilitation robots for motion tasks as the standing up, balance and gait.

1. Introducción

Diversas estadísticas indican que en España el número de personas con discapacidades está creciendo debido a al envejecimiento de la población [1], [2]. Por lo anterior, el desarrollo sistemas robóticos que ayuden en la asistencia y rehabilitación de personas con discapacidad es una tarea importante.

La calidad de vida y autonomía de una persona discapacitada pueden experimentar una mejora significativa aumentando el soporte, la asistencia y la rehabilitación recibida mediante un sistema robótico en el ambiente del hospital o de su domicilio. Actualmente la capacidad de los ambientes inteligentes incluye servicios de Vida Cotidiana Asistida AAL (acrónimo inglés de Ambient Assisted Living-Home) para mejorar la vida independiente, socialización, etc.

Cuando existe una incapacidad para interactuar físicamente con el ambiente inmediato, durante una enfermedad o lesión, de tal forma que le impida a la persona realizar las actividades de la vida diaria (AVD) es posible utilizar algunas soluciones tecnológicas. Con un robot, por ejemplo, se puede asistir al discapacitado en el re-aprendizaje de dichas tareas o en su realización, si re-aprender es imposible.

El campo de la robótica de rehabilitación se divide, en general, en robots de terapia y en robots de asistencia. Los robots de terapia permiten ejercitar las partes del cuerpo cuyo control y movimiento se ha perdido parcialmente. Los robots de asistencia ayudan a

las personas deshabilitadas transportándolas de un lugar a otro y/o manipulando objetos.

En este trabajo se hace una revisión de las estadísticas de discapacidad en España. A partir de esta lista determinamos algunas de las necesidades en las cuales los sistemas robóticos pueden ser de gran utilidad. Posteriormente hacemos una revisión de los diferentes robots para asistencia y rehabilitación que se han presentado y se proponen algunos diseños. Finalmente, presentamos las conclusiones de este trabajo.

2. Discapacidades en España

En países industrializados, la incidencia de discapacidad es alta, en España el 8.9% de la población tiene alguna discapacidad. Adicionalmente, el porcentaje de personas mayores, que en general tienen su autonomía e independencia limitada, asciende a 17.6% [3].

La edad es un factor de riesgo para la discapacidad. La baja razón de nacimientos y el desarrollo de la salud son factores dominantes que contribuyen con el envejecimiento de la población y el consecuente aumento de discapacitados. La alta incidencia de discapacidad en las personas mayores, y la falta de personas en edad laboral en algunos países, debido a la baja tasa de natalidad, hace necesario que los desarrolladores de robots de rehabilitación consideren este grupo demográfico, con capacidades sensoriales y motrices disminuidas,

como un área de trabajo urgente debido al aumento de su población.

Hay un notable proceso de envejecimiento en la población española, esto es reportado Encuesta de Discapacidad, Autonomía Personal y Situaciones de Dependencia, EDAD 2008 [1], y en la Encuesta sobre Discapacidades, Deficiencias y Estado de Salud, EDDS 1999. Los estudios proporcionan información importante a causa de su posible contribución al diseño de las políticas sociales y, en particular, a los programas de atención a personas con discapacidad. Estos informes ponen de manifiesto algunos puntos interesantes a tener en cuenta para determinar las tareas y el segmento de la población al cual el sistema de rehabilitación debe ser orientado.

Hay 3,5 millones de personas con algún tipo de discapacidad o limitación en España. De las personas con discapacidad, el 59,8% son mujeres. El porcentaje de discapacidad en términos de edad es ligeramente mayor en hombres de hasta los 44 años de edad y la situación se invierte después de los 45 años de edad. Esta diferencia aumenta con la edad. De estas personas, el 67,2% tiene limitaciones cuando se mueve o en la transferencia de objetos.

El informe muestra puntos interesantes a considerarse en cuanto a determinar las tareas y los públicos a los cuales se debe dirigir un sistema de rehabilitación. En el estudio se observa:

- Las discapacidades para desplazarse, y utilizar brazos y manos ocupan el tercero y cuarto puesto entre las discapacidades de la población.
- Entre las actividades de desplazamiento, se destacan específicamente dos grupos principales: A) desplazarse dentro del hogar y B) las tareas de levantarse, sentarse, acostarse, permanecer de pie o sentado.
- En la población mayor se observa que desplazarse y utilizar los brazos y manos son fuertemente afectadas por la edad.
- Las actividades de levantarse, acostarse, desplazarse dentro del hogar y trasladar objetos no muy pesados están íntimamente asociadas.
- La mayoría de las caídas de personas mayores ocurren dentro de sus hogares.

El 55,3% tiene problemas relacionados con las tareas domésticas y el 48,8% con el cuidado personal y tareas de salud. La principal causa de discapacidad está relacionada con problemas con los huesos y articulaciones, con una incidencia del 42%.

El 88,9% de la población con discapacidades recibe algún tipo de ayuda, es decir, asistencia técnica o personal. Las personas que no reciben ayuda tienen una mayor necesidad de ayuda técnica (27,3%) que la asistencia personal (16,9%). De los diferentes tipos de discapacidad, se encuentran las que afectan a las AVDs, tales como comer, beber, vestirse, en sustitución de objetos, caminar, etc.

Hay alrededor de 2,8 millones de estas personas, lo que representa el 6,7% de la población. El 81,7% de ellos reciben la ayuda que les permite reducir la gravedad de este tipo de discapacidad (AVDs). Esta ayuda es proporcionada por un cuidador profesional.

El perfil del cuidador es una mujer de entre 45 y 65 años de edad y 78,8% de ellos viven en la misma casa que el paciente. La salud y la vida personal del cuidador se ven afectada debido a las exigencias de su trabajo. La principal dificultad que encontramos es que falta la fuerza física, y la mayoría de ellos confirman que se sienten cansados y con mala salud.

Algunas conclusiones pueden extraerse de la información relativa a las encuestas: el desarrollo de sistemas robóticos para personas con discapacidad es importante, debido a la expansión de la comunidad con discapacidades generada por el aumento de la esperanza de vida. Lo anterior significa que los ancianos son los principales consumidores de estas aplicaciones. Las principales cuestiones que el dispositivo robótico debe resolver están relacionadas con el movimiento y transporte, asistencia en el equilibrio y la marcha. Sin embargo, se considera necesario que el paciente pueda seguir usando su fuerza en estas actividades. Por otro lado, el robot puede ser una gran ayuda para los terapeutas y, sobre todo para los cuidadores, donde el robot llevara el peso del paciente con el fin de compensar la falta de fuerza física del cuidador. El robot puede ser instalado en un centro de rehabilitación o en casa, y puede ayudar en la rehabilitación de las AVD.

3. Robots de asistencia en la rehabilitación

Después de encontrar que el principal problema a resolver son el movimiento y el transporte dentro del hogar, así como la manipulación de objetos de tal forma que la persona pueda seguir haciendo sus AVDs, se describe a continuación los robots o que actualmente se han propuesto para solucionar estas cuestiones.

Los robots de asistencia se pueden agrupar, de acuerdo al foco de operación en: manipulación y movilidad. Los robots de asistencia a la manipulación pueden ser plataformas fijas (en la mesa, cocina, cama etc.) o portables (sujetas a sillas de ruedas) para sostener y mover objetos e interactuar con otros aparatos y equipos, como abrir una puerta. Los robots móviles pueden ser controlados por voz o por otros medios para transportar manipuladores u otros objetos. Los robots de asistencia a la movilidad se dividen en sillas eléctricas con sistemas de navegación, y robots móviles, como caminadores motorizados "inteligentes" que permite que personas con incapacidad puedan caminar, levantarse, sentarse y mantener el equilibrio y al mismo tiempo rehabilitar si es posible estos movimientos. Algunos otros robots se han diseñado específicamente para rehabilitar el movimiento de un miembro del cuerpo como los brazos de tal forma que puedan volver a realizar las actividades de la vida diaria.

Por otra parte también se tienen los dispositivos que se están usando para ayudar a mover

pacientes en sus casas como las grúas de techo y las sillas-escalera.

3.1. ROBOTS DE ASISTENCIA FIJOS PARA TAREAS DE MANIPULACIÓN

El objetivo de los robots fijados en las estaciones de trabajo es asistir a una persona mientras labora en su oficina. Dentro de esta categoría está la estación de trabajo desarrollada por Roesler en Heidelberg, al Este de Alemania. La propuesta diseñada era un manipulador de cinco grados de libertad situado sobre un escritorio con repisas giratorias [4]. Otros proyectos son el DeVAR y el ProVAR (Imagen1). El ProVAR es un brazo robótico montado sobre un riel, ubicado por encima de la estación de trabajo[5].

Otros robots de asistencia fijos utilizaron el manipulador RT, cuya estructura está basada en el manipulador SCARA. Este robot tiene un grado de libertad vertical y dos juntas rotacionales con ejes verticales que permiten al brazo principal moverse en el plano horizontal [6]. Uno de los trabajos mas significativos que utilizó el robot RT fue el proyecto Master en Francia que buscó maximizar el espacio de trabajo montando el brazo en la parte trasera de la estación de trabajo [8].



Imagen 1. ProVAR.

3.2. ROBOTS DE ASISTENCIA PORTABLES PARA TAREAS DE MANIPULACIÓN

Los robots móviles de este tipo son brazos manipuladores que están montados sobre una plataforma con ruedas cuya navegación va desde ser manual a tener sistemas de navegación semiautomáticos o automáticos, su intención es asistir tanto en cuestiones de higiene personal o en mover objetos y/o abrir puertas.

Un robot móvil aunque manual es el Handy 1 (Imagen 2) desarrollado por Rehab Robotics en Reino Unido. El proyecto fue diseñado en principio para ayudar a un joven que tenía serios problemas para comer independientemente. La compañía ha vendido 250 y recientemente se han hecho extensiones del sistema para aplicar maquillaje, lavarse y rasurarse [9].



Imagen 2. Handy 1.

Dentro de los robots móviles se encuentra el sistema MoVAR de la Universidad de Stanford que es esencialmente el robot DeVAR con ruedas. La base móvil tiene unas ruedas omni-direccionales [10]. Otro robot es el KARES II desarrollado en KAIST en Korea. El proyecto KARES II incluye el uso de un ratón óptico, un equipo háptico y un brazo robótico. El brazo ha sido montado en una un número de configuraciones diferentes, pero principalmente en una base móvil a control remoto [11]. Otro proyecto notable es la investigación del Instituto del Bath de Ingeniería Médica con su robot Wessex (Imagen 3). Este robot está montado sobre una base móvil que no está automatizada (es decir, el cuidador mueve el robot de una habitación a otra) [12].



Imagen 3. Robot Wessex.

Los robots manipuladores más notables montados en silla de ruedas son Manus y Raptor. El Trabajo de Manus inició en 1984. Manus es un sofisticado robot manipulador capaz de montarse en diferentes sillas de ruedas, posee 7 grados de libertad y una garra como efector final (Imagen 4). Manus ha sido utilizado en varios centros de rehabilitación y por usuarios particulares, su comercialización ha sido dada por Exact Dynamics [13]. El robot Raptor, por otra parte, tiene la misma funcionalidad del robot Manus, sin embargo, su costo es una tercera parte de este [14].

3.3. Robots de Asistencia a la Movilidad

Los robots de terapia y asistencia a la movilidad, generalmente, tienen al menos dos usuarios simultáneos: la persona discapacitada quien recibe la terapia y la terapeuta quien ajusta y supervisa la interacción con el robot. Un robot puede ser una buena alternativa para una terapeuta física u ocupacional por varias razones, como, 1) una vez el robot está bien ajustado, este puede aplicar consistentemente una terapia por largos periodos de tiempo sin cansarse, 2) los sensores del robot pueden medir el trabajo realizado por el paciente y cuantificarlo, lo cual puede ser estimulante para el paciente continúe la terapia y 3) el robot es capaz de realizar algunos tipos de ejercicios de terapia que magnifican perturbaciones del ambiente para provocar una mejor adaptación [15] .



Imagen 4. Robot Manus.

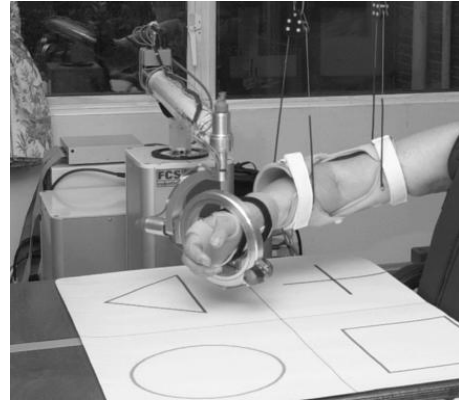


Imagen 5. Robot de terapia Gentes.

Algunos proyectos en este sentido son el sistema MIME de VA Palo Alto que permite mover las piernas afectadas y no afectadas. Otros proyectos son ARM, el MIT-Manus y GENTLES [16], [17], [13] y [18].

Recientemente se han presentado algunos trabajos enfocados a la rehabilitación de la marcha y el equilibrio por personas que han sufrido algún ataque. Estos robots sostienen el cuerpo del usuario mientras que estos mantienen la marcha y pueden concentrarse en otras actividades.

Dentro del grupo de robots de rehabilitación para la marcha se encuentra el Walkaround. Este robot es un sistema de asistencia que facilita la marcha de personas que han sufrido un ataque de hemiplejía u otras enfermedades (Imagen 6). Walkaround provee seguridad al asistir en la postura mientras las piernas quedan libres para ser estimuladas por un patrón multicanal de estimulación eléctrica. La innovación del sistema está en controlar la orientación del tronco del cuerpo por medio de tres sensores [19].



Imagen 6. Walkaround.

Otro de los dispositivos desarrollados para la rehabilitación y equilibrio en la marcha son WHERE I (Imagen 7) y WHERE II (Imagen 8). WHERE I es un brazo manipulador móvil que asiste en la marcha, contiene un brazo manipulador de un grado de rotación que se ajusta para diferentes estaturas y tallas y se encarga de sostener el cuerpo de la persona. Además WHERE I es capaz de trabajar en modo de entrenamiento es decir que el médico puede programar el robot para que haga una trayectoria determinada para que sea seguida por el usuario. También puede trabajar en modo de seguimiento, en cual, a través de sensores, el robot puede seguir las intenciones de movimiento del usuario. WHERE II es un vehículo móvil cuya diferencia con WHERE I es que en vez de un brazo manipulador contiene un sistema de cuatro barras neumático que se ajusta para cada lado del cuerpo, diseñado así debido a que el lado del cuerpo dañado del paciente puede necesitar un ajuste diferente que a la pierna sin daños [20].

Entre los diseños comerciales para ayudar en la marcha se encuentra también SAM (Imagen 9) y SAM-Y para niños. SAM es una transferencia tecnológica de Enduro Medical Technology. SAM permite a los pacientes estar de pie y deambular sin la ayuda física de un terapeuta [21].



Imagen 7. WHERE I.



Imagen 8. WHERE II.



Imagen 9. Robot comercial en la rehabilitación de la Marcha: SAM.

Existe un interesante trabajo sobre la rehabilitación de los movimientos para ponerse de pie. Su diseño inicial se enfoca para personas mayores que necesitan de la ayuda de un asistente en su vida cotidiana para levantarse y caminar. El sistema consiste en un soporte acojinado con tres grados de libertad actuados y un sistema de marcha (Imagen 9). El soporte está actuado por un mecanismo manipulador formado por un sistema de cuatro barras paralelas. El sistema puede levantar a un paciente hasta de 180 cm de altura y 150 Kg de peso. El soporte también tiene un soporte para las manos [22]. Las ventajas que se resaltan en el diseño del mecanismo es la utilización de motores o actuadores pequeños en la parte superior, lo que permite un diseño compacto. Por otra parte el movimiento que tiene para la rehabilitación de la marcha permite que el paciente reduzca la carga sobre las rodillas al levantarse y este movimiento es bueno para una persona mayor que no tiene mucha fuerza física.



Imagen 10. Levantador

3.4. GRÚAS DE TECHO Y SILLAS-ESCALERA

Por otra parte se tiene los dispositivos automatizados que se usan actualmente para mover al paciente dentro de casa o en el hospital y están bien comercializados como son las grúas de techo (Imagen 11) y las sillas-escalera. Las grúas de techo tienen un sistema de rieles que permiten cargar con seguridad a un paciente por toda una habitación o entre habitaciones. Los sistemas de rieles contienen diferentes dispositivos como tornamesas, intercambiadores y sistemas XY que permiten cubrir con eficacia muchos espacios. También existen arneses que ayudan a cargar completamente a un paciente e incluso pueden ayudar a rehabilitar la marcha sosteniendo el peso del cuerpo. Las sillas-escalera han sido la solución para moverse por diferentes pisos donde no es posible instalar un elevador.



Imagen 11. Grúa de Techo con control remoto y sistema de rieles [23]

En esta sección se vieron los diferentes robots y tecnologías que pueden ayudar para asistir a personas con alguna incapacidad en la movilidad, ya sea para trasladarse o mover objetos, que es el problema que nos interesa resolver según lo que encontramos en las encuestas. Se ha encontrado que existen brazos manipuladores de diferentes configuraciones ya sea fijos o en plataformas móviles para ayudar a mover objetos durante el trabajo o en casa. Luego se tienen los robots cuyo propósito es rehabilitar la marcha y el equilibrio de una persona, como son los caminadores automáticos que también tienen diferentes sensores para sincronizarse con la intención de movimiento del paciente. Además se presentó un robot cuyo diseño ayuda a levantarse y marchar. Además están aquellos diseñados para ayudar a rehabilitar algún miembro como los brazos y finalmente aquellos dispositivos que ayudan a trasladar a las personas con un sistema de rieles y que son capaces de cargar con todo el peso del cuerpo. Sin embargo no se tiene algún dispositivo genérico fácil de usar que ayude tanto para la manipulación y traslado de objetos así como la ayuda o rehabilitación de la marcha y el

movimiento de levantado además de que pueda ayudar a ejercitar otros miembros del cuerpo como los brazos. Teniendo en cuenta esto se realizan algunas propuestas donde un mismo robot puede tener la capacidad de hacer la mayoría de las tareas, pero como prioridad la marcha y el movimiento de levantarse.

4. Propuestas

A continuación presentamos algunos conceptos de robots para rehabilitación y asistencia que hemos propuesto dentro del grupo de investigación. Estos robots comparten como característica común que están montados sobre el techo a través de guías y rieles que permiten el movimiento traslacional. Esta característica permite que la rigidez del sistema sea máxima ya que el sistema estará sujeto firmemente al edificio mediante las guías. Por otra parte, el hecho de que el robot tenga caminos predeterminados y rígidos, reduce la necesidad de algoritmos de planificación, sistemas de navegación de evitación de obstáculos que son necesarios en los robots móviles.

El movimiento por las diferentes habitaciones se puede hacer conectando los rieles con intercambiadores o tornamesas, que comercialmente ya existen, de tal manera que cubra la mayor cantidad de espacios en la casa, esto se puede ver en la Imagen 12.



Imagen 12. Casa adaptada con rieles para el movimiento del robot

4.1. ROBOT V

El robot V es un robot híbrido para asistencia y rehabilitación. Las estructuras híbridas combinan las ventajas de las cadenas cinemáticas paralelas y seriales, e.g. rigidez y manipulabilidad. La mayoría de los robots presentan cadenas cinemáticas de estructura serial o paralela. Los robots seriales contienen una serie de juntas actuadas que conectan la base con el efector final y presentan gran espacio de trabajo y alta destreza, pero baja rigidez y errores de posición relativamente grandes debido al arreglo cinemático en cantilever. Por otro lado, los manipuladores paralelos contienen un conjunto de cadenas seriales (llamadas piernas) en paralelo, que contienen juntas actuadas y pasivas para mantener la movilidad y controlabilidad del sistema.

Las piernas conectan la base a la plataforma móvil lo cual resulta en estructuras capaces de lograr alta rigidez y alta razón fuerza-peso. Sin embargo, los robots paralelos son conocidos por su espacio de trabajo restringido y su baja destreza.



Imagen 13. Robot V.

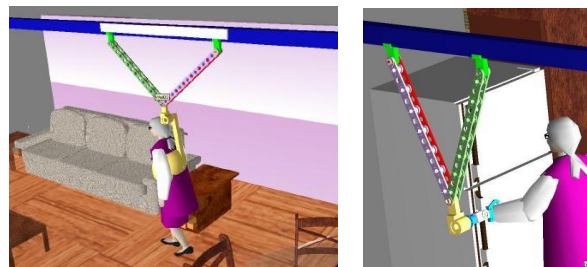


Imagen 14. Otros Efectores finales del Robot V.

El principio básico de las estructuras cinemáticas híbridas consiste en dividir la tarea de manipulación, con el objetivo de obtener las ventajas de ambos tipos de estructura, serial y paralela.

El robot consiste de un manipulador paralelo de 2 grados de libertad, con piernas con articulaciones prismática-rotacional-rotacional. Al final de esta estructura se monta una estructura serial, que depende de la tarea a realizar, esto se puede ver en la Imagen 13.

El sistema de tracción de riel está situado en el techo (cielo raso) y sostiene la estructura completa. El marco paralelo está soportado directamente en el sistema de tracción y sostiene la junta serial. Los diferentes tipos de

herramientas pueden ser fijados en la junta serial en función de la tarea específica a ser realizada.

Como se puede ver en la Imagen 14 un arnés se podría poner en la parte final del robot. Este arnés ayudaría a sostener el peso del cuerpo y la persona podría caminar por la trayectoria que siguen los rieles por la casa y así hacer su AVD. Una terapia de rehabilitación de la marcha con una trayectoria circular o elíptica se puede poner en algún centro de rehabilitación, así el paciente podría practicar diferentes posturas y direcciones en la marcha.

El robot V al ser una estructura paralela puede ejecutar en un plano trayectorias que podrían guiar un brazo de alguna persona y así hacer rutinas de rehabilitación. Por otra parte con el brazo manipulador, la persona podría con alguna interfaz sencilla de utilizar manipular y cargar objetos a distancia.

4.2. ESCALERA MÁGICA

La escalera mágica está compuesta de un marco paralelo que está conectado a un carro que se traslada por el riel y además esta soportado por en el suelo mediante un par de ruedas omnidireccionales. El movimiento del carro esta basado en la tecnología bien conocida para transporte de personas discapacitadas, denominadas grúa de techo (*ceiling hoists*). Por otro lado dentro de la estructura del marco existe una articulación prismática que junto con la articulación que permite el movimiento horizontal, pueden producir movimientos bidimensionales (Imagen 15).

Las juntas prismáticas se deslizan a lo largo del marco paralelo y permiten movilidad a la herramienta utilizada. Uniendo las dos juntas prismáticas, y actuándolas dependientemente, es posible proporcionar una barra de sujeción para el usuario o un efector final alternativo, como un arnés, una garra o una almohadilla para rehabilitación.

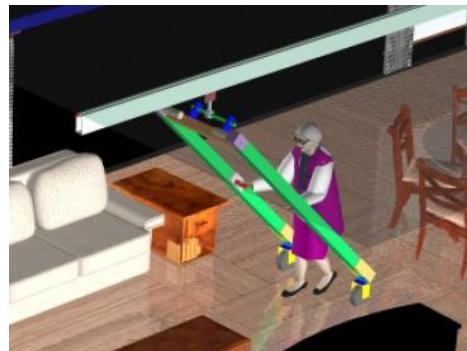


Imagen 15. Escalera Mágica.

Por tanto, el subsistema que se ha de fijar a las juntas prismáticas se compone de las diferentes herramientas que se montaran en el extremo del robot con el objetivo de realizar una tarea específica, e.g. un arnés para asistir al paciente en la rehabilitación de la marcha, una garra para guiar la mano del paciente en determinada rutina de rehabilitación etc.

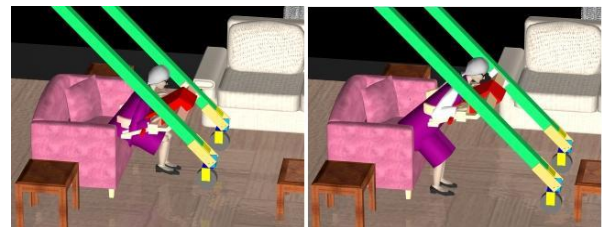


Imagen 16. Movimiento sincronizado para ayudar a levantar al usuario

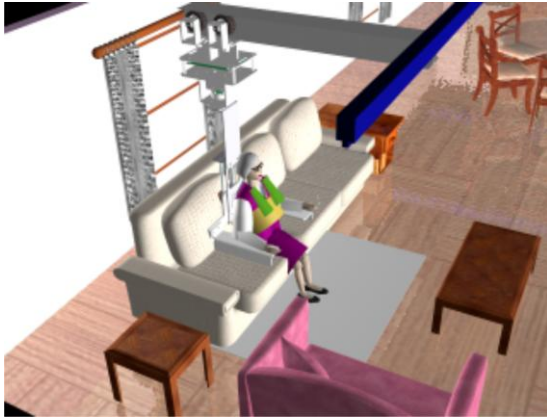


Imagen 17. Robot de Rehabilitación y Asistencia Domestica.

Una de las operaciones importantes de este robot es que el movimiento sincronizado del carro junto con las juntas prismáticas pueden hacer perfiles de movimiento interesantes, por ejemplo si se pone una barra o un cojín de apoyo en las juntas prismáticas se podría hacer el movimiento que guíe adecuadamente a una persona a levantarse al igual que a sentarse y seguir usando la fuerza remanente de la persona (Imagen 16).

La escalera mágica sería un dispositivo tan rígido que podría incluso levantar del suelo a una persona o cargar objetos muy pesados y subirlos a un lugar alto.

4.3. ROBOT DE REHABILITACIÓN Y ASISTENCIA DOMESTICA.

El robot se compone de tres eslabones conectados por tres articulaciones. Estas articulaciones son: un sistema de tracción en los rieles, una articulación de rotación del eje vertical, y la articulación prismática que mueve hacia arriba y hacia abajo el soporte del brazo (Imagen 17).

Este robot se enfoca a las tareas de asistencia en la marcha, ya que permite balancear a una persona cuando esta está caminando, Por otro lado, también bien puede asistir a la persona cuando esta realiza otras actividades de la vida diaria como cocinar, mover objetos, etc. Además, el diseño de este robot permite realizar la tarea de levantado, y una vez que la persona está de pie puede continuar con la fase de marcha.

5. Conclusiones

Diversas estadísticas indican que en España el número de personas con discapacidades está creciendo debido a al envejecimiento de la población. Por lo anterior, es importante desarrollar sistemas robóticos que ayuden en la asistencia y rehabilitación de personas con discapacidad.

En este trabajo se hizo una revisión de las estadísticas de discapacidad en España. A partir de esta información determinamos algunas de las necesidades en las cuales los sistemas robóticos pueden ser de gran utilidad. Posteriormente presentamos una revisión de los diferentes robots para asistencia y rehabilitación que se han propuesto. Se hace énfasis en aquellos robots para la marcha, el equilibrio y el levantado.

En este trabajo presentamos una serie de propuestas de robots para rehabilitación y asistencia. Estos robots comparten como característica común que están montados sobre el techo a través de guías y rieles que permiten el movimiento traslacional. Esta característica

permite que la rigidez del sistema sea máxima ya que el sistema estará sujeto firmemente al edificio mediante las guías. Por otra parte, el hecho de que el robot tenga caminos predeterminados y rígidos, reduce la necesidad de algoritmos de planificación, sistemas de navegación de evitación de obstáculos que son necesarios en los robots móviles.

6. Referencias

- [1] Encuesta de Discapacidad, Autonomía Personal y Situaciones de Dependencia, EDAD 2008. Instituto Nacional de Estadística, 2008.
- [2] Encuesta sobre Discapacidades, De_ciencias y Estado de Salud, 1999. Instituto Nacional de Estadística, 1999.
- [3] H. F. M. Van der Loos, R. Mahoney, and C. Ammi. Great expectations for rehabilitation mechatronics in the coming decade. *Adv. In Rehabilitation Robotics*, 306:427{433, 2004.
- [4] Otto Roeschel. Linked Darboux motions. *Math. Pannonica*, 7(2):291-301, 1996.
- [5] H. F. M. Van der Loos, J. J. Wagner, N. Smaby, K. Chang, O. Madrigal, L. J. Leifer, and O. Khatib. Provar assistive robot system architecture. *Icra '99: IEEE Int. Conference On Robotics Automation, Vols 1-4, Proc.*, pages 741-746, 1999.
- [6] M. Hillman. Rehabilitation robotics from past to present - A historical perspective. *Adv. In Rehabilitation Robotics*, 306:25-44, 2004.
- [7] M. Busnel, R. Cammoun, F. Coulon-Lauture, J. M. Detriche, G. Le Claire, and B. Lesigne. The robotized workstation master for users with tetraplegia: Description and evaluation. *J. Rehabilitation Research Development*, 36(3):217{229, 1999.
- [8] T. Jones. Raid-toward greater independence in the o_ ce and home enviroment. 1999 IEEE Int. Conference On Rehabilitation Robotics, pages 201-205, 1999.
- [9] M. Topping. Handy 1, a robotic aid to independence for severely disabled people. *Integration Assistive Technology In Information Age*, 9:142-147, 2001.
- [10] M. V. der Loos, S. Michalowski, and L. Leifer, "Design of omnidirectional mobile robot as a manipulation aid for severely disabled," Foulds R (ed) *Interactive Robotics Aid*, pp. 61-63, 1986.
- [11] Z. Bien, D. J. Kim, D. H. Stefanov, J. S. Han, H. S. Park, and P. H. Chang, "Development of a novel type rehabilitation robotic system KARES ii," *Universal Access Assistive Technology*, pp. 201- 212, 2002.
- [12] M Hillman, K Hagan, S Hagan, J Jepson, and R Orpwood. The Weston wheelchair mounted assistive robot - the design story. *ROBOTICA*, 20(Part 2):125{132, MAR-APR 2002.
- [13] B. J. F. Driessen, H. G. Evers, and J. A. van Woerden, "Manus – a wheelchair-mounted rehabilitation robot," *Proc. Institution Mechanical Engineers Part H-journal Engineering In Medicine*, vol. 215, no. H3, pp. 285-290, 2001.
- [14] R. M. Mahoney, "The Raptor Wheelchair Robot system," *Integration Assistive Technology In Information Age*, vol. 9, pp. 135-141, 2001.
- [15] J.L. Emken and D.J. Reinkensmeyer. Robot-enhanced motor learning: accelerating internal model formation during locomotion by transient dynamic ampli_cation. *Neural Systems and Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on*, 13(1):33{39, March 2005.
- [16] P. C. Shor, P. S. Lum, C. G. Burgar, H. F. M. V. der Loos, M. Majmundar, and R. Yap, "The effect of robotic-aided therapy on upper extremity joint passive range of motion and pain," *Integration Assistive Technology In Information Age*, vol. 9, pp. 79-83, 2001.
- [17] H. I. Krebs, B. T. Volpe, M. L. Aisen, W. Hening, S. Adamovich, H. Poizner, K. Subrahmanyam, and N. Hogan, "Robotic applications in neuromotor rehabilitation," *Robotica*, vol. 21, pp. 3-11, 2003.
- [18] F. Amirabdollahian, R. Loureiro, B. Driessen, and W. Harwin, "Error correction movement for machine assisted stroke rehabilitation," *Integration Assistive Technology In Information Age*, vol. 9, pp. 60-65, 2001.
- [19] A. Veg and D. B. Popovic, "Walkaround: Mobile balance support for therapy of walking," *IEEE TRANSACTIONS ON NEURAL SYSTEMS AND REHABILITATION ENGINEERING*, vol. 16, no. 3, pp. 264-269, JUN 2008.
- [20] S. KapHo and L. JuJang, "The Development of Two Mobile Gait Rehabilitation," *IEEE TRANSACTIONS ON*

NEURAL SYSTEMS AND REHABILITATION ENGINEERING, vol. 17, no. 2, pp. 156–166, APRIL 2009.

[21] N. Goddar Space Flight Center, “Goddards Cable-Compliant Joint Technology Gets Patients Up and Walking with SAM,” 2008, [Internet; acceso 22-Abril-2009]. [Online]. Available: <http://http://ipp.gsfc.nasa.gov/SS-SAM.html>

[22] D. Chugo, W. Mastuoka, S. Jia, K. Takase, and H. Asama, “Rehabilitation walker with standing assistance,” 2007 IEEE 10th Int. Conference On Rehabilitation Robotics, Vols 1 2, pp. 132–137, 2007.

[23] Ceiling Hoists: V4 Ceiling Hoist Track Hoist Página de Internet: <http://www.dolphinlifts.co.uk/v4ceilinghoist.html>

Implementación del Ratón Virtual HeadMouse como Herramienta de Mejora de la Accesibilidad a las TIC

M. Teixidó, A. Guillaumet, T. Pallejà,
M. Tresanchez, J. Palacín

A. Fernández del Viso, C. Rebate

Departamento de Informática e Ingeniería Industrial,
Universitat de Lleida, C/ Jaume II, 69
25001 Lleida, España
palacin@diei.udl.cat

eInclusion Unit-Indra, C/ Acanto, 11
28045 Madrid, España

Abstract

This work proposes the implementation of an absolute virtual head mouse based on the interpretation of head movements and face gestures captured with a frontal camera. The device, called HeadMouse, combines face detection, template matching and optical flow algorithms to emulate all mouse events. This virtual device is designed specifically as an alternative to the conventional mouse for people with mobility impairments in the upper extremities. The implementation of the virtual mouse was compared with a standard mouse, a touchpad and a joystick. As it could be expected, validation results show that the virtual device is not as faster as the standard mouse and the touchpad. Finally, the detection of face gestures used to generate click events was successful in the 96% of the cases when using the opening of the mouth and 68% of the cases when using eye blinks.

Resumen

Este trabajo presenta la implementación de un ratón virtual absoluto basado en la interpretación de los movimientos de la cabeza y los gestos faciales de un usuario capturados con una cámara frontal. El ratón virtual, denominado HeadMouse, combina algoritmos de detección facial, comparación de patrones y cálculo de flujo óptico para emular los eventos del ratón. Este dispositivo está especialmente diseñado como elemento alternativo al ratón físico convencional en el caso de personas con limitaciones de movilidad en las extremidades superiores. La validación del sistema se ha realizado comparando el dispositivo con un ratón físico convencional, un touchpad y un joystick. Como era de esperar, los resultados obtenidos muestran que el ratón virtual no es tan rápido como el ratón convencional y el touchpad. Finalmente, la detección de gestos utilizada para generar acciones de clic fue acertada en el 96% de los casos al utilizar la

apertura de la boca y del 68% en el caso de realizar un parpadeo.

1. Introducción

Desde su invención en 1964, el ratón informático se ha convertido en el dispositivo apuntador más popular en la interacción persona-ordenador. En la actualidad existen varias alternativas al ratón físico que no requieren contacto físico con el usuario. La mayoría de estas alternativas utilizan una cámara para capturar imágenes del usuario y convertir los movimientos de la cabeza en desplazamientos del ratón en la pantalla del ordenador. En [1] utilizan las diferencias entre dos imágenes consecutivas de la cara del usuario para detectar el parpadeo voluntario o el movimiento de cejas para realizar acciones de clic. En [2, 3, 4] se selecciona un patrón de la cara del usuario de forma manual y se utiliza para detectar los desplazamientos del usuario y mover el cursor en concordancia. En [5] se mejora la propuesta anterior automatizando el proceso de obtención del patrón. En [6, 7] se utiliza el cálculo del flujo óptico [8] para detectar movimientos de la cara del usuario y transformarlos en desplazamiento del cursor. La posición de la cabeza del puede realizarse combinando iluminación infrarroja y las propiedades de reflexión de la cornea [9] o de un reflector infrarrojo [10, 11, 12]. Otras técnicas permiten controlar el cursor mediante los datos obtenidos con un encefalograma [13], los impulsos eléctricos de los músculos alrededor del ojo [14], la inclinación y orientación de la cabeza [15], el movimiento de la lengua, etc.

El objetivo de este proyecto consiste en el desarrollo de un ratón virtual que permita controlar el movimiento del cursor mediante ligeros movimientos de la cabeza y realizar acciones de clic mediante gestos faciales. El objetivo es que un usuario pueda utilizar acceder a las tecnologías de la información y la comunicación mediante un dispositivo intuitivo que no requiera formación previa. La aplicación HeadMouse se ofrece para los sistemas operativos Windows, es gratuita y puede descargarse en [16].

2. Detección del usuario

El ratón virtual se pone en marcha al detectar la cara del usuario delante de una cámara situada encima de la pantalla del ordenador (imagen 1). El sistema de detección facial se basa en la propuesta de Viola y Jones (V&J) [17]. El área de la cara se guarda para ser utilizada posteriormente como imagen de referencia en la detección del desplazamiento.

El algoritmo de V&J garantiza una detección de caras robusta frente a cambios de iluminación, saturación de la imagen, y falta de iluminación. Además, también es robusta frente a razas y tonalidades de piel. La línea verde de la imagen 1 muestra la zona donde se ha detectado la cara del usuario mediante el algoritmo de V&J.

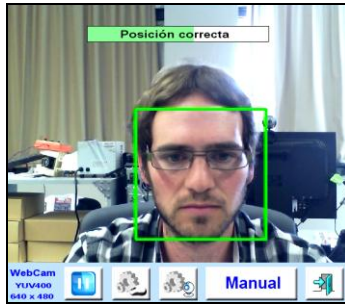


Imagen 1. Detección del usuario mediante el algoritmo de detección facial.

3. Desplazamiento del cursor

El control del desplazamiento del cursor se realiza a partir del seguimiento de las evoluciones de la cara del usuario mediante un algoritmo de comparación o *template matching* (TM) [18] que utiliza la imagen de referencia guardada anteriormente.

En la imagen 2 se comparan los resultados obtenidos en una detección facial estática realizada simultáneamente mediante V&J y mediante TM a partir de la imagen de referencia con la cara del usuario. Las vibraciones que se producen en una secuencia de 200 imágenes utilizando los sistemas de VJ y TM son inferiores en el caso de TM. Por este motivo, y por su menor coste computacional, se ha implementado el rastreo de la cara con un algoritmo de TM y se ha utilizado V&J únicamente en la detección inicial del usuario.

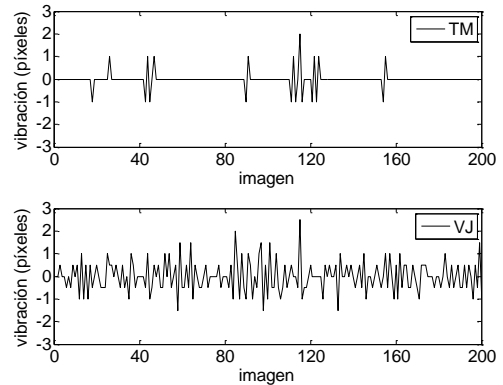


Imagen 2. Vibración en la detección de una cara estática obtenida mediante V&J y TM.

A partir de un ajuste lineal entre la posición del centro de la cara y los límites esperados de movimiento se puede estimar directamente la posición del cursor en pantalla (x_m, y_m). Para minimizar el efecto de posibles vibraciones se ha aplicado una función cuadrática al desplazamiento que, a partir de la posición del cursor (x_f, y_f) y de la nueva posición deseada (x_m, y_m) permite realizar un desplazamiento casi sin vibraciones, mejorando la precisión del apuntador. Las imágenes 3 y 4 muestran una comparativa entre el desplazamiento calculado de forma directa y el desplazamiento suavizado.

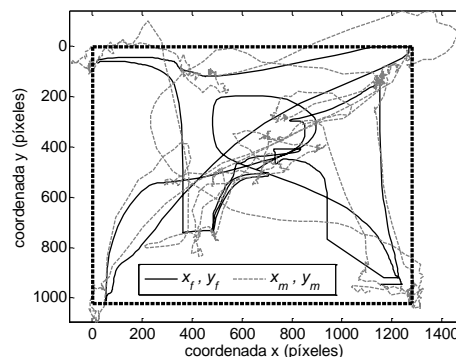


Imagen 3. Comparativa entre el desplazamiento calculado de forma directa y el desplazamiento filtrado.

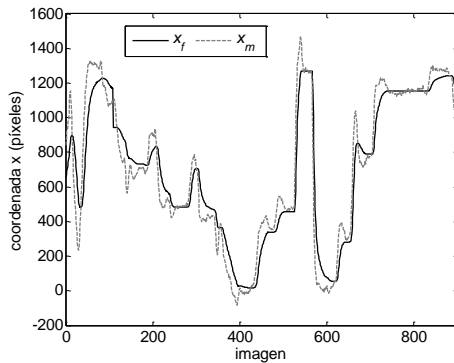


Imagen 4. Comparativa entre las coordenadas X_f y X_m del desplazamiento.

4. Detección de los gestos faciales

El algoritmo de procesamiento de imagen utilizado para detectar los gestos faciales se basa en una simplificación del sistema cálculo de flujo óptico u *optical flow*. El sistema se basa en la comparación de dos imágenes consecutivas I^F y I^{F-1} , donde F es el número de secuencia de una imagen con M columnas y N filas. El procedimiento de comparación simplificado se divide la imagen actual en secciones de m columnas y n filas:

$$I_{i,j}^F(x, y) = I^F(i \cdot m + x, j \cdot n + y), \quad (1)$$

donde (i, j) son los índices de fila y columna, y (x, y) la posición relativa de los píxeles en la sección.

A continuación, cada sección de la imagen actual, F , se compara con una área similar de la imagen anterior, $F-1$, usando un desplazamiento u *offset* (dx, dy) ,

$$\begin{aligned} H_{i,j}(d_x) &= \sum_{x,y} |I_{i,j}^F(x, y) - I_{i,j}^{F-1}(x + d_x, y)| \\ V_{i,j}(d_y) &= \sum_{x,y} |I_{i,j}^F(x, y) - I_{i,j}^{F-1}(x, y + d_y)| \end{aligned}, \quad (2)$$

permitiendo la creación de cuatro imágenes independientes para determinar el movimiento (L = izquierda, R = derecha, U = arriba, D = abajo):

$$\begin{aligned} R(i, j) &= \min(H_{i,j}(d_x)) \quad -1 \geq d_x \geq -p \\ L(i, j) &= \min(H_{i,j}(d_x)) \quad 1 \leq d_x \leq p \\ U(i, j) &= \min(V_{i,j}(d_y)) \quad -1 \geq d_y \geq -q \\ D(i, j) &= \min(V_{i,j}(d_y)) \quad 1 \leq d_y \leq q \end{aligned} \quad (3)$$

donde p y q son el *offset* de desplazamiento máximo horizontal y vertical aplicado en cada sección.

De esta forma se puede detectar fácilmente la apertura de la boca y el parpadeo de los ojos.

4.1. PARPADEO DE OJOS

La figura 5 muestra un usuario realizando un parpadeo de ojos y el efecto del parpadeo en la matriz de movimiento D . Cabe destacar que el parpadeo normal no es detectado al tratarse de un movimiento muy rápido que no es apreciable en una cámara de bajo coste.

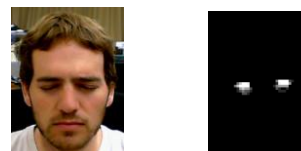


Imagen 5. Usuario cerrando los ojos de forma voluntaria y matriz de movimiento D .

4.2. APERTURA DE BOCA

La figura 6 muestra un usuario realizando una apertura de boca y el efecto obtenido en la matriz de movimiento *D*. Este movimiento es de fácil detección dado que el patrón se concentra en la parte inferior de la matriz de movimiento.



Imagen 6. Usuario abriendo la boca y matriz de movimiento *D*.

5. Configuración de las acciones de clic

Los sistemas operativos modernos utilizan diversas acciones de clic: derecho, izquierdo, central, doble clic izquierdo, arrastrar, y soltar.

La acción de clic realizada por cada gesto facial puede ser configurada a voluntad mediante un menú de configuración (imagen 7) de la herramienta HeadMouse. Además de las acciones faciales está disponible un clic por tiempo que se activa cuando el cursor permanece estático durante un tiempo configurable. Para el caso en que un usuario sólo pudiese realizar una única acción de clic se dispone de un menú emergente configurable que permite después seleccionar la acción de clic a realizar (imagen 7).



Imagen 7. Menú de configuración de clic (izquierda) y menú emergente de selección de clic (derecha).

Tabla 1. Resultados obtenidos en el test de degeneración de acciones de clic.

usuario	Detección del usuario	Apertura de boca			Parpadeo voluntario			Cursor estático		
		correcto	erróneo	falso	correcto	erróneo	falso	correcto	erróneo	falso
1	100%	100%	0%	0%	71%	29%	0%	100%	0%	0%
2	100%	100%	0%	0%	71%	29%	0%	100%	0%	0%
3	100%	100%	0%	0%	83%	17%	0%	100%	0%	0%
4	100%	100%	0%	0%	67%	33%	0%	100%	0%	0%
5	100%	91%	9%	0%	53%	47%	0%	100%	0%	0%
6	100%	83%	17%	0%	67%	27%	6%	100%	0%	0%
7	100%	100%	0%	0%	55%	45%	0%	100%	0%	0%
8	100%	91%	9%	0%	83%	17%	0%	100%	0%	0%
9	100%	100%	0%	0%	77%	33%	0%	100%	0%	0%
	100%	96%	4%	0%	68%	31%	1%	100%	0%	0%

6. Validación del sistema

La validación del sistema se ha realizado con 9 voluntarios que no tienen limitaciones de movilidad, con distintas tonalidades de piel y sin conocimientos previos del programa.

Se ha implementado un sistema de validación que muestra una marca en una posición en la que el usuario debe realizar una acción de clic, seguidamente la marca desaparece y reaparece de nuevo de forma pseudo-aleatoria a 400 píxeles de distancia. Este proceso se repite 5 veces y se almacena: la información del clic realizado, la trayectoria seguida y la detección inicial de la cara del usuario.

La tabla 1 resume los resultados del experimento referentes a la detección facial y a las acciones de clic. Se observa que la detección facial y el clic por tiempo se han realizado de forma correcta en el 100% de las ocasiones. El clic con la boca se ha detectado correctamente en el 96% de los casos. Por otro lado, el clic con los ojos es más sensible y funciona correctamente el 68% de los casos, con un 1% de falsos positivos.

En la imagen 8 se observa la posición de las distintas marcas mostradas durante el experimento, numeradas del 1 al 5 en función de su orden de aparición. También se muestra el punto donde se ha realizado el clic y la trayectoria seguida entre las distintas marcas.

Para comparar HeadMouse con otros elementos apuntadores se ha repetido el experimento con un ratón o *mouse* convencional, un touchpad, y un joystick.

La imagen 9 muestra el porcentaje de error de distancia cometido por los distintos elementos apuntadores, entendiendo como error de distancia la relación entre la distancia mínima entre marcas (400 píxeles) y la distancia real recorrida. Se observa que el touchpad es el elemento con mayor error (25%) mientras que el *mouse* y HeadMouse tienen un error muy similar, próximo al 5%.

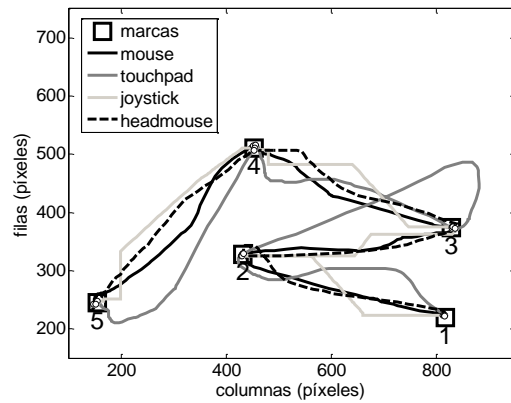


Imagen 8. Ejemplo de trayectoria seguida por los distintos elementos apuntadores comparados.

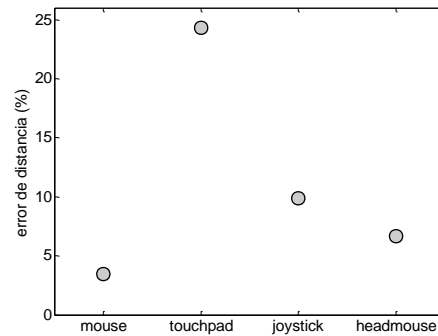


Imagen 9. Error medio de distancia entre marcas consecutivas.

La imagen 10 muestra el tiempo medio entre marcas consecutivas, en este caso se observa que el ratón y el touchpad son los sistemas que permiten un desplazamiento más rápido, con 6 y 8 segundos respectivamente, mientras que el joystick, con 27 s es notablemente más lento que el sistema HeadMouse (13 s).

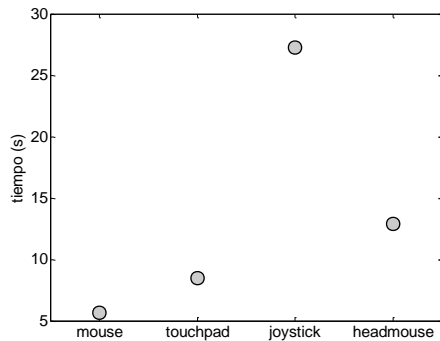


Imagen 10. Tiempo media entre marcas consecutivas.

7. Funcionalidades

Para operar como herramienta de accesibilidad, el ratón virtual HeadMouse incorpora un conjunto de funcionalidades que permiten que pueda ser ajustado a las necesidades específicas de cada usuario.

Calibración: El sistema no requiere una calibración inicial. El ratón virtual se pone en marcha al detectar la cabeza del usuario en la imagen capturada con la cámara del sistema. En caso de fallo del sistema de detección existe la opción de realizar la calibración de forma manual.

Movimiento: El sistema ofrece tres tipos de desplazamiento del cursor.

1) *Absoluto:* el cursor se desplaza por la pantalla siguiendo los movimientos de la cabeza del usuario.

2) *Relativo:* el cursor se desplaza por la pantalla siguiendo la orientación de la cabeza del usuario.

3) *No movimiento:* El cursor no se mueve y el sistema sólo genera acciones de clic.

Velocidad del cursor: El sistema ofrece tres velocidades configurables para controlar el desplazamiento del cursor.

Sensibilidad: El sistema permite configurar la inclinación máxima de la cabeza necesaria para desplazar el cursor de un extremo al otro del monitor.

Clics: La acción de clic puede realizarse por tiempo, con los ojos y con la boca. Cada acción de clic puede ser configurada como: clic izquierdo, doble clic, clic central, clic derecho, arrastrar y como un menú emergente con todos los clics disponibles.

Idioma: El sistema utiliza una interfase gráfica con poco texto, sin embargo algunos textos o mensajes son inevitables y pueden mostrarse en español, inglés, portugués e italiano.

Sonido: Se puede configurar el sistema para emitir un sonido predeterminado al realizar una acción de clic.

Arranque automático: Se puede configurar el sistema para arrancar automáticamente al iniciar el sistema operativo.

Tamaño de ventana: Existen tres tamaños predefinidos para el menú principal ajustando el tamaño de los iconos a las necesidades del usuario y el tamaño de ventana utilizado.

8. Conclusiones

En este trabajo se presenta la realización de un ratón virtual como dispositivo apuntador de controlar el movimiento del cursor mediante ligeros movimientos de la cabeza y realizar acciones de clic mediante gestos faciales.

El sistema HeadMouse puede utilizarse con una webcam de bajo coste que facilite imágenes de la cabeza de un usuario situado frente a la pantalla de un ordenador con el fin de estimar sus movimientos y convertirlos en desplazamientos del cursor. Al iniciar el programa se utiliza el algoritmo de detección facial de Viola y Jones para localizar la cara del usuario y obtener un patrón de referencia. Dicho patrón se utiliza como referencia para estimar la orientación de la cara y fijar la posición del cursor en pantalla. Se propone también un procedimiento específico que permite reducir las vibraciones en la estimación del desplazamiento del cursor. Para la detección de los gestos faciales se ha utilizado un algoritmo de cálculo del flujo óptico en la zona de la cara para detectar los movimientos de la boca y de los párpados e interpretarlos como acciones de clic. La implementación optimizada de ambos algoritmos permite que el sistema opere a 30 imágenes por segundo con un bajo consumo de recursos de CPU.

Los resultados obtenidos con un grupo de usuarios sin limitaciones de movilidad muestran que se obtienen unas trayectorias similares a las de un ratón físico convencional. El sistema propuesto para la detección de clics tiene una tasa de éxito del 96% en el caso de la

interacción persona-ordenador. El dispositivo virtual está especialmente diseñado para que personas con problemas de movilidad puedan

apertura de boca y del 68% en el caso del parpadeo con los ojos.

El dispositivo HeadMouse se presenta como una alternativa a los distintos dispositivos apuntadores diseñados especialmente para personas con limitaciones de movilidad que no pueden utilizar un ratón físico convencional. En trabajos futuros el sistema será testado por usuarios finales de la aplicación.

9. Agradecimientos

La Fundación Adecco e Indra, a través del programa de tecnología accesible, han financiado el desarrollo de HeadMouse.

10. Referencias

[1] K. Grauman, M. Betke, M. Lombardi, J. Gips, and G.R. Bradski. "Communication via eye blinks and eyebrow raises: video-based human-computer interfaces", *Universal Access in the Information Society*, 2003, 2(4), pp.359-373..

[2] M. Betke, J. Gips, and P. Fleming, "The Camera Mouse: Visual Tracking of Body Features to Provide Computer Access for People With Severe Disabilities", *IEEE Trans. On Neuronal Systems and Rehabilitation Engineering*, 2002,10(1), pp.1-10.

- [3] J. Gips, M. Betke, and P. DiMattia. "Early Experiences Using Visual Tracking for Computer Access by People with Profound Physical Disabilities", In C. Stephanidis (Ed.), *Universal Access in HCI: Towards an Information Society for All*, 2001, (3, pp. 914-918): Lawrence Erlbaum Associates.
- [4] H. Kim, and D. Ryu, "Computer Control by Tracking Head Movements for the Disabled", *Computers Helping People with Special Needs*, 2006, 4061, pp.705-715.
- [5] C. Manresa-Yeel, J. Varonal, and F.J. Perales, "Towards Hands-Free Interfaces Based on Real-Time Robust Facial Gesture Recognition", *Lecture Notes in Computer Science*, 2006, 4069, pp.504-513.
- [6] J. Tu, H. Tao, and T. Huang, "Face as mouse through visual face tracking", *Computer Vision and Image Understanding*, 2007, 108(1), pp. 35-40.
- [7] T. Palleja, E. Rubion, M. Teixido, M. Tresanchez, A. Fernandez del Viso, C. Rebate and J. Palacin, "Using the Optical Flow to Implement a Relative Virtual Mouse controlled by Head Movements", *Journal of Universal Computer Science*, 2009, 14(19), pp. 3127-3141.
- [8] W. Nutt, C. Arlanch, S. Nigg, and G. Staufert, "Tongue-mouse for quadriplegics", *Journal of Micromechanics and Microengineering*, 1998, 8 (2), pp. 155-157.
- [9] D. Hyun, and M. Jin, "Eye-mouse under large head movement for human-computer interface", *IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, 2004, 1, pp. 237-242.
- [10] R. Reilly, and M. O'Malley, "Adaptive Noncontact Gesture-Based System for Augmentative Communication", *IEEE Trans. on Rehabilitation Engineering*, 1999, 7(2), pp. 174-182.
- [11] D.G. Evans, R. Drew, and P. Blenkhorn, "Controlling mouse pointer position using an infrared head-operated joystick", *IEEE Trans. on Rehabilitation Engineering*, 2000, 8(1), pp. 107-117.
- [12] Y. Chen, F. Tang, W. Chang, M. Wong, Y. Shih, and T. Kuo, "The new design of an infrared-controlled human-computer interface for the disabled", *IEEE Trans. on Rehabilitation Engineering*, 1999, 7(4), pp. 474-481.
- [13] G. Pfurtscheller, B. Graimann, and C. Neuper, "EEG-based Brain-Computer Interface Systems and Signal Processing", In: M. Akay (Ed.), *Encyclopedia of Biomedical Engineering*, New Jersey, 2006, pp. 1156-1166.
- [14] F. X. DiMattia, P. Curran, and J. Gips, "An Eye Control Teaching Device for Students Without Language Expressive Capacity: EagleEyes. Lampeter", U.K.: Edwin Mellen Press, 2001.
- [15] G-M. Eom, K-S, Kim, J. Lee, S-C. Chung, B. Lee, H. Higa, N. Furuse, R. Futami, and T. Watanabe, "Gyro-Mouse for the Disabled: 'Click' and 'Position' Control of the Mouse Cursor. International", *Journal of Control Automation and Systems*, 2007, 5(2), pp. 147-154.
- [16] HeadMouse, disponible desde septiembre del 2010 en <http://robotica.udl.cat>
- [17] Intel OpenCV Library, <http://www.sourceforge.net/projects/opencvlibrary> Último acceso en Abril 2011.
- [18] R. Brunelli, "Template Matching Techniques in Computer Vision: Theory and Practice", Geat Britain: CPI Antony Rowe, Chippenham, Wiltshire, 2009

Implementación de VirtualKeyboard como Herramienta de Mejora de la Accesibilidad a las TIC

M. Teixidó, I. Arroyo, T. Pallejà, M. Tresanchez,
J. Palacín

A. Fernández del Viso, C. Rebate

Departamento de Informática e Ingeniería Industrial,
Universitat de Lleida, C/ Jaume II, 69
25001 Lleida, España
palacin@diei.udl.cat

eInclusion Unit-Indra, C/ Acanto, 11
28045 Madrid, España

Abstract

This paper presents the implementation of predictive capabilities on a virtual keyboard in order to minimize the number of keystrokes required to write a text with an on screen keyboard. This work has been designed to facilitate the writing task for people with mobility impairments that can not use a conventional keyboard. In this work a complete prediction that learns the writing stile of the user is proposed. Results show keystroke savings of 42% when written a literary text. The 21% of the words can be typed just with one keystroke and 37% of the words with two keystrokes.

Resumen

En este trabajo se presenta la implementación de capacidades predictivas en un teclado virtual con el objetivo de minimizar el número de pulsaciones necesarias para la escritura de un texto con un teclado en pantalla. Este trabajo ha sido diseñado para facilitar al máximo la escritura para personas con discapacidad motriz que no pueden utilizar teclados convencionales. En este trabajo se propone el uso de un sistema de predicción capaz de aprender el estilo de escritura del usuario. Los resultados obtenidos muestran que un ahorro del 42% de las pulsaciones necesarias para escribir un texto literario. El 21% de las palabras se pueden escribir con tan solo una pulsación y un 37% de las palabras con dos pulsaciones.

1. Introducción

Un teclado virtual es un teclado representado en una pantalla que puede ser utilizado con los dedos (si la pantalla es táctil) y con cualquier dispositivo que permita controlar el cursor en pantalla. El principal objetivo de un teclado virtual es emular el funcionamiento de un teclado convencional y, en nuestro caso, permitir que una persona con problemas de movilidad pueda acceder a las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). El desarrollo de estos dispositivos se ha acentuado con la aparición en el mercado de dispositivos móviles que disponen de pantallas táctiles [19] y otros dispositivos como los cajeros automáticos [20].

El proceso de escritura en un teclado virtual se lleva a cabo mediante la pulsación simulada de sus teclas. En el caso de personas con problemas de movilidad existen ratones informáticos adaptados [21], ratones virtuales controlados con movimientos de la cabeza y gestos faciales [11, 2, 7] o controlados con la lengua [25].

El uso de un teclado virtual implica la disminución de velocidad en la escritura puesto que se pasa de utilizar 10 apuntadores (los dedos) a un único apuntador. Algunas alternativas para contrarrestar dicha disminución son mejorar la distribución de teclas, de forma que la distancia entre las letras más usadas sea mínima [26] y la opción de añadir un sistema básico de predicción al teclado virtual [27] tanto para el autocompletado de la palabra actual como para la predicción de la siguiente palabra a partir de las palabras ya escritas. El sistema básico de

predicción puede complementarse con otros algoritmos especializados [28, 29, 30, 31].

2. Sistema VirtualKeyboard

El programa VirtualKeyboard (imagen 11) ha sido desarrollado dentro del proyecto TeCLado Asistido (TCLA) e incorpora funciones de predicción de palabra actual y de palabra siguiente utilizando 6 botones de predicción donde se muestran las palabras propuestas por los algoritmos de predicción. El programa VirtualKeyboard en su versión 2 está disponible para los sistemas operativos Windows, se ofrece de forma gratuita y puede descargarse en [32].



Imagen 11. VirtualKeyboard versión 2.

3. Algoritmos de predicción

En la implementación de VirtualKeyboard se utilizan dos algoritmos predictivos para acelerar el proceso de escritura: predicción de la palabra actual y predicción de la palabra siguiente.

3.1. Predicción de palabra actual

El algoritmo de predicción de palabra actual (PA) se basa en proponer un conjunto de palabras que comiencen con la misma/s letra/s introducida/s por el usuario ordenadas por frecuencia de uso de mayor a menor grado. El conjunto de palabras propuestas por el sistema se obtiene consultando la tabla de PA (TPA) formada por binomios $\langle p, fr \rangle$, donde p es una palabra y fr su frecuencia de repetición, siendo esta última el número de veces que la palabra ha sido escrita usando el teclado virtual TCLA. Tras la escritura de cada nueva palabra P_i se realiza una nueva consulta a la tabla; si la palabra no existe, se inserta el binomio $\langle P_i, 1 \rangle$; si la palabra existe se incrementa su frecuencia de repetición en una unidad.

La tabla 2 muestra un ejemplo de TPA. El diseño del teclado virtual TCLA permite utilizar una TPA vacía y construir una tabla TPA a partir de un texto base.

Palabra	de	la	el	...	casa
Fr. repetición	4852	3652	2068	...	104

Tabla 2. Binomios en la tabla TPA.

3.2. Predicción de palabra siguiente

El algoritmo de predicción de palabra siguiente (PS) se basa en proponer un conjunto de palabras que anteriormente se han tecleado con posterioridad a la última palabra introducida. El conjunto de palabras propuestas se obtiene mediante la consulta de una tabla de PS (TPS) formada por tripletas $\langle p, ps, fr \rangle$, donde p es la palabra actual, ps la palabra siguiente y fr su frecuencia de repetición, entendiéndose como tal el número de veces que se ha escrito ps tras p en el teclado virtual TCLA. La consulta a la tabla devuelve una lista de palabras ordenadas a partir de su frecuencia de repetición de forma descendente. Tras cada nueva palabra escrita P_i se realiza una nueva consulta a la tabla buscando el binomio $\langle P_{i-1}, P_i \rangle$; si el binomio no existe, se realiza una inserción con la tripleta $\langle P_{i-1}, P_i, 1 \rangle$; si el binomio existe se incrementa su frecuencia de repetición en una unidad.

La tabla 3 muestra un ejemplo de TPS. Del mismo modo que la tabla TPA, se puede iniciar vacía y construirse a partir del estilo de escritura del usuario. Ambas tablas, TPA y TPS, se guardan en un mismo fichero, así el usuario puede crear tantos ficheros como estilos de escritura desee utilizar: técnico, coloquial, literario, etc.

Palabra	de	la	el	...	casa
Palabra siguiente	Madrid	casa	perro		azul
Fr. repetición	48	36	20	...	4

Tabla 3. Trinomios en la tabla TPS.

3.3. Combinación de PA y PS

La implementación de VirtualKeyboard combina los dos algoritmos de predicción PA y PS para incrementar la capacidad de acierto del sistema. La implementación combinada se basa en:

- Aplicar el algoritmo de predicción PS siempre que no se disponga de ninguna letra de la palabra que se desea escribir.
- Si se dispone de alguna letra de la palabra que se desea escribir se busca en la TPS las palabras que comiencen con dicha/s letra/s. En caso de no disponer de suficientes palabras para llenar los botones de predicción se busca en la TPA las palabras que comiencen con dichas letras para llenar todos los botones de predicción.
- En cada etapa de predicción se descartan todas las palabras que ya han sido propuestas en la predicción anterior.

4. Número de botones de predicción

La implementación de VirtualKeyboard incorpora 6 botones de predicción aunque se ha realizado un estudio para evaluar el efecto de los botones de predicción. Para ello, se ha simulado la escritura de un texto literario de 10.000 palabras.

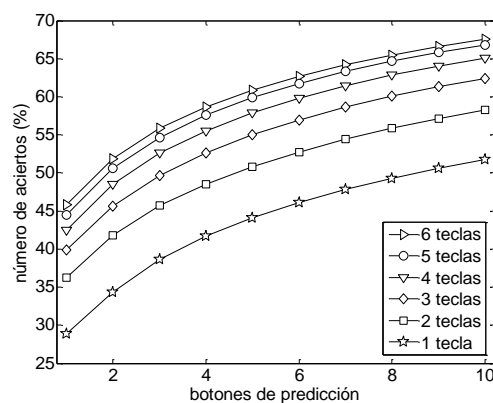


Imagen 12. Aciertos en relación de los botones de predicción utilizando el algoritmo PA.

La imagen 12 muestra el porcentaje de aciertos obtenidos aplicando el algoritmo de predicción PA teniendo en cuenta el número de teclas pulsadas y del número botones de predicción utilizados. Se observa que al aumentar el número de botones de predicción la probabilidad de acierto aumenta, aunque el esfuerzo visual y cognitivo que el usuario debe afrontar será mayor. Los resultados obtenidos muestran que el número de aciertos aumenta notablemente hasta los cinco botones de predicción empezándose a saturar a partir de este punto. En el caso del teclado virtual propuesto se han utilizado 6 botones de predicción por lo que se espera una tasa de

acierto del 45% y del 55% al pulsar una y dos teclas respectivamente.

La imagen 13 muestra el porcentaje de aciertos obtenidos aplicando el algoritmo de predicción PS en función del número de botones de predicción disponibles. Los resultados muestran que se obtiene un 31% de acierto en la predicción al utilizar 6 botones y un 36% de acierto al utilizar 10 botones.

5. Validación del sistema de predicción

Para realizar la validación del sistema se ha simulado la escritura de un texto literario de 20.000 palabras con una gran riqueza de vocabulario. Las pruebas se han realizado con un diccionario vacío, es decir, las dos tablas de predicción; TPA y TPS no contienen ninguna información lo que va permitir evaluar la capacidad de aprendizaje del sistema.

La imagen 14 muestra el porcentaje de uso de cada botón de predicción en bloques de 5.000 palabras. El botón de predicción 0 representa que no se ha utilizado ningún botón de predicción para escribir una palabra mientras que los botones del 1 al 6 indican que ese botón ha sido pulsado para escribir la palabra. La imagen 14 muestra que en el primer bloque un 60% de las palabras han sido predichas, aunque el 40% restante ha sido escrito en su totalidad. De esta forma, sólo con una escritura de 1.000 palabras ya se ponen de manifiesto las ventajas de una utilización conjunta de los algoritmos de predicción PA y PS. Con los resultados obtenidos en el análisis se observa

que conforme aumenta el número de palabras escritas en el teclado el porcentaje de acierto va incrementando.

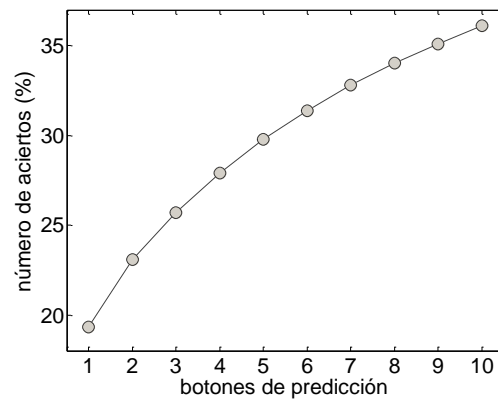


Imagen 13. Promedio de aciertos en relación de los botones de predicción utilizando el

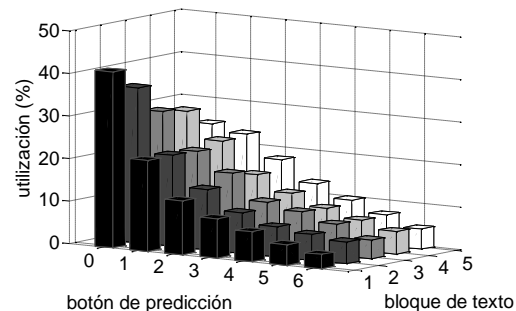


Imagen 14. Estadísticas de uso de los botones de predicción.

La imagen 15 muestra el porcentaje de acierto en función de las palabras escritas agrupadas en bloques de 1.000 palabras, en la que se observa una tendencia general creciente durante el análisis.

La imagen 16 muestra el porcentaje de teclas pulsadas al escribir el texto con un diccionario vacío, es decir, con las TPA y la TPS sin ninguna palabra. Se observa que el porcentaje de teclas pulsadas cuando se han introducido 1.000 palabras está alrededor del 77%, este

porcentaje mejora (disminuye) conforme se van introduciendo palabras ya que el sistema de predicción aprende el estilo de escritura del usuario. Tras escribir las 20.000 palabras el porcentaje de teclas pulsadas alcanza el 58%.

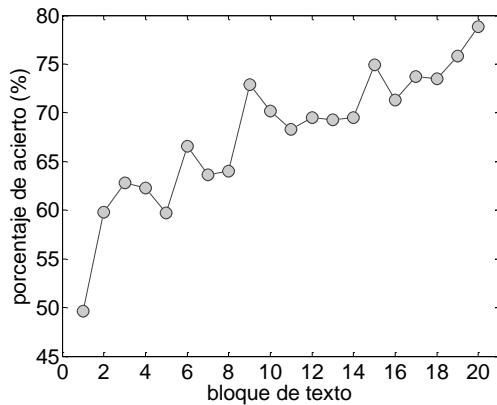


Imagen 15. Porcentaje de acierto en función del número de palabras escritas.

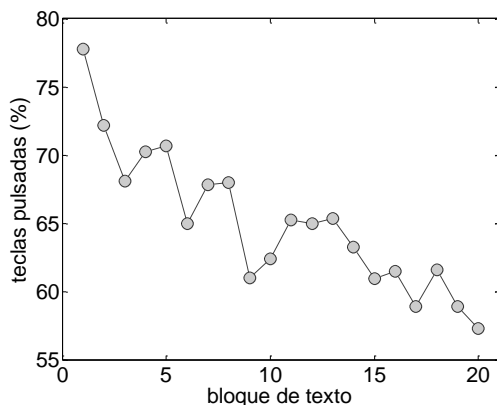


Imagen 16. Porcentaje de teclas pulsadas en relación al número de palabras escritas.

Finalmente, la imagen 17 muestra el porcentaje de palabras escritas en función del número de letras introducidas usando o sin usar el sistema de predicción. Se observa que sin el algoritmo de predicción no es posible la escritura de ninguna palabra con una letra puesto que las palabras de una sola letra como “y” necesitan de la escritura de un espacio posterior. Con el algoritmo de predicción no es necesario realizar

esta pulsación adicional dado que el mismo botón de predicción escribe un espacio tras la inserción de la palabra predicha. La imagen 17 muestra que utilizando el sistema de predicción es posible la escritura de un 21% de las palabras con tan solo una pulsación y un 37% de las palabras al teclear únicamente dos teclas.

6. Funcionalidades

La implementación de VirtualKeyboard incorpora, a parte del sistema de predicción, un conjunto de funcionalidades que mejoran la interacción y que permiten reducir el número de pulsaciones necesarias para realizar una tarea de escritura específica. Las funcionalidades incorporadas son:

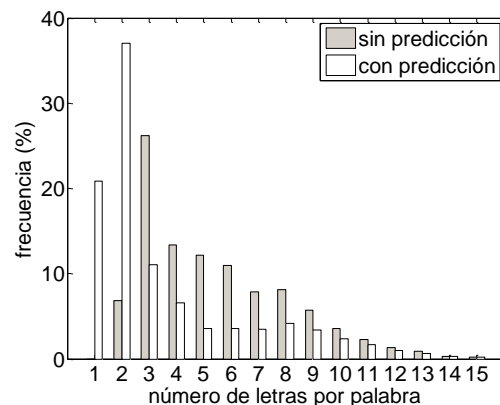


Imagen 17. Acierto de palabra en función del número de letras escritas.

Auto-clic: El sistema realiza un clic de forma automática si el cursor permanece estático sobre una tecla durante un tiempo configurable. De esta forma no es necesario hacer la acción de clic.

Contraseña: En este modo de funcionamiento el teclado no guarda las palabras escritas en la base de datos y muestra un símbolo negro en lugar de las teclas pulsadas.

Atajos: Acceso directo con un clic a funciones estándar de copiar, pegar, cortar, deshacer, repetir, redimensionar, posición del teclado en pantalla, etc.

Espacio automático: El sistema permite añadir automáticamente un espacio después de los siguientes signos de puntuación: “.”, “,”, “:”, “;”.

Símbolos especiales: Muestra el conjunto de caracteres especiales disponibles en el sistema.

Estadísticas: Muestra la estadística de las teclas ahorradas y el porcentaje de acierto de los dos sistemas de predicción incluidos.

Configuración regional: Permite configurar la distribución de teclas utilizada en diversas áreas regionales.

Configuración de color: Permite configurar los colores de representación del teclado así como definir un nivel de transparencia.

7. Conclusiones y trabajo futuro

El objetivo de la implementación de VirtualKeyboard consistió en el desarrollo de un teclado virtual en pantalla cuyo diseño estuviese optimizado para facilitar la escritura de texto de una manera lo más rápida posible. El sistema incorpora funciones de aprendizaje y de predicción que permiten una reducción del 40% de las pulsaciones de teclas necesarias

para escribir un texto en estilo literario. El sistema permite la utilización de diversos diccionarios para diversos idiomas o estilos de escritura diferentes. Los resultados obtenidos muestran que el sistema de predicción es capaz de predecir correctamente el 21% de las palabras únicamente a partir de la palabra anterior y sin haberse pulsado todavía ninguna tecla de la palabra actual y que es capaz de predecir correctamente el 37% de las palabras tras haberse pulsado una tecla de la palabra.

Como trabajo futuro se pretende incorporar innovaciones tecnológicas que faciliten al máximo la escritura para personas con discapacidad motriz. Entre otras:

Auto-clic mejorado: Mejorando el sistema que permite realizar un clic de forma automática si el cursor permanece estático sobre una tecla durante un tiempo configurable

Barrido: El sistema mostrará una línea vertical y horizontal que realizarán un barrido sobre el teclado. De esta forma un usuario que no pueda controlar el desplazamiento del cursor pero que pueda realizar una acción de clic podrá detener el barrido sobre la tecla que desee pulsar y escribir cualquier texto.

Configuración de color mejorada: Permitirá colorear teclas por grupos (vocales, edición, etc.) o funcionalidades.

Configuración del sistema de predicción: Permitirá que el sistema de predicción sea desactivado total o parcialmente, así como seleccionar el algoritmo de predicción (PA, PS, o PA+PS) activo.

Definición de macros: Permitirá definir un conjunto de pulsaciones a una única pulsación

como, por ejemplo, introducir una dirección postal.

Mejora del control de diccionarios: Permitirá crear o borrar ficheros de diccionarios.

8. Agradecimientos

La Fundación Adecco e Indra, a través del programa de tecnología accesible, han financiado el proyecto TCLA y el desarrollo de VirtualKeyboard.

9. Referencias

- [19] I. Poupyrev, S. Maruyama, "Tactile interfaces for small touch screens," *In proceedings of ACM UIST 2003*, Vancouver, 2003, pp. 217-220.
- [20] B. Shneiderman, "Touch screens now offer compelling uses," *Software, IEEE*, vol.8, no.2, Mar 1991, pp.93-94.
- [21] C. Sjoström, "Designing haptic computer interfaces for blind people," *Signal Processing and its Applications, Sixth International Symposium on*, vol.1, 2001, pp.68-71.
- [22] D.G. Evans, R. Drew, P. Blenkhorn, "Controlling mouse pointer position using an infrared head-operated joystick," *Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on*, vol.8, no.1, March 2000, pp.107-117.
- [23] M. Betke, J. Gips, P. Fleming, "The Camera Mouse: Visual Tracking of Body Features to Provide Computer Access for People With Severe Disabilities". *In: IEEE Trans. On Neuronal Systems and Rehabilitation Engineering*, vol. 10, no. 1, March 2002, pp. 1-10.
- [24] T. Palleja, E. Rubion, M. Teixido., M. Tresanchez, A. Fernandez del Viso, C. Rebate, J. Palacin, "Using the Optical Flow to Implement a Relative Virtual Mouse Controlled by Head Movements". *Journal of Universal Computer Science*, vol. 14, no. 19, February 2009, pp. 3127-3141.
- [25] H. Xueliang, W. Jia, G. Maysam, "A Wireless Tongue-Computer Interface Using Stereo Differential Magnetic Field Measurement". *Proceedings of the 29th Annual International Conference of the IEEE EMBS*. Lyon (France), August 23-26, 2007.
- [26] S. Mackenzie, S. X. Zhang, R. William, "Text entry using soft keyboards", *Behaviour & information technology*, vol. 18, no. 4, 1999, pp. 235-244.
- [27] E. Peter, "Virtual keyboard with scanning and augmented by prediction". *Proc. 2nd Euro. Conf. Disability, Virtual Reality & Assoc. Tech.*, Skövde, Sweden, 1998.
- [28] N. Garay and J. Abascal, "Using statistical and syntactic information in word prediction for input speed enhancement". *Information Systems Design and Hypermedia*, Toulouse (France), 1994, pp. 223-230.
- [29] C.W. Heckathorne and D.S. Childress, "Applying anticipatory text selection in a writing aid for people with severe motor impairment". *IEEE Micro*, 1983, 3(3), pp. 17-23.
- [30] A.L. Swiffin, J.L. Arnott, J.A. Pickering, A.F. Newell, "Adaptive and predictive techniques in a communication prosthesis". *Augmentative Alternative Commun*, 1987, 3, pp. 181-191.
- [31] H.S. Venkatagiri, "Efficiency of lexical prediction as a communication acceleration technique". *Augmentative Alternative Commun*, 1993, 9, pp. 161-167.
- [32] TCLA VirtualKeyboard, disponible desde septiembre del 2010 en <http://robotica.udl.cat>

Near Field Communication technology for identifying medicines

Juan A. Fraile, Montserrat Mateos and Miguel A. Sánchez
Pontificia of Salamanca University, Compañía, 5, 37002, Salamanca, Spain
{jafraileni, mmateossa, masanchezvi}@upsa.es

Abstract

This article proposes a multi-agent system (MAS) that uses contactless devices and mobile technology to personalize medical information for patients. The system is based on NFC tags that are adhered to the outer box containing the medication, and include associated multimedia content that can be displayed on a mobile telephone with NFC technology. The use of NFC technology allows the identification of the patient and the application of preventative medical protocols to the patient. The proposed multi-agent system uses reasoning, task planning and the synchronization of patient data in a secure and efficient manner to manage the infrastructure of services within the environment both efficiently and securely. A system prototype was installed in a real environment and the results obtained are presented in this article.

Resumen

En este artículo se propone un sistema multiagente (SMA) para la personalización de información en medicamentos para pacientes utilizando dispositivos contactless y tecnología móvil. El sistema está basado en etiquetas NFC que se pegan en las cajas de medicamentos y a las que se puede asociar contenido multimedia que puede reproducir un teléfono móvil con tecnología NFC. La utilización de la tecnología NFC permite la identificación del paciente y la aplicación de protocolos médicos preventivos a pacientes. El sistema multiagente propuesto gestiona la infraestructura de servicios en el entorno de forma eficaz y segura a través del razonamiento, planificación de tareas y sincronización de los datos obtenidos de los pacientes. Un prototipo del sistema ha sido instalado en un entorno real y los resultados obtenidos se presentan en este artículo.

1. Introduction

The growth of Information and Communication Technology (ICT) has not stopped increasing in recent years. Changes in technology are produced so quickly that it has become necessary to develop an unprecedented capability to assimilate and adapt to these changes. The incorporation of ICT into our daily lives has, undoubtedly, many positive consequences. Nevertheless, it also has associated risks, most notably the “Digital Divide” 0, a concept used to define the gap of inequality that results from certain groups of individuals who are unable to integrate modern technology, and thus remain excluded from the new society that is being created. Some of the population sectors most notably affected by this risk include individuals who find it most difficult to adapt quickly to change, specifically older adults and those with disabilities 0. However, it is important to point out that this same group of individuals, once provided with the specific means for overcoming their limitations, can take advantage of the countless benefits offered by technology to improve their quality of life. Because mobile technology is considered to be the fastest growing within the field of technology, a large number of technological innovations are focused on mobile telephony. The mobile telephone is no longer considered to be a simple device limited to making calls, rather it incorporates an array of features for use in daily life, such as messaging, connecting to internet, playing music, video, etc. It has, to a certain degree, become a sort of personal computer. As mobile technology advances and these devices begin to function as increasingly complex systems, the effort to allow disabled individuals to

access these technologies is growing more and more. The main objective of these efforts is to provide access to different types of information from any place and at any time, which is evident in recent attempts to integrate mobile information devices into web-based business processes and e-commerce situations.

Pervasive Computing integrates new technologies into a personal environment, inserting intelligent devices in daily tasks and enabling them to interact naturally and uninhibitedly in all types of situations and circumstances. In this respect, Pervasive Computing allows users to focus on the tasks they must perform, not on the tools they must use, to improve their quality of life 0. Pervasive systems need to include a wide array of services in order to be functional, such as multimedia, communication or automation 0. Automating hardware devices permit their connection to communication networks 0 and their execution on different platforms. Recent advances in microelectronic and wireless technologies have stimulated the growth of small devices with high communication and processing capabilities. Pervasive systems take these advances into account. One of the goals of pervasive computing is to improve the quality of life of individuals with chronic diseases and patients in general. This group of individuals requires new solutions that can take advantage of technological advances to offer novel services. Pervasive computing can improve quality of life, access, equality and continuity in health care 0. In this respect, intelligent environments can improve health care services and provide a significant social impact. Pharmacies are one of the environments that can benefit from the application of pervasive systems.

A pharmacy needs to coordinate the work between the pharmacist and the doctor so that the patient benefits from two different perspectives that converge in their attempt to improve the health of the patient. The pharmacist's priority is to help the patient with his or her pharmacological needs and treatment. This type of service requires greater confidentiality than what is provided at the counter so that the pharmacist can provide better and more effective service. Taking these needs into consideration, we can be sure that wireless and mobile technology together with pervasive computing and intelligent systems are very useful in personal health care. In this respect, multi-agent systems, such as the intelligent systems in 0, can facilitate the development of pervasive pharmacological environments. Furthermore, agent-based methodologies provide mechanisms to model distributed, interoperable and secure systems while taking into account the social aspects of the organization. Agents are autonomous software entities 0 that are capable of interacting within their environment, that are highly skilled in adapting to change, and can take into account the integration of multiple devices, sensors and people.

Agents and multi-agent systems have become basic elements in the development of dynamic and distributed systems, and have been successfully applied in areas such as e-commerce, medicine, home care, robotics, etc. 0 0 The characteristics that comprise the agents make them ideal for developing distributed systems based on pervasive computing. One of the advantages of the agents is their ability to easily adapt to any type of patient and his or her pathologies 0. Additionally, agents are frequently used with mobile technology such as GPRS (General Packet Radio Service), NFC 0

(Near Field Communication) or Wireless, to obtain patient information in novel ways.

The main objective of this study is to present a multi-agent PharMAS (Pharmacy Multi-Agent System) architecture that has been specifically designed for pervasive environments. The architecture provides innovative mechanisms for integrating multi-agent systems and intelligent interfaces to obtain patient information. The PharMAS architecture utilizes the patient information it obtains to personalize the information that a patient should receive in a pharmacy, while taking into account the patient's individual pathologies. The architecture incorporates Wireless, Wi-Fi, NFC and RFID (Radio Frequency Identification) technologies 0 to automatically identify patients and medications. These technologies provide the structure required for supporting the communication needs for the system agents with the data processing equipment and devices. Furthermore, they increase the flexibility and efficiency of the agents by allowing them to access resources (programs, equipment, services, multimedia files, etc.) remotely, regardless of their physical location. Another important contribution of the PharMAS architecture is the incorporation of deliberative BDI agents 0. The deliberative agents in PharMAS allow reasoning and the ability to personalize the information that each patient will receive. PharMAS was used to develop a prototype (PharmaFabula) to personalize the information in the medication that patients receive in the pharmacy. The multi-agent system offers a series of functionalities that include automated reasoning and an identification system. The medical personnel use PDAs and mobile telephones to update the pathologies for each patient in that patient's mobile receiver. The

pharmacy personnel are responsible for automatically identifying the patient. They can also personalize each medication with the instructions for each patient by using a contactless card reader or a mobile with NFC technology that can interface with a Mifare tag adhered to the outer box of the medication.

The remainder of the article is structured as follows: the next section presents the state of the art of pervasive computing in healthcare and the way in which they interact within healthcare environments. Section 3 describes the proposed multi-agent system, focusing on the description of how the agents interact with the contactless devices. Section 4 presents the PharmaFabula prototype that was developed for this study. Finally, section 5 presents the results and conclusions obtained after installing the prototype in a care facility, and suggests future areas of investigation for improving the system.

2. Pervasive computing in Health Care

Pervasive systems are trying to build environments in which the technological components disappear from the view of the computer user. According to Mark Weiser [1] the most entrenched technologies are those that disappear, and are so intermingled in the reality of everyday life that they become invisible. Weiser's motivation was to find a way to facilitate the use of computers. Today, the main purpose of pervasive computing is to

improve the user experience when it comes to interacting with computer technology. Weiser said that pervasive systems refer to a mixture of digital and physical environments that are inhabited by computer components and communications, and integrated seamlessly with human users and their needs. Such systems make the technology transparent and allow users to concentrate on their tasks and experience. When designing pervasive services it is necessary to offer them in such a way that allows users to operate in an enjoyable manner. Complete pervasive systems must integrate many different types of subsystems that provide different services. Pervasive systems are highly dependent on the system hardware. In addition, any change in the system requirements affects a wide scope of the system.

Various studies have been carried out in the field of pervasive systems with contactless technology. For example, Reikki *et al.* [2] propose a general framework for requesting pervasive services by simply placing a mobile close to a contactless tag. This framework explains how the action of moving a device towards a contactless tag is transformed into contextualized information. Additionally, the information obtained triggers a service request in a local environment, such as opening a calendar, or placing a call. Other authors working within the context of healthcare propose the use of contactless tags and sensors for context-aware computing applications. One such study was proposed by Bardram [3], who presents the design of a context-aware pill container and context-aware hospital beds, both of which adapt to and react according to their environment. In this application, the hospital bed includes an integrated computer and several sensors that identify the patient,

the nurses, and doctors. This way, for example, if the nurse approaches the patient with the medicine, it is possible to confirm whether the nurse has the correct medication for that patient. Another study performed in a hospital environment was carried out at the University Hospital of Ghent in Belgium [10], and implemented a system for tracking a patient's location in the event of an emergency. In this case, the sensor detects when the patient is experiencing cardiac distress and alerts healthcare personnel to the patient's location. Also used for locating patients, but using wireless sensor networks, Chen [11] proposes a system for patients who are ill or children who are in an amusement or theme park context. Finally, one of the most recent studies was carried out by Vergara *et al.* [12], and used NFC technology to facilitate the lives of elderly people living alone. This system implements some applications that identify objects such as medications, people or certain foods by simply moving a NFC device closer to a contactless tag affixed to an object. This system also searches for a way to generalize touch-based applications on mobile phones by applying a cloud computing paradigm. Each of the previously described systems is used for the healthcare of patients who are ill or elderly and who need medical assistance for their localization. These systems also utilize contactless technologies in an attempt to make the use of technology invisible to the patients and medical personnel. However, none of these systems offers healthcare services personalized for the patients or value-added services in the patient's daily life. The PharmaFabula system presented in this study is based on the PharMAS multi-agent system and uses contactless technology to offer personalized patient information.

Multi-agent systems have been shown to be valid in resolving health problems [13]. They have also been applied to control wireless devices in geriatric care facilities [14]. The PharMAS multi-agent system is very appropriate for solving problems related to the coordination of medical specialists and pharmacists. The agents can communicate and cooperate among themselves to build a personalized solution. Many times the solutions are complex and difficult to find. A multi-agent system searches for a solution to the problem by breaking it down into sub-problems. The multi-agent systems have also been shown to be very efficient in processing and recovering information [15]. The use of intelligent agents is an essential component for the analysis of information [16]. These agents must have independent reasoning capabilities in order to analyze the situation and achieve a high level of interaction with the users [17]. Although there are multi-agent systems that are capable of gathering information for a specific environment in order to provide medical care [18], there is still much work to be done. It is necessary to continue using the technologies and the systems that focus on improving medical care services. New wireless communication networks and mobile devices can assist in building more efficient distributed systems that are capable of supporting new services [19].

3. PharMAS Multiagent System.

Multi-agent systems are distributed systems based on the cooperation of multiple autonomous agents. PharMAS is a multi-agent system that facilitates the integration of agents and mobile devices using a contactless NFC technology. The PharMAS multi-agent system emerged in response to the need for improving techniques utilized for generating personalized information associated with medication and patient data processing. PharMAS also improves the assignment of medical diagnostics and monitoring for all types of patients. The PharMAS multi-agent system is a distributed agent platform that uses NFC technology to enable patients and pharmacists to maintain secure intercommunication for pathologies and treatments.

Each of the devices used in PharMAS is based on NFC technology. These devices not only identify and contain information about the patients, but also identify and contain personalized information for the patient in the medication. Contactless readers and mobile devices with NFC technology are used to read the NFC tags. NFC is a protocol that is based on short range wireless interface. The communication is made between two entities. The protocol establishes a wireless connection between the network applications and electronic devices. NFC works on a 13.56 MHz band, which eliminates the need for any license required for its use. With NFC there is always a device that initiates and then monitors a conversation. NFC technology fuses the usability of contactless chip technology with

the portability and market penetration of the mobile telephone. It uses an electromagnetic field to communicate securely with a mobile telephone, PDA or laptop with an intelligent contactless tag, or another device, to perform micro payments, exchange of information and access control. Patients are assigned a mobile with NFC technology, with which they can identify objects and play multi-media content associated with contactless tags. The patients can also process or provide personal information or attributes using a mobile terminal. The PharMAS system not only gathers and stores patient information, but it also serves as a proactive computing system since it takes the information associated with the medication and personalizes it according to the needs of the patient. The proactive computation, along with the use of devices utilizing NFC technology, allows PharMAS to generate a degree of independence and enrich the quality of life for the patients.

Figure 1 illustrates the different devices that can be connected to the PharMAS system.

Starting at the top there are three levels:

- The first level clearly shows a PDA that medical personnel can use to identify the patient and update his or her medical history.
- This middle level includes various devices (NFC mobiles, contactless readers, contactless tags, computers and portable equipment such as laptops) that provide the system with identification capabilities.
- The bottom level stores the data. This level provides computational capability that allows the data to be stored and processed prior to being used by the middle level.

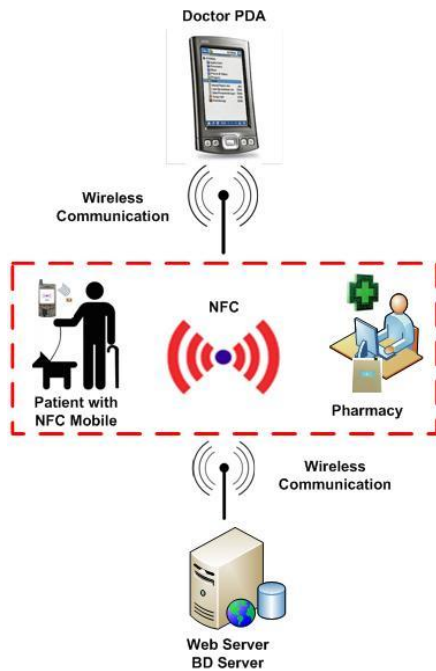


Fig. 1. Devices used in the PharMAS system

As shown in figure 2, there are different types of agents that function on each of the levels. The PharMAS multi-agent system is based on the BDI (Belief, Desire, Intention) model in which the agents act as controllers and coordinators for the various tasks associated with medical care. The agents can initialize services based on demand, planned actions or user requests. The behavior of the agents can change according to any modification made in the patient's diagnosis. The same agents can modify the patient's treatment and respond to the information associated to the object. Additionally the information for the state of the system is continually stored, allowing easy recovery in the event of system failure.

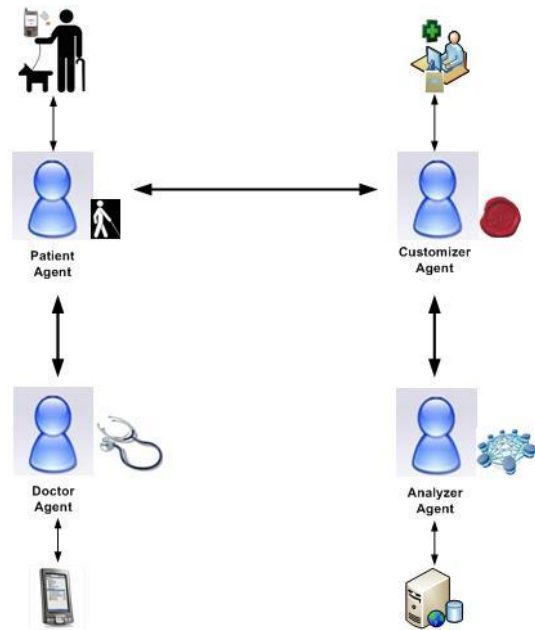


Fig. 2. Agents in the PharMAS system

The types of agents shown in figure 2 are:

- **Patient Agent:** Administers all communication with medical personnel. Receives information from the Doctor agent on incidents and data regarding patient supervision. All of this information can be sent via a wireless or GPRS connection. In the event of any failure in communication, this agent informs the Doctor agent to resend the information at a later time. The Patient agent is also responsible for copying the information associated with the medication, taking into account the type of format in which the information is stored. The Patient agent also communicates with the Customizer agent by identifying itself and updating medical history.
- **Customizer Agent:** Automatically generates personalized information for the patient by processing the information managed by the Analyzer agent. The Customizer agent uses the Text-To-Speech Loquendo system 0 to convert personalized information into an audio file. The Customizer agent

assigns an identifier to the audio file and the Analyzer agent stores it in the system. The Customizer agent records the identifying information on the contactless tags, using a URI (Uniform Resource Identifier). This agent is also responsible for identifying the patient and sending the information to the Analyzer agent in order to obtain all of the information available that is associated with the patient.

- Doctor Agent: Identifies the patient and communicates with the Patient data to update the medical history of the patient, taking into account the state and symptoms of the patient pathologies.
- Analyzer Agent: Logically orders and stores the information that is provided by the Patient and Customizer agents in the information. This task facilitates the work of the Customizer agent. The stored information can be accessed via Internet.

The Customizer agent in the PharMAS system integrates reasoning (CBR) and planning (CBP) mechanisms that permit the agents to utilize past experience to create better results and achieve their objectives. Case-Based Reasoning (CBR) is a type of reasoning based on past experiences. CBR systems solve new problems by adapting the solutions that have already been used to solve similar problems in the past, and learning from the new experiences. Case-Based Planning (CBP) stems from CBR, but is specifically designed to generate plans (a sequence of actions). With CBP, the proposed solution for a problem is a plan. This solution is generated after taking into account the plans applied to solve similar problems in the past. The problems and their corresponding plans are stored in a memory of plans. The reasoning mechanism generates the plans and the planning strategies used in past experiences, which is what essentially constitutes the concept of Case-Based Planning.

4. Case study: PharmaFabula.

A prototype of the PharMAS multi-agent system (PharmaFabula) was developed for this case study. The system improves the patients' quality of life by simplifying, improving and automating the information provided by the pharmacists to their patients. This is a real and practical solution that was developed in collaboration with ONCE (Spanish National Organization for the Blind), a prestigious Spanish organization for the blind with more than 70,000 members. Members of ONCE tested the application and are very satisfied with the results obtained.



Fig. 3. Main elements of PharmaFabula.

PharmaFabula identifies patients at the pharmacy and automatically personalizes the information that the patients receive regarding the product they are obtaining. The system gathers information about the patient, medical personnel and diagnostics, which it then stores, handles and processes to generate information at a later date that can be useful for each medication and patient.

The system interacts with users by means of mobile devices (PDA, NFC mobile phones) and wireless communication technologies (Wi-Fi, GPRS and NFC). These technologies and devices work in a distributed way, providing the users with flexibility and easy access to the system services. Figure 3 exhibits the devices that were used in the case study: (i) Computer, (ii) Medicine box, (iii) contactless tag, (iv) SCM Microsystem contactless Reader / Writer and (v) Nokia 6131 NFC mobile terminal.

This specific contactless technology allows us to automatically capture data that is used for the electronic identification of patients and for associating multimedia content to the medication. A contactless system is essentially comprised of 2 components: tags and readers. The tags can be passive (not battery operated) or active (battery operated). The active tags can be read by a reader from a greater distance than the passive tags. The contactless tag reader, which can be a mobile device with NFC technology, gathers information it reads within the reading area and transmits it to the system. This information consists of the identification taken from the contactless tag that has been read, the identification of the reader used, and the information contained in the contactless tag. The NFC mobiles use Wi-Fi or GPRS to transmit this information to the system, while the contactless readers use Wi-Fi to transmit the information through an internal network installed within the context.

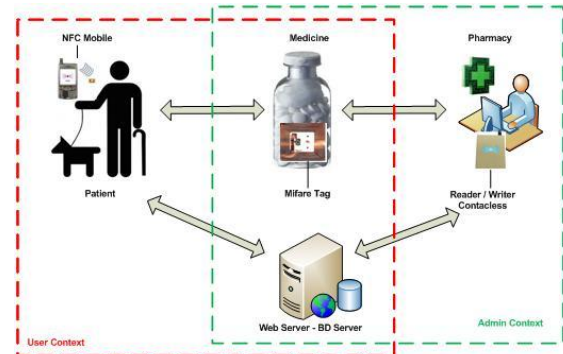


Fig. 4. PharmaFabula process description

As shown in figure 4, there are two distinct processes presented in the case study:

- **User context:** in this scenario, the patients use PharmaFabula to receive an audio file description of the medication. To achieve this, it is necessary to use a mobile NFC terminal, such as a Nokia 6131 NFC, and a medicine box that contains a contactless tag inside. This tag must have been previously configured, as explained in the description for Admin context, with a specific code associated with the medication. The patients need only move the mobile NFC terminal close to the medicine box containing the contactless tag inside. When the mobile is close enough, the Patient agent reads the information code associated with the tag. The Patient agent communicates with the Analyzer agent, sending the identification information for the medicine. The Analyzer agent recognizes the medication identifier and sends the corresponding audio file with the description of the medication, personalized for the patient, to the patient's mobile phone. The user can play the audio file on the mobile phone and listen to the information for the medication.
- **Admin Context:** this scenario configures all of the components described in the User context. The pharmacists use the Customizer agent to identify the patient

and communicate with the Patient agent. The Patient agent contains the medical diagnosis received by the Doctor agent. At the same time, the Customizer agent communicates with the Analyzer agent to know what information is associated with the patient and the medication that the patient wishes to purchase. At this point, the Customizer agent generates personalized and useful indications for the patient regarding the medication and converts the text into an audio file using the Text-To-Speech Loquendo system. The Customizer agent then assigns a unique identifier to the audio file and the pharmacist uses an application installed in the NFC mobile or a personal computer with a contactless reader to record a URI on the contactless tag for the medication. The URI is generated by the Analyzer agent. It also identifies the sound file stored by the Analyzer agent.

5. Conclusions and Future Work

NFC technology is particularly promising as a support tool for health care environments. Tags and communication devices facilitate the process of sending and receiving information in a ubiquitous and non-intrusive manner. The PharmaFabula system presented in this paper proposes an innovative technological solution consisting of an intelligent environment based on the use of NFC mobile devices, contactless tags and multi-agent systems. The PharmaFabula system was tested in a real environment, and the results obtained are promising.

The ONCE organization in Salamanca (Spain), tested PharmaFabula. Additionally, the Tiflotechnology Application Development and Research Department of ONCE in Madrid (CIDAT⁷) evaluated the project and concluded that *“NFC mobile technology combined in the innovative PharmaFabula project has great potential for the blind because it is simple, easy to use and based on accessible and inexpensive technology. PharmaFabula is a real application that shows the potential of this kind of software. We are not currently aware of a better solution for medications”*.

Other important uses for the blind that can incorporate PharmaFabula are, for example: to identify foods and provide information about expiration dates or cooking instructions, to listen to information about a cultural object, such as a picture or sculpture, to receive information about the time left for the next train or bus in a public station, etc.

The main innovative aspect of the PharmaFabula software lies in the combination of NFC mobile devices to improve the classical object recognition, providing practical information in multimedia format. It can also provide personal information for each patient. It is simple, powerful, flexible and easy to use. Furthermore, it does not require a complex technical infrastructure and it is inexpensive to deploy. ONCE and CIDAT did detect some difficulties, primarily because there are few models of NFC mobiles available in Spain and it would be necessary to reach agreements with pharmaceutical companies to include contactless tags on medicine boxes. For these reasons, we are still collaborating with them in

⁷ <http://cidat.once.es>

this project, looking for more uses and ways to solve these inconveniences.

Acknowledgments

Special thanks to the ONCE, CIDAT and Loquendo for their support.

References

B. Bachelard. Belgium Hospital Combines RFID, Sensors to Monitor Heart Patients. RFID Journal. <http://www.rfidjournal.com/article/articleview/3120/1/1>, 2007.

L. Badino, C. Barolo and S. Quazza. Language independent phoneme mapping for foreign TTS. In *IEEE Workshop on Text-to-speech Synthesis*, 2004.

S. Bahadori, A. Cesta, G. Grisetti, L. Iocchi, R. Leone¹, D. Nardi, A. Oddi, F. Pecora, and R. Rasconi. RoboCare: Pervasive Intelligence for the Domestic Care of the Elderly. In *AI*IA Magazine Special Issue*, January, 2003.

J. E. Bardram. Applications of context-aware computing in hospital work: examples and design principles. In *Proceedings of the 2004 ACM Symposium on Applied Computing*. ACM, New York, pp 1574-1579. 2004.

M. Brodwin, T. Star, and E. Cardoso. Computer assistive technology for people who have disabilities: Computer adaptations and modifications. *Journal of Rehabilitation*, 70 (3), pp. 28-33, 2004.

L. Camarinha-Matos, H. Afsarmanesh. TeleCARE: Collaborative Virtual Elderly Care Support Communities. *The Journal on Information Technology in Healthcare*. 2(2), pp. 73-86, 2004.

C. Chen. Design of a Child Localization System on RFID and Wireless Sensor Networks. *Journal of Sensors*. Volume 2010, Article ID 450392, 8 pages, 2010.

J.M. Corchado, J. Bajo and A. Abraham. GERAMI: Improving the delivery of health care, *IEEE Intelligent Systems*, Special Issue on Ambient Intelligence, 2008.

J.A. Fraile, J. Bajo, J.M. Corchado and A. Abraham. Applying wearable solutions in dependent environments. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*. In press 2010.

T. R. Hansen, J. E. Bardram, and M. Soegaard. Moving out of the lab: Deploying pervasive technologies in a hospital. *IEEE Pervasive Computing*, 5(3), pp. 24–31, 2006.

Y. Hsu, C. Yang, T. Tsai, C. Cheng and C. Wu. Development of a Decentralized Home Telehealth Monitoring System. *Telemedicine and e-Health*, Vol. 13, No.1, pp. 69-78, 2007.

T. Marchant, T. Tiernan and W. Mann. Computer accessibility issues for older adults with disabilities: A pilot study. *OTJR: Occupation Participation and Health*, 25 (2), pp. 55-65, 2005.

A. Moreno, A. Valls, D. Isern and D. Sanchez. Applying Agent Technology to Healthcare: The GruSMA Experience. *Intelligent Systems IEEE*, pp. 63-67, 2006.

J. Riekk, T. Salminen and I. Alakarppa. Requesting Pervasive Services by Touching RFID Tags. *IEEE Pervasive Computing*. 4, 1. 2006.

D.I. Tapia and J.M. Corchado. An Ambient Intelligence Based Multi-Agent System for Alzheimer Health Care. *International Journal of Ambient Computing and Intelligence (IJACI)*, Vol. 1, núm 1, pp. 15-26, 2009.

M. Tentori and J. Favela. Activity-aware computing for healthcare. *IEEE Pervasive Computing*, 7(2), pp. 51–57, 2008.

M. Vergara, P. Díaz-Hellín, J. Fontecha, R. Hervás, C. Sánchez Barba, C. Fuentes, and J. Bravo. Mobile Prescription: An NFC-Based Proposal for AAL. In 2nd International Workshop on Near Field Communication. Monaco. 2010.

R. Want. An Introduction to RFID Technology, *IEEE Pervasive Computing*, vol. 5, pp. 25-33, 2006.

Weiser, M. The Computer for the Twenty-First Century. *Scientific American*, vol. 265, pp. 94-104, 1991.

Sistema de Escritura con Texto Predictivo Controlado con Acelerómetro Mediante Cualquier Parte del Cuerpo

Isabel Gómez
Departamento de Tecnología
Electrónica. Universidad de
Sevilla. España.
igomez@us.es

Pablo Anaya
Departamento de Tecnología
Electrónica. Universidad de
Sevilla. España.
pjanaya@gmail.com

Rafael Cabrera
Departamento de Tecnología
Electrónica. Universidad de
Sevilla. España.
rcabreraac@gmail.com

Octavio Rivera
Departamento de Tecnología
Electrónica. Universidad de
Sevilla. España.
octavio@dte.us.es

Alberto Molina
Departamento de Tecnología
Electrónica. Universidad de
Sevilla. España.
almolina@us.es

Resumen

En este artículo se presenta una revisión de DasherUS, un sistema de escritura con texto predictivo controlado mediante un acelerómetro. El software que acompaña al sistema se instala en cualquier ordenador y es más rápido cuanto más se utiliza. Gracias al sistema de calibrado que incluye, el usuario puede colocar dicho sensor en cualquier parte del cuerpo y, en pocos pasos, el sistema es capaz de adaptarse a su movilidad en concreto. A diferencia de la versión anterior, ahora el texto puede ser enviado a cualquier aplicación que se esté ejecutando al momento de utilizar DasherUS, por lo que este sistema no sustituye a las aplicaciones que habitualmente estén acostumbrados a usar los usuarios. Otras mejoras que hemos introducido nos servirán para perfeccionar aún más DasherUS en el futuro, contribuyendo así a cumplir nuestro

objetivo de garantizar a cualquier persona el derecho a comunicarse, cuando sea y donde sea.

Abstract

This paper presents an update of DasherUS, a predictive text system controlled by an accelerometer. The software what brings DasherUS can be installed in any computer and it becomes faster with its use. Thanks to the calibration system included, user can put the sensor on any part of the body and, in a few steps, the system is able to adapt to the user mobility. In contrast to the previous version, the text can be now sending to any software that is running at the moment of using DasherUS, without replace any other application the user likes to use. Other improvements of the system will help us to polish DasherUS much better, carrying us closer to our objective: the

guarantee that no one will be deprived of the right to express what feels any time anywhere.

1. Introducción

En [1] presentamos DasherUS, un sistema de comunicación aumentativa y alternativa basado en el software Dasher. El objetivo de dicho trabajo se centró en estudiar las posibilidades que ofrecía la utilización de un acelerómetro como dispositivo para el control de Dasher en la comunicación de personas con discapacidad.

Pudimos demostrar que este sistema de bajo coste, controlado por un acelerómetro que situamos en la cabeza, alcanzaba velocidades de escritura cercanas a las que se pueden conseguir controlando el mismo software mediante ratón. Las líneas de trabajo que propusimos entonces fueron las siguientes:

Conectar Dasher con dispositivos de entrada basados en bioseñales.

Estudiar el uso de acelerómetros en el diseño de sistemas de tele-rehabilitación.

Sin embargo, el sistema estaba aún en desarrollo y debía ser mejorado.

En este trabajo se presenta un estudio preliminar de los aspectos a mejorar, así como la primera revisión del sistema DasherUS con algunos de estos aspectos ya tratados.

En la sección 2 hacemos un repaso del estado del arte, en la sección 3 veremos cuáles son cada una de las partes que componen el sistema DasherUS. En la sección 4 estudiamos

brevemente el estado anterior del sistema. En la sección 5 estudiamos qué aspectos pueden ser mejorados. En la sección 6 hacemos una disección en detalle de cada uno de los aspectos que ya se han mejorado. Por último, en la sección 7 sacamos conclusiones sobre el trabajo realizado y establecemos, a priori, qué aspectos deberían ser mejorados en el futuro.

2. Estado del arte

Dasher ha sido utilizado en otras ocasiones para distintos proyectos de investigación. Por ejemplo, los creadores lo probaron con diferentes sistemas de entrada [2]. Por otro lado, hay estudios de la utilización de Dasher con botones, haciendo uso del modo discreto [3]. Otro estudio se llevó a cabo para controlar el software con rastreo ocular [4]. En [5, 6] se realizó un estudio acerca de la posibilidad de su uso con sistemas BCI (Brain-Computer Interface), pero no obtuvieron resultados satisfactorios.

Respecto a los acelerómetros, se han realizado diversos proyectos de ayuda médica. En uno de ellos, se diseñó un sistema para controlar el proceso de recuperación de pacientes tras operaciones oftalmológicas, monitorizando la posición de la cabeza [7]. En otro estudio se consigue colocar acelerómetros y giroscopios en muñecas y tobillos en el ámbito de la rehabilitación a distancia [8]. También hay otros proyectos en los que se usan acelerómetros y algún otro elemento para controlar el ordenador sustituyendo el ratón [9, 10].

En el ámbito de los dispositivos móviles, en [11] se realizó un estudio para ver la eficacia de controlar ciertas funciones de un dispositivo móvil utilizando un acelerómetro.

Por último, se ha portado el software Dasher a dispositivos móviles como el iPhone, haciendo uso de su acelerómetro [12].

3. Partes del sistema

Para el desarrollo de este proyecto de investigación, hemos tenido que hacer uso de diversas tecnologías que podemos clasificar en dos categorías:

- El software, Dasher, que aportará la interfaz gráfica de usuario.
- El hardware, que incluye el acelerómetro y la placa de desarrollo Arduino. El acelerómetro se encargará de recoger los movimientos del usuario mientras que Arduino permitirá la comunicación entre el acelerómetro y el software.

3.1 Dasher

Dasher es un sistema de escritura con texto predictivo desarrollado por la Universidad de Cambridge. La interfaz gráfica consiste en todas las letras del alfabeto dispuestas en cajas de distintos tamaños. Lo que debe hacer el usuario es ir desplazando un cursor a través de las cajas, y cada vez que entre en una, la letra que contiene se escribe. Este proceso se hace cada vez más rápido debido a que a medida que se

va escribiendo, el sistema va mejorando su predicción.

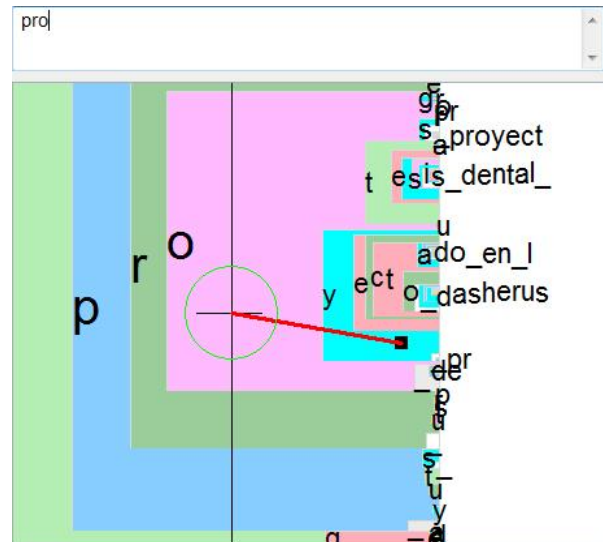


Imagen 1. Captura del software Dasher en ejecución.

Además de que el alfabeto es configurable, pudiendo ser elegido de una gran lista que incluye, entre otros, alfabetos orientales, el software es capaz de entrenarse con cualquier texto. Mediante medidas estadísticas infiere la letra que más probabilidad tiene el usuario de escribir a continuación en base no sólo a los textos de entrenamiento, sino también a lo que el usuario va escribiendo. Este cálculo lo representa aumentando el tamaño de la caja donde esté contenida la letra con más probabilidad de ser escrita, como se puede observar en la imagen 1.

Dasher nos permite trabajar en distintos modos de operación: 1D, 2D, entrada discreta, etc. En 1D sólo se puede mover por un eje, por lo que se utilizan rangos de la pantalla para denotar que, si el valor de entrada está en esa zona, se realice una función u otra como hacer zoom o parar la escritura. En modo 2D el cursor se mueve como si de un ratón se tratase,

moviéndose en cualquier dirección por la pantalla. En modo discreto sólo disponemos de un evento para controlar el programa, que puede ser por ejemplo un botón, con el que seleccionar una acción a realizar.

En nuestro caso, aprovechamos el modo 2D para, mediante un acelerómetro, controlar el software controlar el sistema como si de un ratón se tratase.

3.2 Acelerómetros ADXL3XX

Este componente hardware es el encargado de medir las aceleraciones producidas por los movimientos que nosotros apliquemos al sistema. Existen muchos tipos de acelerómetros fabricados con tecnologías diferentes. Suelen dividirse por tecnología de fabricación y por tipo de interfaz. Dentro de estos dos subgrupos encontramos gran cantidad de tipos como microelectromecánicos, ópticos, térmicos, capacitivos, de inducción magnética... entre otros muchos. El concepto de un acelerómetro es simple: consiste en una pequeña masa con un muelle que la amortigua. Cuando se produce una aceleración, esa masa se desplaza y el muelle produce un desplazamiento para traerla de vuelta. Ese desplazamiento se mide y se interpreta para establecer cuál ha sido la aceleración producida. El acelerómetro que estamos estudiando utiliza una tecnología llamada de Sistemas Microelectromecánicos (MEMS) y es el dispositivo más pequeño que la utiliza.

El sensor es una estructura de polisilicio construida sobre una placa de silicio. Unos muelles de polisilicio suspenden la estructura sobre la placa y proporcionan resistencia contra fuerzas de aceleración. Los desplazamientos de la estructura son medidos usando un condensador variable que consiste en unas placas fijas independientes y otras ligadas al movimiento de la estructura. La aceleración desplaza el sistema y desequilibra el condensador variable, lo cual da como resultado una salida cuya amplitud es proporcional a la aceleración. El modelo elegido es el ADXL330 de la familia de Analog Devices.

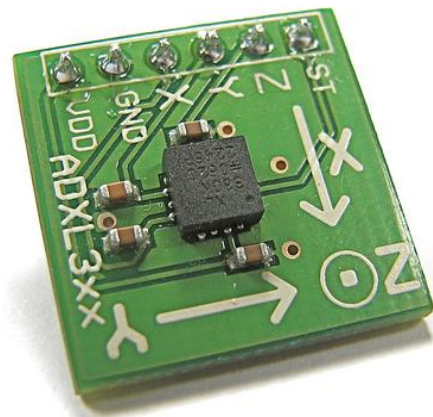


Imagen 2. Foto de un acelerómetro ADXL3xx.

Gracias a este dispositivo, al colocarlo sobre cualquier superficie del cuerpo somos capaces de obtener el movimiento que el usuario provoque. Tratando esos datos correctamente, podemos sustituir el ratón a la hora de utilizar Dasher. Sin embargo, necesitamos un elemento intermedio que reciba toda esta información, la procese y la envíe al ordenador: Arduino.

3.3 Arduino

En el año 2005, la compañía Smart Projects decide lanzar al mercado una plataforma de hardware libre programable mediante un sencillo entorno de desarrollo basado en C. La facilidad para programar esta placa y la cantidad de dispositivos de ampliación de hardware existentes como pantallas táctiles, GPS, Ethernet o Bluetooth entre muchos otros hacen de esta placa una opción barata y asequible para trabajar en proyectos de investigación como el nuestro. Esta es la placa que a nosotros nos va a servir de intermediario entre el PC y el acelerómetro.

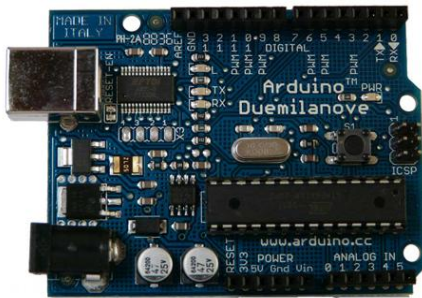


Imagen 3. Foto de una placa de pruebas Arduino.

El modelo que utilizamos es el Arduino Duemilanove. Esta placa incorpora todo lo necesario para poder programarla de manera que un usuario pueda ejecutar sus diseños en ella. Su microcontrolador es un Atmega328 a 16MHz y posee 14 pines de entrada/salida digital con 6 de entrada analógica. Lleva un USB de tipo B con el cual se conecta al ordenador, comunicándose mediante un chip FTDI que convierte las señales USB para transmitirlos a través de un puerto serie virtual.

El acelerómetro detecta hacia dónde estamos moviéndolo y envía esos datos al Arduino. Éste recoge los datos, los interpreta, les aplica un filtro de medias móviles y envía al PC el resultado de ese procesamiento en un formato para que lo entienda Dasher, el cual utiliza los datos para mover el cursor.

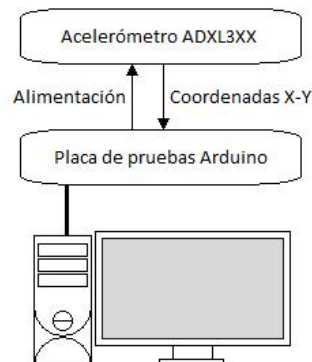


Imagen 4. Esquema de conexión de los elementos que forman Arduino.

4. Estado anterior de DasherUS

Para hacer balance del estado de DasherUS debemos diferenciar por una parte el estado de la versión de Dasher que utilizamos para implementar el sistema y por otra parte las modificaciones que nosotros realizamos sobre el código fuente de dicha versión.

Comenzamos a implementar DasherUS a partir de la versión 4.10.1a de Dasher. Esta versión tenía las siguientes características:

Lenguaje: Selección de alfabeto a utilizar, opciones de predicción y orientación de la escritura.

- Control: Selección del estilo del control, selección del dispositivo de entrada, velocidad, opciones de inicio y parada de la escritura.
- Apariencia: Selección del esquema de color, opciones de apariencia del cursor y las cajas, tipo de letra.
- Aplicación: Opciones de barras de herramientas, nombre del archivo de diccionario, opciones de voz, opciones de clipboard.

En su versión anterior, DasherUS presentaba la primera implementación del sistema. Se trataba de una versión muy básica que utilizamos como prueba de concepto y que pretendía ser el esquema básico para futuras revisiones. En dicha versión se implementaron las siguientes características:

Control: Uso del acelerómetro como dispositivo de entrada.

Calibración: Posibilidad de calibrar el acelerómetro.

5. Aspectos a mejorar

Como hemos visto en la sección anterior, Dasher es un software muy completo. Sin embargo, carece de una característica muy importante: la capacidad de enviar el texto a otras aplicaciones. Un sistema de comunicación aumentativa y alternativa no debe ser sólo un sistema de comunicación directa entre personas que estén presentes en la misma sala, también debe permitir la comunicación remota con otras personas. Además, una persona

discapacitada puede querer escribir un blog, un libro, relacionarse a través de internet, escribir correos electrónicos, etc.

Hay, además, aspectos a mejorar en la implementación de DasherUS ya que, como dijimos antes, la versión anterior era básicamente un prototipo.

Por otro lado, puede ser una buena idea estudiar el uso que hacen de DasherUS los usuarios que utilizan el sistema. Si registramos cada sesión que inicia el usuario podemos determinar cuánta fatiga le causa, cuanto le cuesta controlarlo, cuál es su capacidad lecto-escritora, etc. Toda la información que podamos obtener nos permitirá mejorar el sistema para facilitar su uso o diseñar nuevos sistemas que se adapten mejor a sus necesidades.

Pese a que el sistema es controlado por un acelerómetro, al implementarlo nos basamos en el funcionamiento del ratón sustituyendo por completo la funcionalidad de este por la del acelerómetro. En algún momento puede ser necesario el uso del ratón por lo que es conveniente recuperarlo ofreciendo al usuario la posibilidad de seleccionar el dispositivo de control que desee.

Para poder controlar DasherUS mediante acelerómetro es necesario instalar Arduino en el puerto COM3 del ordenador. Sin embargo, el usuario no tiene porque poseer conocimientos informáticos. Por lo que, si pretendemos facilitarle las cosas, debemos incluir un sistema de configuración o detección del puerto a utilizar.

Si bien la primera versión de DasherUS es controlada correctamente con el acelerómetro, la forma en la que se nos muestra esta

interacción en pantalla puede ser mejorada. El acelerómetro solo es capaz de proporcionar un rango de 300 valores, por lo que el cursor que utiliza DasherUS para indicar al usuario la letra hacia la que se está desplazando se mueve de forma discontinua sobre de la pantalla, ya que esta suele tener una resolución mayor a 640x480. Para solucionar este problema podemos diseñar una placa que, trabajando como intermediario entre el acelerómetro y Arduino, amplifique los datos proporcionados por el acelerómetro a un rango de 1024 valores.

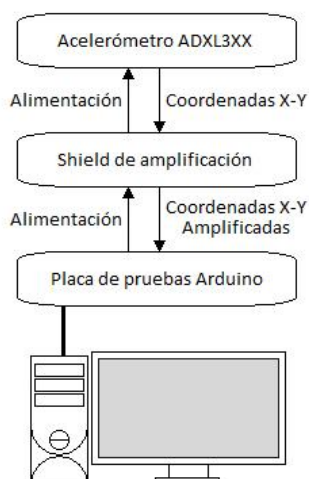


Imagen 5. Esquema de conexión de los elementos que forman Arduino incluyendo una futura placa de amplificación.

La segunda y siguientes páginas deben comenzar a una distancia de 2'54 cm. del borde superior. En todas las páginas, el margen inferior debería estar a 4'13 cm. del borde inferior de la página para el papel DIN A4 y, aproximadamente, a 2'86 cm. (1-1/8 pulgada) en el papel de 8'5 x 11 pulgadas.

6. Estado actual de DasherUS

Una vez hicimos un balance de las cosas que necesitábamos mejorar, nos pusimos a trabajar para hacer de DasherUS un sistema más eficiente y útil. Para ello, nos centramos en dos de los aspectos que requeríamos con mayor brevedad.

6.1 Envío de texto a otras aplicaciones

Nosotros siempre hemos tenido presente que DasherUS debe ser un sistema que ayude a las personas. En el momento que un sistema ofrece más restricciones que ayudas, dicho sistema no funciona. Durante el transcurso del desarrollo de DasherUS, visitamos alguna asociación de discapacitados cuyos miembros tienen blogs activos en internet y usan programas de mensajería instantánea. El problema que tienen algunos es que la dificultad del sistema que utilizan para escribir es muy alta y, en ocasiones, exige un esfuerzo físico demasiado grande.



Imagen 6. Foto de un licornio.

DasherUS, por sí mismo, no puede ser un sustituto ni de un navegador de internet ni de un software de mensajería instantánea. Sin embargo, sí puede ser un apoyo para utilizar dichas aplicaciones. Al igual que otras herramientas de accesibilidad, mejoramos DasherUS para que se comunicara con otras aplicaciones.

Para ello, desarrollamos un sistema para que, cada vez que el usuario pare de escribir, se envíe todo el texto a la última ventana que se hubiera abierto antes de DasherUS. El sistema sabe que el usuario ha dejado de escribir gracias a un pequeño círculo central en el cual, si se detiene el cursor en su interior durante unos segundos, se envía la orden de parada de la escritura. Al enviar dicha orden se comprueba si en las opciones el usuario ha seleccionado el envío a otras aplicaciones. En caso afirmativo, el envío se produce de forma instantánea sin que el usuario tenga que intervenir.

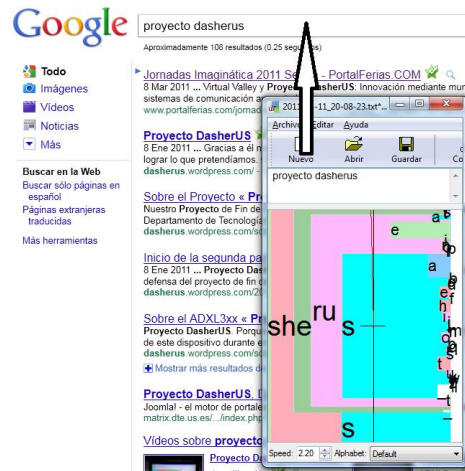


Imagen 7. Captura del envío de texto desde DasherUS al navegador de internet.

Gracias al desarrollo de esta mejora, hemos conseguido que los usuarios se muestren menos reticentes a utilizar DasherUS, ya que somos un apoyo y no un sustituto de las aplicaciones que ya estén utilizando.

6.2 Sistema de Log

Para nosotros es fundamental tener una base para poder mejorar todo lo posible la utilidad de DasherUS. Este sistema nació como un proyecto de investigación y lo seguirá siendo, pues queremos seguir adaptándonos lo más posible a todos los usuarios que puedan necesitar un sistema como éste. Por ello, para nosotros es imprescindible poder recabar la mayor cantidad posible de datos y en el menor tiempo posible.

Para lograr esto, tomamos la decisión de hacer un sistema que fuera almacenando toda la información acerca del uso de la aplicación: tiempo de uso, texto escrito, intervalos de

tiempo entre letras, coordenadas enviadas por el acelerómetro...

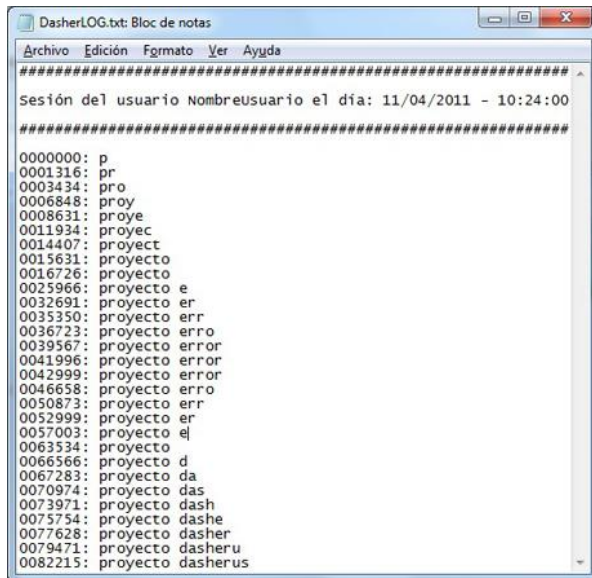


Imagen 8. Captura de un archivo de LOG generado por DasherUS.

Debido a que este sistema está dirigido a la mayor cantidad posible de usuarios, debemos conocer y estudiar los comportamientos de uso de cada uno de ellos. Por ejemplo, si este sistema pudiera serle útil a una persona con una discapacidad que le provoque movimientos involuntarios, es nuestro deber adaptar el sistema lo más posible a dichas personas. Gracias a este sistema, podremos estudiar en un futuro patrones en dichos movimientos que nos ayuden a mejorar el uso de DasherUS y, así, mejorar la calidad de vida de más personas.

7. Conclusiones

Ya en 2010, cuando presentamos la primera versión de DasherUS, habíamos obtenido unos resultados muy satisfactorios, alcanzando unas tasas de escritura sorprendentes. A pesar de que el sistema aún era inestable y poco desarrollado por falta de tiempo, la acogida que tuvo entre los usuarios fue magnífica. El inicialmente confuso entorno gráfico de Dasher se convertía rápidamente en resultados satisfactorios para ellos y para nosotros.

Sin embargo, ahora un año después, hemos logrado algunas mejoras gracias a la experiencia que nos supuso ir a probar el sistema con posibles usuarios finales. Convertimos a DasherUS en una auténtica aplicación de apoyo con la que poder comunicarse, ya no sólo con alguien que pueda leer la pantalla del ordenador donde lo estemos utilizando, sino con cualquier persona del mundo a través de Internet. Saber que una persona discapacitada que no puede hacer apenas nada por sí misma, sea capaz de expresar sus sentimientos a través de un blog en Internet gracias a DasherUS, es algo que nos conmovió. Pero no queremos quedarnos ahí.

Quedan cosas que mejorar, sistemas nuevos que desarrollar, detalles que eliminar y otros que añadir. Más usuarios a quien adaptar el sistema, más rapidez, más comodidad, más estabilidad... Sin embargo, hay algo que nunca ha cambiado en todo este tiempo, y es nuestro deseo de que nadie sea privado de su derecho a comunicarse, en cualquier momento, y en cualquier lugar.

8. Referencias

- [1] I. Gómez, P. Anaya, R. Cabrera, A. J. Molina, O. Rivera, y M. Merino, "Augmented and Alternative Communication System Based on Dasher Application and an Accelerometer", *Computers Helping People With Special Needs. Icchp (12)*. Num. 12. Vienna, Austria. Springer-Verlag. 2010. Pag. 98-103.
- [2] The Dasher Project, <http://www.inference.phy.cam.ac.uk/dasher>
- [3] T.H. Shorrock, D.J., D.J.C. Mackay, C. J. Ball: Efficient communication by breathing. Chapter of the book: *Deterministic and Statistical Methods in Machine Learning*. Springer Berlin /Heidelberg. (2005). ISBN: 978-3-540-29073-5.
- [4] D.J.C. Mackay, C. J. Ball and M. Donegan: Efficient communications with one or two buttons. *Proceedings of Maximum Entropy and Bayesian Methods*, ser. Amer. Instit. Phys. Conf. Proc., R. Fisher, R. Preuss and U. von Toussaint, pp.207-218, vol. 735,Eds. Melville, NY: Amer. Inst. Phys. (2004).
- [5] D.J. Ward and D.J. C. Mackay: Fast hands-free writing by gaze direction. *Nature*, vol. 418, no. 6900, p.838 (2002)
- [6] Sebastian A. Wills and David J:C. Mackay: DASHER- An Efficient writing system for Brain-Computer Interfaces?. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, Vol.14, No.2, (June 2006)
- [7] National Center for Biotechnology Information, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>
- [8] Elizabeth A. Felton, Nina L. Lewis, Sebastian A. Wills, Robert G. Radwin, , and Justin C. Williams: Neural Signal Based Control of the Dasher Writing System. *Proceedings of the 3rd International IEEE EMBS Conference on Neural Engineering* (2007).
- [9] Mathieu Hamel, Réjean Fontaine and Patrick Boissy: In-Home Telerehabilitation for Geriatric Patients. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*. Vol.27, No.4. (July/August 2008).
- [10] Nobuaki NAKAZAWA, Kou YAMADA, Toshikazu MATSUI, Isao ITOH: Development of Welfare Support-Equipment for Personal Computer Operation with Head Tilting and Breathing. *IECONThirty-First Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society* (2005)
- [11] Yu-Luen Chen. "Application of Tilt Sensors in Human-Computer Mouse Interface for People with Disabilities". *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, Vol.9, No.3, (September 2001).
- [12] Hamed H. SAD, Franck Poirier: Evaluation and modeling of user performance for pointing and scrolling tasks on handheld devices using tilt sensor *Second International Conferences on Advances in Computer-Human Interactions*. IEEE Computer Society (2009).

Validación de una Tecnología de Apoyo para la Orientación Temporal (DOT_V1.0)

Consuelo de la Ascensión (consuasc@unizar.es)
M^a Begoña Garrido (bgarrido@unizar.es)
Mercedes García-Camino (gcamino@unizar.es),
Concepción Díez (cdiez.tecnodiscap@gmail.com)
Jorge L. Falcó (jfalco@unizar.es)

Grupo de Investigación TECNODISCAP, Universidad de Zaragoza

Resumen

Presentamos el proyecto del grupo de investigación Tecnodiscap, en colaboración con varios Colegios de Educación Especial de Zaragoza.

El proyecto pretende validar una herramienta tecnológica que sirva para ayudar a personas con discapacidad intelectual a la comprensión del paso del tiempo y a la gestión de actividades. Exponemos en qué consiste el Dispositivo de Orientación Temporal DOT_V1.0, el proceso de codiseño y los elementos que utiliza para la comunicarse con los usuarios. También exponemos una doble evaluación: la valoración en Clasificación Internacional del Funcionamiento CIF ^[8] de cada usuario beneficiario (para medir la ayuda que supone la utilización del DOT) y la evaluación de los profesores de DOT como herramienta pedagógica).

Validation of a Technology Support Guideline Temporary (DOT_V1.0)

Summary

This project was presented by Tecnodiscap research group in collaboration with several Special Education Schools Zaragoza.

The project aims to validate a technological tool that serves to help people with intellectual disabilities to understand the passage of time and activity management. We explain what the device DOT_V1.0 Temporary Guidance, the co-design process and elements used to communicate with

⁸ Organización Mundial de la Salud “Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud: CIF”. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Secretaría General de Asuntos Sociales. Instituto de Migraciones y Servicios Sociales (IMSERSO) 2001 Madrid <http://sid.usal.es/idocs/F8/FDO4989/ciffinalb.pdf>

users. We also show a twofold assessment, valuation, International Classification of Functioning each user ICF beneficiary (to measure the support that involves the use of DOT) and the evaluation of DOT as a teaching tool by teachers).

Introducción

La necesidad de tener una buena orientación temporal es una condición que se ve mermada en algunas personas tales como ancianos, autistas, personas con parálisis cerebral, etc. Esto ha sido estudiado por distintas entidades, siendo Certec (Centro de Rehabilitación de Investigación en Ingeniería - Lund Institute of Technology) de Suecia (<http://www.eit.lth.se/>) los pioneros en ello.

Basado en esos primeros estudios, y en posteriores investigaciones [⁹] se extraen algunas conclusiones que nos han servido de base, tales como que el cuarto de hora es la unidad temporal más fácil de asimilar por las personas con algún tipo de discapacidad cognitiva. Que, para representar el paso del tiempo, se demuestra de gran utilidad la comparación con los conceptos de lleno y vacío [¹⁰]. Y que a modo de reloj de arena, se puede relacionar un intervalo temporal con un concepto de cantidad, para que, conforme avance el tiempo, dicha cantidad disminuya proporcionalmente.

Con estas premisas, se ha pretendido desarrollar un sistema de comunicación que permita la comprensión del paso del tiempo y gestión del tiempo: DOT (Dispositivo de Orientación Temporal). El núcleo central del sistema está formado por una hilera de luces puntuales, cada una simbolizando un cuarto de hora, que se encuentra completamente encendida al principio de la jornada y se apaga con el transcurso del tiempo de la misma.

Objetivos del DOT

Los objetivos a alcanzar son:

- Orientación espacio – temporal: entrenamiento y apoyo en la orientación, la comprensión del paso del tiempo y la capacidad de situar las distintas tareas a hacer y las esperas entre ellas.

⁹ Estudio Rose-Marie Remvall y Karin Månsson (experiencias de uso del reloj de cuartos en personas con discapacidad mental) <http://www.handitek.se/the-quarter-hour-watch/&catName=qhw&language=english>

¹⁰ Jorge L. Falcó, Carmen Muro, Inmaculada Plaza and Armando Roy, “Temporal Orientation Panel for Special Education” [Lecture Notes in Computer Science](#), 2006, Volume 4061/2006, pág.: 831-838

- Anticipación de tareas: disminución de la ansiedad relacionada con el cambio de tareas en algunos sujetos. Facilitación de la previsión de cambio de tarea y preparación para ese cambio (conclusión de que la tarea se acaba). Principalmente apoyo, aunque conlleva entrenamiento en la comprensión y atención al dispositivo.
- Gestión directa de tareas: apoyo en el recordatorio y la organización de tareas. También apoyo en la ejecución de tareas temporizadas (como en un taller ocupacional o centro especial de empleo).

Antecedentes

En el proceso de co-diseño han intervenido diferentes actores en distintas etapas. Así pues ha habido varias iteraciones.

A partir de un dispositivo de ayuda genérico que Tecnodiscap había realizado para personas con estadios tempranos de demencia, se evaluó, con la ayuda de los profesores del Colegio Público de Educación Especial Alborada (Zaragoza), una primera versión del dispositivo de orientación temporal (DOT_v0).

Esta primera versión estaba destinada al uso en un aula escolar por niños autistas y por niños con deficiencias generalizadas del aprendizaje. Posteriormente, el grupo de trabajo se extendió al CPEE Arboleda (Teruel), centro en el que también fue evaluado positivamente en un aula. Dichos ensayos permitieron obtener información muy valiosa a la hora de definir la actual versión.

En la segunda etapa se ha contado con el asesoramiento de los profesores del Colegio Público de Educación Especial Alborada. En esta ocasión se ha centrado en la elección de la gama de colores a utilizar para los avisos luminosos, los sonidos, y los elementos auxiliares (como pictogramas), dado que algunos de los alumnos necesitan de estos elementos para su comunicación.

Actualmente el dispositivo de orientación temporal (DOT_v1.0) permite situar al usuario beneficiario en un contexto temporal, informarle de la actividad a realizar, y gestionar sus eventos con suficiente antelación.

Todo ello es posible merced al establecimiento de un sistema de comunicación global, basado en un uso adecuado de los indicadores luminosos y en el apoyo y refuerzo del mensaje emitido a través de un conjunto de estímulos sonoros coordinados con los avisos luminosos.

Sistema de comunicación global

El sistema completo del DOT_V1.0 consta de los siguientes elementos:

- Panel con indicadores luminosos (Ilustración 19).
- Coordinador ZigBee.
- PC con altavoces.
- Software de gestión, *Tempo-Tecnodiscap*
- Elementos auxiliares.



Ilustración 19. Imagen del DOT_V1.0

Desde el software Tempo Tecnodiscap (

Ilustración 20) se podrá ajustar la hora, regular la tonalidad y luminosidad de los leds, asignar melodías y realizar tareas de configuración avanzadas. De la combinación de las diferentes melodías por un lado y de los efectos de iluminación por otro, se obtienen un gran número de recursos comunicativos personalizables, configurables y programables desde Tempo Tecnodiscap, según la estrategia previamente ideada por el profesor o el cuidador. Así se puede lograr con ayuda de este dispositivo una transmisión eficaz del concepto de paso del tiempo, a la vez que sirve como planificador que puede potenciar la autonomía y proporciona avisos anticipados frente a cambios de actividad que pueden conducir a situaciones de bloqueo en niños con autismo.

Eventos y actividades

En la programación se han diferenciado eventos individuales y actividades grupales:

Eventos individuales representan momentos en los que el alumno tiene que realizar solo y que supongan una acción, por ejemplo: ir a logopedia, para lo cual el alumno, una vez percibido el efecto luminoso y sonoro tiene que comenzar la acción de salir de clase.

Actividades grupales se realizan en el aula todo el grupo, tienen una duración superior a 15 minutos, es decir se representan por dos ó más leds luminosos.

Para facilitar la comprensión de los usuarios beneficiarios de la diferencia entre un evento individual y una actividad se planteó que las actividades se representaran diferenciadas. Las actividades por iconos cuadrados situados a la derecha de la columna de leds DOT y los eventos individuales por

medio de iconos rectangulares situados en la parte izquierda, tal y como se ve en el dibujo que consta al final del presente artículo.

Efectos luminosos: En relación con los colores, se ha trabajado desde la ergonomía, el contraste, la percepción, e implementar la visibilidad. Desde el punto de vista de la psicología de los colores se ha buscado que no irritasen ni excitasen ya que en la población que va a probar el DOT hay personas fácilmente irritables,

1.1.- Color de base (indica el tiempo que tenemos a lo largo de la jornada): se ha elegido el azul cian, es relajante y armonioso.

1.2.- Color del aviso evento: se ha elegido el rojo para el aviso individual, dado que existen muchos estímulos visuales en el aula y se ha optado por el color que más visible pudiera ser para que el alumno se fije

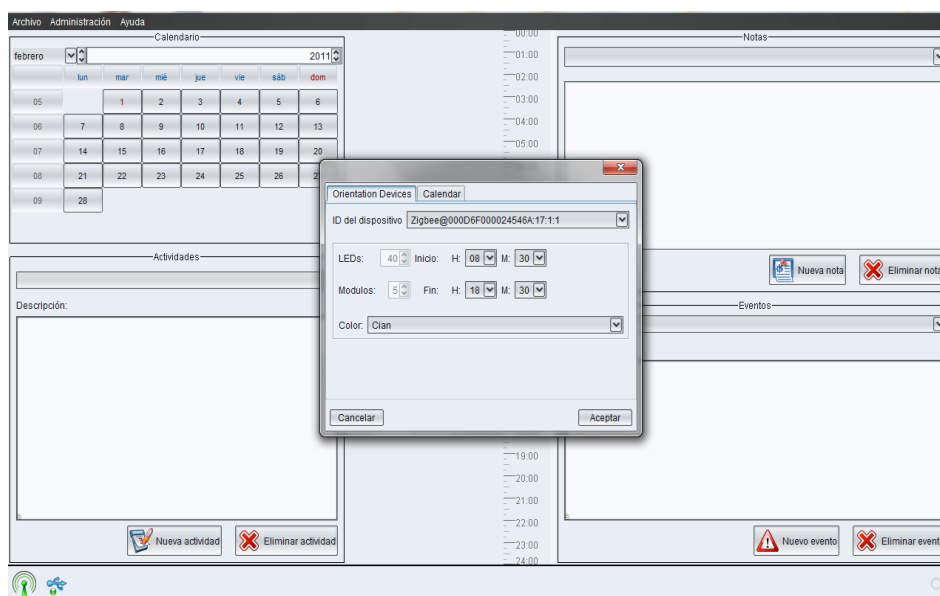


Ilustración 20. Pantalla de configuración del software Tempo-Tecnodiscap

1.3.- Color de la actividad grupal. Con los mismos criterios ergonómicos y de psicología de los colores, se ha elegido verde, muy equilibrado y con valores de armonía.

Efecto sonoro: Existen siete archivos wav que se pueden personalizar desde el archivo del programa Tempo-Tecnodiscap. Se optó en este proyecto de validación por una gama de archivos y no dejar esta opción configurable. De esta manera, podemos extraer conclusiones basándonos en los mismos efectos.

Los diferentes tipos de melodías y de efectos de leds se pueden asociar a cambios comunes, de anticipación, del momento de ejecución o a actividades específicas e individualizadas para cada usuario al que le toque realizar una actividad en el caso de usos colectivos.

Para completar el sistema comunicativo del DOT_V1.0 se propone la utilización de fichas iconográficas, con imanes adheridos en su parte posterior. Estas fichas pueden ser sustituidas por objetos reales o fotografías, en función de las necesidades de cada usuario y de la metodología de cada profesor o cuidador.

Nuestra propuesta consiste en dos gamas de iconos, basados en la colección de iconos de comunicación aumentativa del ARASAAC (Portal Aragonés de la Comunicación Aumentativa y Alternativa).

A partir de los datos obtenidos en la investigación y en el cotejo con usuarios, se diseñaron una serie de pictogramas adaptados para este uso concreto. Este tipo de pictogramas permiten al sistema comunicarse en el lenguaje propio de los usuarios, con conceptos fáciles, que les sean familiares.

Proyecto Validación en Colegios de Educación Especial

Este proyecto de validación ha sido aprobado por la Consejería de Educación, Cultura y Deporte del Gobierno de Aragón, en la Convocatoria de Proyectos de Cooperación en materia de investigación y prácticas educativas entre Departamentos Universitarios y Departamentos de Institutos de Educación Secundaria (BOA 9 de diciembre de 2010).

Las capacidades temporales son necesarias para ubicarse en la realidad, para relacionarse con el otro en un espacio de tiempo conocido e identificado, para entenderse en relación hechos, circunstancias y personas que participan en esa interacción.

El grupo de usuarios seleccionados para este proyecto tienen dificultades de diversa índole para adquirir esta capacidad.

La hipótesis de la que se parte es verificar si, dada la plasticidad cerebral, el DOT_V1.0, ayuda a promover cambios y/o mejoras en las capacidades temporales de los alumnos y en otras relacionadas como la capacidad de participación en el grupo, la capacidad de fijar la atención e identificar estímulos, el comportamiento o cualquier otra manifestación que haya irrumpido durante el tiempo de observación y valoración.

No podemos olvidar que en las interacciones del aula hay otro usuario de este dispositivo. El profesor es, por el desarrollo de su función propia, otro usuario del DOT_V1.0, considerado éste como recurso educativo. De esta forma, se definen dos tipologías de usuario objeto de estudio, que a su vez ayudarán a describir las dos líneas de evaluación previstas:

El usuario beneficiario del servicio: las personas con discapacidad en edad escolar, en un intervalo de edad, que acuden a diversos colegios de educación especial en la ciudad de Zaragoza. En este caso es necesario un protocolo de intervención con el DOT_v1.0 sistemático y cerrado, ya que se persigue conocer si el dispositivo contribuye a la mejora y/o adquisición de esta capacidad de orientación temporal. Es necesario asimismo mantener las mismas condiciones de uso del dispositivo a fin de extraer conclusiones.

El usuario operador: los profesores participantes como usuarios de un recurso educativo que tendrán en su aula. En este caso, el objetivo primordial será conocer la validez de DOT_V1.0 como recurso educativo y la evaluación se realizará con un uso “en abierto”, garantizando una máxima aproximación a las situaciones reales de enseñanza y permitiendo al profesor explorar en nuevas configuraciones óptimas y otro tipo de usos y aplicaciones.

Fases del proyecto

Se ha elaborado una programación por fases del proyecto, al objeto de realizar adecuadamente todos los pasos necesarios para validar la herramienta y que los resultados obtenidos sean lo más objetivos posibles.

TAREAS PREVIAS

Para llevar a cabo este proyecto de validación del DOT, se han realizado una serie de tareas previas que a continuación enumeramos por considerarlas importantes y necesarias:

Asesoramiento del C.E.E. Alborada (nombrado anteriormente en el punto 3. Antecedentes)

Re-diseño del SoftwareTempo en función de los resultados del asesoramiento por parte de los profesores del Colegio de Educación Especial Alborada.

Realización por una empresa externa del montaje de los DOT, así como el empaquetado de todos los elementos auxiliares necesarios.

Explicación del proyecto a los claustros de los Colegios de Educación Especial que habían mostrado interés en el DOT.

Destacamos la implicación de los profesores (usuarios operadores) sin los cuales no se podría realizar este proyecto. Se firmaron consentimientos informados por parte de los profesores en los que se recoge dicho compromiso.

Selección de los posibles usuarios beneficiarios en función de su carencia con respecto a la orientación temporal.

La información a los padres y madres de los alumnos y alumnas con los que se está evaluando en uso real el DOT. De nuevo los profesores y directivos de los centros escolares han sido una pieza indispensable. Los directores han recogido los consentimientos informados firmados por los padres o tutores y hemos tenido especial cuidado con la ley de protección de datos.

Buscar en cada aula la ubicación adecuada, teniendo en cuenta tanto criterios ergonómicos y de posición del alumno con respecto al DOT, como la gran cantidad de estímulos visuales que hay en las aulas. (documento: Manual de ubicación física)

INSTALACIÓN EN LAS AULAS Y ENTRENAMIENTO DE LOS PROFESORES

Una dificultad añadida ha sido las grandes diferencias encontradas en cada uno de los centros educativos, los propios equipos informáticos, el personal que atiende los equipos informáticos, así como los programas de “congelación” e hibernación utilizados en las aulas.

Durante una semana aproximadamente los profesores realizaron ensayos sobre la configuración y programación de las actividades y eventos previamente a la puesta en marcha del uso real en las aulas.

Para realizar una valoración del progreso en la orientación temporal de los usuarios beneficiarios es necesario marcar una línea de partida. Para ello se realiza una valoración de las capacidades de cada uno basándonos en CIF. En el punto 7 se explica con detalle.

USO REAL EN EL AULA

De nuevo la colaboración de los usuarios-operadores ha sido decisiva en esta fase. Cada profesor ha configurado y programado los eventos y actividades que se desarrollan a lo largo de la semana, teniendo en cuenta las indicaciones explicadas en un manual de uso que se les entregó.

Durante las primeras semanas se encontraron fallos en varios dispositivos que fueron sustituidos por otros. Hay que tener en cuenta que estamos trabajando con una serie de 20 prototipos de fabricación prácticamente manual.

EVALUACIÓN FINAL CIF

Tras el uso continuado del DOT en el aula se volverá a realizar una valoración en CIF para contrastar con la valoración inicial y poder establecer las mejoras observadas. Detallada en el punto 7.2

GRUPOS DE DISCUSIÓN DE PROFESORES

Con el objetivo de recoger toda la información y experiencia de los profesores se proponen varias reuniones en las que evaluar la utilidad del DOT y explorar nuevas posibilidades, sugerencias y observaciones.

Esta fase está todavía sin concluir, aunque para en el momento del congreso ya estará finalizada y podremos exponer las conclusiones.

ELABORACIÓN DE CONCLUSIONES

Se pretende plasmar la experiencia tanto a nivel de evolución de cada uno de los alumnos y alumnas basándonos en las evaluaciones iniciales y finales de CIF, como a nivel global del grupo total de beneficiarios.

Por otra parte en estas conclusiones se valorará la posibilidad de una nueva versión mejorada.

Metodología de evaluación

La metodología de evaluación combina elementos de medición universales y objetivos con otros basados en cuestionarios cumplimentados por los profesores de los colegios que, en forma de registro diario, recogen información durante las sesiones con los beneficiarios. Se contará también con la opinión de los usuarios en la medida de sus capacidades, así como entrevistas individuales y grupos de discusión con los profesores.

En concreto se utilizarán los siguientes registros:

Valoración inicial y final de los usuarios beneficiarios, con la Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud, en adelante CIF, de la Organización Mundial de la Salud de 2001, es decir el primer día y el último.

Observación sistematizada y registro en las sesiones de entrenamiento, mediante un protocolo de recogida de datos para el profesor.

Encuesta de Funcionabilidad y Usabilidad realizada por los usuarios operadores (profesores). Dicha encuesta tiene por objetivo la valoración inicial tanto del dispositivo como del interfaz.

Además en la valoración de los usuarios beneficiarios se han tenido en cuenta informes médicos y pedagógicos de los alumnos, antes de la primera sesión de uso del DOT que se incorporan a la valoración CIF después de trasladarlos a su lenguaje.

¿QUÉ ES LA CIF?

La CIF es actualmente el repertorio de situaciones de discapacidad y/o dependencia más extenso y a la vez con mayor capacidad de concreción de cualquiera de las posibles situaciones. Pertenece a la familia de clasificaciones internacionales desarrolladas y aprobadas por la OMS en 2001, que pueden ser aplicadas a varios aspectos de la salud y de manera complementaria con el resto de clasificaciones de la OMS, como la clasificación CIE10.

Al mismo tiempo, une su valor como herramienta para la valoración de las limitaciones del funcionamiento normal concurrentes en una persona, a su aplicación como sistema para la definición de planes personales de intervención, adjudicación de prestaciones y/o de ayudas.

Incorpora un sistema de codificación que es sistematizado, fiable y sencillo de aplicar y preserva el derecho a la intimidad de los datos del usuario.

Utiliza un lenguaje universal, consensuado entre expertos de todo el mundo que permite el intercambio de datos y experiencias

Entiende la discapacidad como un hecho de naturaleza universal y en cierta medida intrínseco a la condición humana.

Promueve la utilización de una terminología neutral que facilita la superación de la marginación y discriminación de las personas con discapacidades.

En definitiva:

Es un modelo biopsicosocial que contempla el entorno como interlocutor en el grado de discapacidad, en relación a sí mismo, junto con las características de salud y funcionamiento de la persona.

Permite un análisis sistémico que interrelaciona un número elevado de factores que configuran el hecho de la discapacidad con rigor y detalle.

Posibilita un conocimiento más pormenorizado de las repercusiones del hecho de la discapacidad y sirve para definir un plan de intervención con la persona.

CIF evoluciona la terminología hacia expresiones que sean respetuosas con las personas y con el marco de los Derechos Humanos, y desde esta concepción define Discapacidad: “como aquella limitación en la capacidad de realizar actividades que restringe de manera permanente la participación de la persona en la sociedad y que es consecuencia de deficiencias en funciones y estructuras corporales y de obstáculos ambientales”.

PROCEDIMIENTO:

Para este estudio, la valoración contempla únicamente los ítems que intervienen en la realización de estas tareas con el DOT_V1.0. Con ellos se hace una escala CIF a partir de las capacidades necesarias que comporta su uso. Es una valoración del uso del DOT en situación real y en el entorno habitual.

Se valora mientras el usuario lo utiliza el primer día que empieza su uso, tras la primera semana de aprendizaje. La observación la realizamos desde el equipo de Tecnodiscap, sin intervenir en el desarrollo de las actividades.

Posteriormente, el último día de trabajo, se vuelve a reevaluar en las mismas condiciones, mientras lo utiliza. De este modo se puede chequear si en el tiempo transcurrido, aparecen indicios de mejoras o tendencias de cambios en cualquier factor determinante para el bienestar de la persona.

Conclusiones

El presente proyecto de valoración de una herramienta tecnológica de apoyo a la orientación temporal está todavía en la fase de utilización en entorno real, es decir, se está utilizando actualmente con los usuarios beneficiarios en las aulas. A finales de mayo de 2011 concluye esta

experiencia, y posteriormente podremos extraer los datos de la evaluación y las conclusiones que esperamos poder compartir con ustedes.

Agradecimientos

Queremos agradecer expresamente la excelente disposición de las familias de los alumnos y alumnas que han participado en este proyecto de validación de tecnología. Sin su colaboración no habríamos podido llevar a cabo esta experiencia.

También valoramos como imprescindible la dedicación de las profesoras, directores y jefes de estudio de los colegios de educación especial de Zaragoza:

- C.P.E.E. Alborada
- C.P.E.E. Ángel Rivière
- C.P.E.E. Jean Piaget
- C.E.E. San Martín de Porres

Así mismo agradecemos a CATEDU (Centro de Tecnologías para la Educación) que ha compartido con nosotros los pictogramas de ARASAAC¹¹, el Portal Aragonés de la Comunicación Aumentativa y Alternativa.

La experiencia ha sido reconocida por la Consejería del Departamento de Educación, Cultura y Deporte, dentro del programa de Proyectos de Cooperación en materia de investigación y prácticas educativas entre Departamentos Universitarios y Departamentos de Institutos de Educación Secundaria o Equipos de Personal Docente, publicado en el BOA el 25/03/2011. Queremos agradecer la confianza depositada en nuestro proyecto por el Gobierno de Aragón.

Los auténticos protagonistas de este proyecto de investigación son los alumnos y alumnas, que han conseguido reunir en su entorno el interés de padres, profesores e investigadores de la Universidad de Zaragoza para intentar mejorar sus resultados en el aula y apoyar su proceso educativo.

¹¹ <http://www.catedu.es/arasaac/>

Desarrollo de una plataforma domótica adaptativa y accesible para la integración de servicios en el hogar

Tomás De Andrés García
Juan Vicente Domínguez
Fundación Vodafone España

Víctor Acinas Garzón
Communications Division.
Instalaciones Inabensa S.A.

Eliseo Catalán Borràs
Fundació i2Cat/UPC

{tomas.deandres, juan.vicente}@vodafone.com, victor.acinas@inabensa.abengoa.com,
eliseo.catalan@i2cat.net

Resumen

Actualmente existe una gran variedad de dispositivos domóticos, cada uno de ellos con un mecanismo de control diferente y que, generalmente, no está adaptado a las necesidades de todos los usuarios. Por otro lado hay un grupo muy diverso de usuarios, con alguna discapacidad o no, que presentan problemas para el manejo de ciertos dispositivos. En este artículo se presenta una solución de interoperabilidad basada en la arquitectura INREDIS para permitir el acceso y control de una serie de dispositivos y servicios del hogar diseñada para todo tipo de usuarios, donde cada uno de ellos puede interactuar de la manera que mejor se adapte a él a partir de un terminal móvil.

Abstract

Nowadays, there is a great variety of home devices, each of them with a different control system and, generally, not adapted to everyone's needs. Furthermore, there is a very diverse group of users, with disabilities or not, who experience problems using some kind of devices. This paper introduces an interoperability solution based in the INREDIS architecture that allows to access and control a group of home devices and services designed for all kind of users, where each of them can interact in the way that better fits his needs using a mobile device.

1. Introducción

A medida que avanza la tecnología suele aumentar su complejidad de manejo, lo que es un obstáculo difícil de salvar, tanto para personas deshabitadas a utilizar dispositivos electrónicos como aquellas con discapacidad física o cognitiva que les impida un manejo fluido.

Pese a que existen múltiples mecanismos para controlar los dispositivos de un hogar que facilitan el día a día a personas con discapacidad, generalmente, al orientarse a un grupo de usuarios en particular, pueden resultar incompatibles para otras personas.

Un escenario ideal es en el que se pueden manejar diferentes dispositivos y servicios de manera personalizada para cada usuario, en tiempo real, y con un único elemento de control de forma adaptativa; rompiendo la barrera que supone que cada dispositivo o servicio tenga su propio sistema de manejo.

El proyecto INREDIS [1] busca identificar una solución capaz de permitir el acceso personalizado a servicios y/o dispositivos mediante un método sencillo e intuitivo.

El artículo se estructura en: Presentación del proyecto INREDIS, introducción a la plataforma domótica, incorporación del usuario en el diseño y por último, conclusiones y futuras líneas de investigación.

2. El proyecto INREDIS

INREDIS intenta abordar la dificultad de implantar y mantener tecnologías de accesibilidad en todos los componentes que, de forma natural y frecuente, utilizamos en nuestra vida diaria (electrodomésticos, cajeros, etc.).

La dificultad se encuentra en el coste asociado a la inclusión de los elementos (pantallas, sintetizadores de voz, *software* especializado, etc.) que estas tecnologías necesitan, así como la barrera que supone para las organizaciones desarrolladoras de productos/servicios de mercado el desconocimiento de las tecnologías de accesibilidad y su aplicación a colectivos de diversidad funcional.

INREDIS propone, como solución a los problemas anteriormente presentados, la investigación y diseño de un sistema inteligente, interoperable y universal que permita interactuar sobre cualquier elemento del entorno, mediante interfaces remotas desplegadas en dispositivos, que por sus características, puedan acoger y aplicar de forma eficiente las tecnologías de accesibilidad.

Para que la interacción con los elementos del entorno se ajuste a las particularidades del uso y persona, el sistema INREDIS debe decidir en tiempo real la interfaz a mostrar en el dispositivo del usuario. Para ello, el sistema tendrá en cuenta el perfil y preferencias de la persona, las características del dispositivo de usuario y el dispositivo/servicio a controlar.

En este artículo nos centraremos en el entorno doméstico, que dentro del proyecto INREDIS es abordado por las siguientes organizaciones:

Inabensa, Vodafone, Fundación Vodafone España y Universitat Politècnica de Catalunya.

3. Plataforma del hogar INREDIS

Para implementar el sistema INREDIS se ha utilizado una arquitectura central de tipo SOA – EDA (*Service Oriented Architecture – Event Driven Architecture*) [2] desplegada sobre una capa de interoperabilidad sobre una plataforma OSGi (*Open Services Gateway initiative*) [3].

Tanto la arquitectura SOA-EDA como la arquitectura OSGi siguen modelos desacoplados de desarrollo de *software* que permiten reutilizarlo en otros productos y servicios. La razón para mantener las dos arquitecturas es la necesidad de combinar la capacidad de control de vida del *software* y el despliegue que ofrece OSGi junto con la capacidad de detección y procesado de eventos disponibles en las arquitecturas SOA-EDA.

La capa de interoperabilidad (OSGi) tiene la responsabilidad de activar los elementos necesarios que aseguren la interoperabilidad física con cualquier otro dispositivo y sistema externo.

Todos los eventos procedentes de los distintos sistemas conectados a esta capa serán redirigidos a la arquitectura central, donde el módulo de gestión de procesos los enviará al módulo de inteligencia para su valoración. El sistema de inteligencia decidirá la ejecución de distintas

tareas atendiendo al perfil y preferencias de la persona, las características del dispositivo de usuario y el dispositivo/servicio a controlar. Entre todas las tareas a realizar que serán procesadas por el módulo de gestión, destaca la construcción dinámica de la interfaz de usuario por ser la que proporciona el canal de comunicación entre los elementos del entorno y el usuario.

Para implementar el sistema INREDIS en el entorno urbano, se deberán tener en cuenta los siguientes elementos externos:

- Dispositivo móvil, herramienta utilizada por el usuario para interactuar con el entorno que le rodea y que permite interacción multimodal de tipo táctil, háptica, basada en movimiento y en voz, combinada en interfaces multicanal generados de forma dinámica para cada usuario.
- Hardware doméstico, permite la interacción con los dispositivos físicos del hogar tales como redes de sensores, mecanismos de control domótico ya instalados, y otros electrodomésticos como, por ejemplo, el televisor.
- Red de sensores y actuadores, que provee distintos servicios como localización de usuario, gestión de alarmas y detección de presencia o eventos.
- Plataforma domótica basada en el estándar KNX [4], objetivo final de la interacción, es la encargada de llevar a cabo las instrucciones indicadas por el sistema a los dispositivos físicos tales como luces, puertas, persianas, cámaras, etcétera.

Teniendo en cuenta estos elementos, el sistema INREDIS en el entorno doméstico podría

gestionar múltiples eventos y servicios, como alarmas de incendios o el acceso a Internet, a través de diferentes interfaces adaptativas para cada usuario. Además, las interfaces se podrían presentar tanto en el terminal móvil como en el televisor del hogar.

Por ello, el sistema INREIDS permite un manejo sencillo de todos los dispositivos domésticos mediante diferentes tipos de interacción y aporta un contexto adicional gracias al sistema de localización, que permite conocer quién y en qué lugar se encuentra en un momento determinado.

Las principales características del sistema INREDIS descrito para el entorno doméstico se detallan a continuación.

3.1. MECANISMOS DE INTERACCIÓN

Como dispositivo principal para la interacción con el entorno doméstico se ha elegido un móvil inteligente o *smartphone*.

Este tipo de dispositivos, además de favorecer la portabilidad y ubicuidad, soportan una gran variedad de aplicaciones, que pueden acceder a Internet a la hora de buscar, recuperar y almacenar datos. Además, los *smartphones* integran una serie de sensores y actuadores (acelerómetros, brújula digital, GPS, vibrador, micrófono, detector de proximidad...) [5] que son posibles de controlar. A todo ello se une un aumento del índice de penetración y uso de los móviles entre los mayores [6].

El principal problema que suelen presentar las aplicaciones móviles es la interfaz gráfica de

usuario, normalmente más centrada en la estética que en la usabilidad, no teniendo en cuenta muchas veces la diversidad de dispositivos existentes, los cuales presentan diferentes características físicas.

Como solución a este problema, en la plataforma se integran módulos inteligentes que, en base al perfil y las preferencias del usuario y el tipo de dispositivo de control, son capaces de adaptar las interfaces de cada uno de los servicios a dichas necesidades. De esta forma, se pueden presentar interfaces de tipo textual, icónico, audiovisual, háptico o mixto, dependiendo de la discapacidad del usuario y del servicio actual que se está ejecutando.

Entre los métodos implementados y probados se encuentran el control de acciones sobre la casa domótica mediante lanzamiento de comandos de voz, mediante gestos o movimientos del terminal y mediante pulsación de botones de la interfaz gráfica.

Otro de los dispositivos elegidos ha sido el televisor, que como sabemos, es uno de los dispositivos más extendidos en los hogares y el más familiar en el uso para el colectivo de mayores.

Se distinguen tres grupos de funcionalidades asociadas con el televisor.

En primer lugar, es posible controlar el televisor desde el dispositivo móvil. De esta manera el usuario puede emplearlo como un mando a distancia accesible.

En otro segundo grupo, es posible iniciar el control del televisor de manera voluntaria o automatizar el proceso, lo cual permite

implementar servicios tales como detectar cuando el usuario se ha sentado en el sofá y preguntarle si quiere ver la televisión o usar la televisión como un videoportero.

Por último, se emplea el televisor como medio de acceso a Internet, pudiendo realizar búsquedas por voz a través del *smartphone* o utilizando el mismo terminal móvil como si fuera un ratón. Además de la navegación se ha implementado un sistema de videoconferencia que permite, mediante un sencillo comando de voz, iniciar una comunicación con la persona que se desee, visualizando todo ello en la pantalla del televisor.

En la Figura 1 se muestra un ejemplo de las interfaces creadas por la plataforma del hogar INREDIS.



Figura 1. Ejemplo de interfaces creadas para distintos usuarios para el mismo servicio.

3.2. INTELIGENCIA DE LA PLATAFORMA DOMÓTICA

El módulo de inteligencia de la plataforma esta compuesto por dos elementos:

Sistema de publicación: Publica las funciones que permiten la comunicación con la Base de Conocimiento.

Base de Conocimiento: Está constituida por una ontología donde se ha descrito de forma normalizada el perfil de usuario, el tipo de *Dispositivo Controlador*, el tipo de *Servicio/Dispositivo Objetivo*, los eventos del sistema y las tareas y procesos unitarios dados de alta.

La ontología dispone de un mecanismo de inferencia basado en reglas que le permite:

- Instanciación del perfil de usuario.
- Instanciación del servicio/dispositivo objetivo.
- Ejecución de procesos y tareas:

Todas las peticiones a la Base de Conocimiento son realizadas por el módulo de gestión de la plataforma quien a su vez recibe todas las respuestas.

La Base de Conocimiento de la plataforma se ha desplegado dentro del *framework* Sesame [7], capaz de cubrir los requerimientos de inferencia y rendimiento necesarios.

4. El usuario como factor en el diseño

La plataforma del hogar INREDIS ha sido diseñada en sesiones de co-diseño con los potenciales usuarios. El objetivo de las sesiones de co-diseño es explorar la usabilidad y accesibilidad de la plataforma en el entorno doméstico. Por ello, se analiza si las interfaces, los procedimientos y tecnologías son apropiados para usuarios con discapacidades asociadas al envejecimiento.

Para las sesiones de co-diseño se seleccionaron 7 usuarios potenciales de la plataforma considerando como criterio de inclusión tener más de 65 años y como característica de exclusión tener reconocido más de un 33% de discapacidad.

De las sesiones se desprende que los usuarios consideran que el manejo de la plataforma del hogar INREDIS es muy sencillo, expresando su deseo de utilizarlo en su vida diaria ya que les permitiría superar barreras arquitectónicas o tecnológicas facilitando así su vida cotidiana. Además, en líneas generales, los usuarios consideran que la plataforma domótica responde a sus acciones o cambios de contexto, p.ej. de ubicación en la casa, con suficiente velocidad. En lo que respecta a las interfaces mostradas, los usuarios señalan que el control de las interfaces ha funcionado correctamente y las indicaciones de las interfaces son correctas, tanto en tono, velocidad, lenguaje y claridad, y han podido seguirlas con facilidad.

5. Conclusiones

Este artículo presenta una solución domótica interoperable y adaptativa a las necesidades de múltiples tipos de usuarios basada en la interacción de un terminal móvil contra una arquitectura SOA-EDA y una plataforma basada en OSGi. El terminal móvil resulta una herramienta versátil gracias a su capacidad de representación de interfaces adaptativas (gráficas, hápticas y auditivas) y la posibilidad de interactuar con él mediante acciones basadas en movimiento y voz, expandiendo aún más las funcionalidades que hoy en día se le atribuyen.

La combinación de inteligencia, información de localización y la monitorización y gestión de eventos permite automatizar en gran medida los procesos básicos que suceden en un hogar convencional, simplificando en gran medida el día a día del usuario.

Este sistema, permite integrar gran cantidad de servicios y dispositivos, y es manejable por usuarios no relacionados con el mundo de la tecnología, resultando de ayuda para todo tipo de personas, con discapacidad o no y de cualquier rango de edad permitiéndoles realizar muchas tareas que hasta la fecha consideraban imposibles de realizar.

Las futuras líneas de investigación para el desarrollo de la plataforma domótica INREDIS se centrarán en incluir el procesamiento de eventos complejos y en la integración de más dispositivos y servicios a través de la plataforma OSGi, así como en la introducción de nuevas funcionalidades en el sistema inteligente de

adaptación de interfaces y su validación en entornos reales.

6. Referencias

[1] INREDIS, Portal Web del Proyecto. Disponible en: <http://www.inredis.es/> . Último acceso: Abril 2011.

[2] Erl, T., Service-Oriented Architecture: Concepts, Technology, and Design, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA, 2005.

[3] OSGi Alliance, OSGi Service Platform. Disponible en: <http://www.osgi.org/Specifications/HomePage> . Último acceso: Abril 2011.

[4] KONNEX ASSOCIATION, KNX Standard. Disponible en: <http://www.knx.org/knx-standard/introduction/> . Último acceso: Abril 2011.

[5] ABI Research, Mobile Device User Interfaces . Disponible en: <https://www.abiresearch.com/research/1003813-Mobile+Device+User+Interfaces?ll&viewtable=1005746~RR-UI-10.xls-Table1-1.csv> . Último acceso: Abril 2011.

[6] Del Arco, J. y San Segundo, J.M., Los mayores ante las TIC. Accesibilidad y Asequibilidad, Fundación Vodafone España, Alcobendas, 2010.

[7] openRDF, Sesame. Disponible en: <http://www.openrdf.org/> . Último acceso: Abril 2011.

7. Agradecimientos

La investigación descrita en este artículo surge del proyecto de investigación INREDIS (Interfaces de Relación entre el Entorno y las personas con DIScapacidad) [1]. INREDIS está liderado por Technosite y subvencionado por el CDTI (Centro de Desarrollo Tecnológico Industrial), bajo el programa CENIT (Consortios Estratégicos Nacionales de Investigación Técnica), en el marco de la iniciativa del gobierno español INGENIO 2010.

Los socios del proyecto INREDIS y el CDTI no se responsabilizan de las opiniones expresadas por los autores en este artículo.

Subvencionado por el CDTI:



TER-ReMOTE: Plataforma para el despliegue de servicios multimedia remotos para terapias de rehabilitación física

Z. Valero Ramón¹, A. Gómez Ferragud¹, C. Cuenca Galán²

¹ Instituto de las TIC Avanzadas - Grupo TSB, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España, {zoevara, algofer1}@itaca.upv.es

² Federación Nacional Aspaym, Toledo, España, claracuenca@aspaym.org

Resumen

El impacto que tiene una lesión medular sobre la salud es considerable, a parte de los problemas propios de la enfermedad, deben afrontar la falta de oportunidades que la sociedad les ofrece, como por ejemplo la insuficiente oferta de recursos de rehabilitación. Numerosos estudios avalan el hecho de que la telerehabilitación puede jugar un papel muy importante en la mejora de la calidad de vida de este sector, pero todavía hay muy pocas iniciativas al respecto. Este trabajo presenta una plataforma de telerehabilitación física para el despliegue y desarrollo de servicios y contenidos multimedia remotos con aplicación terapéutica.

Abstract

The impact of the spinal cord injury on the health is considerable, in addition to the problems of this disease, the people affected have to face the lack of opportunities that society offers them, as for example insufficient supply of resources for rehabilitation purpose. Several studies support the fact that telerehabilitation could play an important role in the improvement of the quality of life of this sector, but there are still very few initiatives in this regard. This work presents a platform of physical telerehabilitation for the deployment and development of remote multimedia services and contents with therapeutic application.

1. Introducción

El impacto que tiene una Lesión Medular (LM) sobre la salud es considerable, la persona pasa de tener su vida, sus proyectos e ilusiones, a tener que replantearse todas las áreas de su vida. Las personas que sufren este tipo de patologías tienen dificultades para alcanzar una integración social plena, tanto por la discapacidad que deriva de sus enfermedades como por la falta de oportunidades que la propia sociedad les ofrece. A esta situación contribuyen, entre otros factores, la aún insuficiente oferta de recursos de rehabilitación, la dificultad para aplicar los existentes métodos de rehabilitación, el escaso atractivo de algunas de las herramientas e instrumentos utilizados, el desconocimiento y la falta de asesoramiento continuado en entornos familiares, la brecha digital y el estigma y la discriminación que esta población soporta.

En un mundo de comunicaciones, informática, correos electrónicos, firma digital, comercio por Internet, etc. resulta paradójico que se sigan utilizando medios manuscritos como herramienta terapéutica sin aprovechar las múltiples posibilidades que abren las nuevas tecnologías. Igualmente paradójico es que en la era de la multimedia el acceso a los contenidos sanitarios de interés esté todavía limitada a núcleos de conocimiento, expertos médicos y hospitales, muy determinados, sin que exista una oferta más global en cuanto a su distribución.

La tendencia actual en el mundo de la medicina es a ir migrando eventualmente la información existente en formato impreso a bases de datos en formato electrónico y permitir su acceso a

través de Internet. Siendo esta migración todavía un proceso en marcha en el mejor de los casos, o simplemente una intención, pero en cualquier caso siendo un proceso lento y costoso.

En el sector de la medicina se evidencian claros síntomas de obsolescencia que justifican la necesidad de emprender iniciativas correctoras como la telerehabilitación, una solución innovadora para una necesidad real, compleja y costosa.

La discapacidad de origen neurológico adquirida, por una LM o por la instauración de un daño cerebral, se prevé que ocupará en el año 2020 uno de los cinco primeros puestos entre los problemas de salud con mayor repercusión económica [1], ajustando su repercusión para la esperanza de vida de las personas afectadas. A pesar del efecto beneficioso del tratamiento rehabilitador intensivo, un número importante de pacientes continúa presentando serios déficits laborales. Un porcentaje de estos pacientes se podría beneficiar de un tratamiento extendido en el tiempo, sin embargo, resulta una práctica ineficiente e insostenible para el modelo actual de centros especializados, programas ambulatorios o centros de día.

Este trabajo pretende diseñar, implementar y validar una plataforma para el despliegue de servicios multimedia remotos con aplicación terapéutica, centrándose en el ámbito de la rehabilitación física que sirva de apoyo al desarrollo de nuevas terapias de rehabilitación física, aportando a las actuales técnicas la posibilidad de extenderse al hogar de los pacientes.

El presente documento se estructura de la siguiente forma: a continuación se describe el

estado del arte en terapias de rehabilitación física y las posibilidades que ofrecen las TIC. En la sección 3 se describen la idea del proyecto y qué se quiere probar con su desarrollo. Finalmente se exponen las conclusiones.

2. Estado del Arte

La rehabilitación es un proceso complejo multidisciplinar que debe iniciarse lo más precozmente posible después de haber sufrido la lesión cerebral y que se prolonga más allá del alta hospitalaria. El proceso de rehabilitación del Lesionado Medular, con todos los procedimientos que comprende (fisioterapia, terapia ocupacional, tratamiento psicológico, etc.) debe encaminarse a la reintegración del individuo dentro del ambiente familiar y social con la máxima calidad de vida posible.

Las terapias llevadas a cabo en la actualidad en el proceso rehabilitador se pueden resumir del siguiente modo:

- Estimulación cognitiva para obtener respuestas consistentes.
- Mejora del control motor para conseguir buen control cefálico y de tronco.
- Manejo de la deglución para conseguir restablecer alimentación vía oral.
- Mejora de la comunicación.
- Tratamiento de las alteraciones cognitivas y conductuales.
- Reeducación de los esfínteres (micción y evacuación).
- Prevención y tratamiento de complicaciones como pueden ser las

limitaciones articulares, la espasticidad, el dolor neuropático, etc.

- Reeducación de las actividades de la vida diaria básicas y de la marcha para conseguir un desplazamiento independiente.
- Educación sanitaria al paciente y a su familia.
- Soporte emocional a la familia y asesoramiento en aspectos como ayudas técnicas, recursos comunitarios, etc.

El plan terapéutico orientado a conseguir los anteriores objetivos se instaura a nivel hospitalario, pero deberá continuar durante un largo periodo, primero a nivel ambulatorio u hospital de día y, a continuación, en centro próximo a domicilio o incluso en el propio domicilio. Se trata de severas secuelas a consecuencia de lesiones cerebrales que afectan a una población de pacientes eminentemente joven. Ello implica la necesidad de continuación de tratamiento incluso años después de la lesión.

Para conseguir la continuación de estos tratamientos en el hogar del paciente aún se dispone de escasos recursos de rehabilitación. Estos además adolecen, en algunos casos, de escaso de atractivo, y en otros, de dificultosa aplicación. Es decir, se disponen de avanzadas terapias de tratamiento pero las herramientas para su implementación siguen siendo tradicionales y limitadas por un uso limitado de las nuevas tecnologías. En la actualidad empiezan a aparecer distintos proyectos de telerehabilitación para enfermedades cognitivas y con menor frecuencia para problemas físicos, aunque el despliegue de estos proyectos hacia la gran mayoría de centros de salud, hospitales y hogares todavía no se ha materializado.

La telerehabilitación es la provisión de servicios de rehabilitación a distancia mediante el uso de tecnología de telecomunicación, como vía de difusión. Engloba múltiples servicios de un gran número de disciplinas de la salud como fisioterapia, terapia ocupacional, logopedia, ingeniería biomédica, entre otros. Forma un complemento importante de las actividades de rehabilitación incluyendo la valoración diagnóstica, intervenciones terapéuticas, seguimiento remoto del desempeño de la persona con LM, educación y entrenamiento a la familia y a profesionales de la rehabilitación; así como una manera de establecer contactos para personas con discapacidad.

La telerehabilitación física, como subespecialidad, se refiere a cualquier procedimiento rehabilitador que involucre una interacción entre el paciente y el profesional, que resulta en el diagnóstico y/o tratamiento de cualquier alteración del movimiento.

Entre las principales actuaciones dentro del campo de las terapias de telerehabilitación, se encuentra el proyecto TRHIVE (Telerehabilitation Trough Interactive Video Endorsement), las conclusiones aseguran que la telerehabilitación es viable para ambos grupos, el de las personas con LM y el de los profesionales [2].

Se han dado otra serie de experiencias, como la realizada en Centro de Investigación Sheperd Center de Atlanta [3] los resultados de las personas que llevaban un año participando en el proyecto, son bastante mejores que aquellas personas que recibían los cuidados tradicionales.

Otros estudios, [4], [5] concluyen que la telerehabilitación juega un papel importante en el grado de satisfacción con la atención recibida.

Sin embargo debido a los tamaños de las muestras y al tiempo de seguimiento de los pacientes aún son necesarios nuevos estudios.

En España se han llevado a cabo también una serie de iniciativas como el proyecto desarrollado en 2008 en el Instituto Guttman de Barcelona, para la rehabilitación cognitiva de pacientes con daño cerebral adquirido. El proyecto TOyRA, (Terapia Ocupacional y Realidad Aumentada) tiene como objetivo llevar a cabo una plataforma que permita aplicar avanzados sistemas tecnológicos al desarrollo de actividades de Terapia Ocupacional.

A pesar de estos avances en la telerehabilitación en España, actualmente no existe ninguna experiencia en el uso de telerehabilitación en pacientes con LM. Sin embargo, los resultados conseguidos en las experiencias previas del uso de telerehabilitación en España en otras patologías y las conclusiones de estudios en otros países sobre la telerehabilitación en la LM, justifican el desarrollo de este proyecto de telerehabilitación para la LM adquirida en España.

Además de las innovadoras terapias en los campos de telerehabilitación, en la actualidad se ha producido un gran desarrollo en el campo de las TIC, apareciendo nuevas tecnologías de difusión multimedia y nuevos sistemas de gestión de contenidos que pueden ser de utilidad para las terapias de telerehabilitación en el hogar.

Pero el hecho es que no se dispone de contenidos multimedia que permitan mejorar la prevención, tratamiento y recuperación de los pacientes con LM, además de la carencia de herramientas más o menos estandarizadas que permitan realizar este tipo de terapias, estos dos

factores unidos redundan en que no es posible beneficiarse de los nuevos sistemas de comunicación de banda ancha para mejorar la accesibilidad al conocimiento especializado en la materia. Actualmente la terapia de rehabilitación no está accesible para muchos pacientes por falta de medios y de personal especializado en los centros a los que acuden, y aquellas personas que no ven satisfechas sus necesidades a través de las terapias convencionales no tiene alternativa de tratamiento remoto.

Todas estas necesidades muestran que, a diferencia de otras disciplinas, la medicina en general y el tratamiento y terapia de discapacidades físicas en particular, presenta un bajo grado de implantación de las nuevas tecnologías, especialmente en lo referente a gestión y aprovechamiento de los conocimientos médicos y clínicos. Sobra por ello decir que la generación de contenidos alrededor de este conocimiento es igualmente baja.

3. Plataforma TER-ReMOTE

Como respuesta a la necesidad de desarrollo de nuevas terapias de rehabilitación física que aporten a las actuales técnicas la posibilidad de extenderse al hogar del paciente y la carencia de contenidos multimedia para poder utilizar en estas terapias remotas, TER-ReMOTE ha creado un prototipo de herramientas y contenidos de evaluación y tratamiento propios de la rehabilitación física, que puedan aplicarse de forma individualizada, utilizando un sistema de comunicación heterogéneo coordinado, y

conexiones de banda ancha tanto en los centros que los atienden como en los domicilios de los propios pacientes.

La plataforma TER-ReMOTE se ha diseñado con la intención de proporcionar una mayor continuidad en la atención al paciente, así como de dotar a las técnicas de rehabilitación de una mayor interactividad, ofreciendo tanto al paciente como a su entorno el acceso a la información sobre su enfermedad y terapia; y a los profesionales de una herramienta útil de creación, edición y despliegue de nuevas terapias de telerehabilitación.

Los profesionales distribuirán las terapias interactivas a través de la plataforma, de forma que el paciente no solo recibe el contenido en su hogar, sino que puede interactuar con él. El sistema obtiene información referente a la interacción, que es enviada al profesional médico de forma que se produce una bidireccionalidad que aporta gran valor al sistema.

La plataforma también ofrece espacios en los que los pacientes puedan intercambiar experiencias, información y consejos entre ellos, de forma que mantengan lazos con personas en su misma situación y refuercen la sensación de pertenecer a una comunidad.

Con el proyecto se quiere demostrar que el uso continuado de una plataforma de telerehabilitación en personas con LM concluye en una mejora global de los beneficiarios y sus familias, evaluando la plataforma y los resultados obtenidos a través de indicadores objetivos y tangibles. Para ellos se realizará a todos los usuarios admitidos en el proyecto, unas pruebas de valoración específicas en el Centro de Investigación de Discapacidad Física (CIDIF) con el

fin de determinar todas aquellas actividades que el puedan ser tratadas con telerehabilitación. A continuación el equipo rehabilitador junto con los resultados del CIDIF diseñarán un programa individualizado de rehabilitación domiciliaria para cada uno de los pacientes, en el cuál se marcarán los objetivos terapéuticos concretos, la frecuencia del tratamiento y los profesionales que intervendrán en cada caso. Al final del tratamiento el mismo equipo valorará los avances conseguidos en el estado psicofísico de la persona con LM y su entorno. Se elaborará un informe final en cada caso y se confeccionará un informe final del tratamiento, evaluando la validez del mismo, su mejora y su continuidad en el tiempo.

Otra de las líneas de trabajo del proyecto es probar los beneficios sociales directos aportados por TER-ReMOTE, incluyendo la creación de una red de servicios de Rehabilitación alternativos que acercan los recursos fisioterapéuticos al entorno domiciliario en los casos en los que de otra manera no pueden servirse de ellos, facilitando el acceso a aquellas personas que por diferentes motivos no pueden acudir al Servicio de rehabilitación específico. La creación de un entorno familiar más informado, acercando las nuevas tecnologías y las redes de información a personas que por su condición tienen un acceso limitado a ellas. La implicación de la familia en el proceso de mantener al paciente en las condiciones más óptimas posibles.

Por lo tanto una de las consecuencias directas que se pretende alcanzar con la implantación de este proyecto es acortar la estancia de los pacientes en el Centro de Salud, descongestionando el servicio. Además de solucionar un problema social existente como es

la atención a personas que viven en el entorno rural, que en la mayoría de los casos no pueden tener acceso a los servicios por falta de transporte continuado, la telerehabilitación evitará el abandono en que se encuentran estas personas. Con este proyecto se pretenden abrir nuevos horizontes ante este sector, mejorando considerablemente su independencia y su calidad de vida.

4. Conclusiones

La rehabilitación física es un elemento clave en el tratamiento de las lesiones medulares o de personas con discapacidades físicas. Experiencias previas permiten pensar que las nuevas tecnologías pueden facilitar su uso de forma generalizada y eficaz, aún cuando en la actualidad su uso sea muy limitado. Otras intervenciones con base en evidencia, como el entrenamiento en habilidades sociales, la psicoeducación, la reeducación motora y otros programas terapéuticos habitualmente utilizados en rehabilitación física podrán ser adaptados a este soporte, lo que permite también un uso de los mismos más extenso y un acceso ubicuo a este tipo de conocimiento.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Subprograma Avanza Ciudadanía Digital dentro del plan Avanza 2009-2011. Los autores quieren agradecer al resto de miembros del consorcio TER-ReMOTE, Federación Nacional Aspaym, Aspaym Castilla y León y Aspaym Madrid por su opinión y ayuda en la elaboración de este trabajo.

Referencias

- [1] J. M. Tormos Muñoz, E. J. Gómez, A. García-Molina, E. Opisso, R. Maspons, "Análisis del estado actual de los servicios de telemedicina enfocado a evaluar la viabilidad de un programa de telerehabilitación en pacientes con una gran discapacidad de origen neurológico", Agència d'Avaluació de Tecnologia i Recerca Mèdiques de Catalunya, Barcelona, 2007.
- [2] L. Dallolio, M. Menarini, S. China, M. Ventura, A. Stainthorpe, A. Soopramanien, P. Rucci, M. P. Fantini,

"Functional and Outcomes of Telemedicine in Patients With Spinal Cord Injury", Arch Phys Med Rehabil., Bologna, 2008 Dec;89(12):2332-2341

[3] V. L. Phillips, S. Vesmarovich, R. Hauber, E. Wiggers, and A. Egner, "Telehealth: reaching out to newly injured spinal cord patients". Public Health Rep., Atlanta, 2001, pp 94-102.

[4] S. Vesmarovich, T. Walker, R. P. Hauber, A. Temkin, R. Burns, "Use of telerehabilitation to manage pressure ulcers in persons with spinal cord injuries", Advances in Wound Care, 1999;12:264-9

[5] V. Edgerton, S. Kim, R. Ichiyama, Y. Gerasimenko, R. Roy, "Rehabilitative therapies after spinal cord injury". Journal of Neurotrauma [serial online]. March 2006; 23(3-4):560-570.

Derechos de autor

Los autores del artículo presentado como soporte documental para sus intervenciones en el Congreso, en el mismo acto de enviarlos para su aprobación, aceptan la cesión de los derechos de autor sobre los mismos para su publicación en el libro de actas del Congreso.

Herramienta Interactiva para la Realización de la Accesibilidad a Eventos en Directo

Ángel García-Crespo, Israel González-Carrasco, José Luís López-Cuadrado, Belén Ruiz-Mezcua
Departamento de Informática, Universidad Carlos III de Madrid, España
Email: acrespo@ia.uc3m.es, {igcarras, jllopez, bruiz}@inf.uc3m.es

Resumen

La accesibilidad a los eventos en directo como galas u obras de teatro es un reto fundamental para conseguir el ocio compartido entre personas con y sin discapacidad. Mientras que en eventos en diferido la accesibilidad puede probarse previamente, los eventos en directo requieren de la inmediatez y están sujetos a variables que pueden estar fuera de control, requiriendo la presencia de técnicos en el lugar donde se produce el evento. En este artículo presentamos una herramienta orientada a facilitar la accesibilidad a eventos de este tipo. La herramienta propuesta permite la gestión de la accesibilidad, incluyendo elementos de subtítulo, audiodescripción e interpretación en lengua de signos. Se presentan también varios casos de éxito en los que la herramienta se ha probado con éxito y se indican una serie de recomendaciones, ventajas e inconvenientes obtenidas fruto de dichas experiencias.

Abstract

Accessibility to live events like galas or theatre plays is one of the main challenges for achieving the shared leisure between people with and without disabilities. While the accessibility of recorded events can be tested, live events require immediacy and they are subject to variables out of control, requiring the presence of technical staff. In this paper we present a tool oriented to ease the accessibility to this kind of events. The proposed tool allows the remote management of accessibility elements, including subtitles, audiodescription and sign language. Two cases in which the tool has been successfully tested are presented, and a set of recommendations, advantages and disadvantages from these experiences are presented.

1. Introducción

Laaksonen afirma que para las democracias actuales, acceder y participar en la cultura son los elementos principales para alcanzar una vida digna y rica [1].

Cuando se habla de accesibilidad a la cultura es importante tomar en consideración tanto la accesibilidad física al evento como la accesibilidad al contenido. En cuanto al contenido, dependiendo del evento, pueden darse diversas alternativas, que suelen pasar por el titulado o subtulado y la traducción a lengua de signos para personas con problemas auditivos, y la audio descripción para personas con problemas visuales. Existen otras ramas del teatro que se orientan hacia el resto de los sentidos para ayudar a las personas que tienen discapacidad y a las que no a involucrarse en la obra y en el espacio [2]. Sin embargo, estas aproximaciones requieren nuevas técnicas y recursos que pueden no estar disponibles en todos los eventos o requerir elevado tiempo para su adaptación.

En los eventos en directo, como el teatro, la ópera, las galas o las conferencias pueden surgir improvisaciones o elementos imprevistos. Las técnicas para conseguir la accesibilidad al contenido son diversas y dependen en muchos casos del presupuesto disponible para el evento. En este artículo presentamos una herramienta interactiva para hacer accesible eventos en directo. Esta herramienta puede ser controlada en remoto permitiendo ahorrar costes de desplazamiento.

El artículo está organizado de la siguiente forma: el punto 2 describe la problemática que se va a abordar, el punto 3 describe la herramienta, el apartado 4 muestra dos casos de éxito relevantes, mientras que el punto 5 realiza una discusión acerca de las ventajas de la misma. Finalmente el apartado 6 resume las conclusiones y los trabajos futuros.

2. La Problemática

Más de un 5% de la población sufre una discapacidad sensorial (auditiva o visual) Para conseguir una completa integración de las personas con discapacidad en igualdad de opciones, es necesario dotar de elementos de accesibilidad a cualquier evento cultural. Para conseguir esta accesibilidad, se han utilizado hasta ahora técnicas como la estenotipia, la interpretación en lengua de signos o la audiodescripción en directo que resultan demasiado caras y depende de la disponibilidad del experto en el momento del evento.

Para evitar esos problemas se propone el desarrollo de una herramienta que incorpore los procedimientos necesarios para controlar de forma remota, a través de redes de comunicaciones móviles, la proyección sincronizada de elementos de accesibilidad (subtítulos, video con lengua de signos y audiodescripción) a través de los distintos canales asociados a la propia sala donde se desarrolla el evento en directo.

3. Descripción

La aplicación permite la titulación en tiempo real de eventos para una audiencia, sin necesidad de personal altamente cualificado. Su ámbito de aplicación son los eventos en directo basados en un guión preestablecido, permitiendo la emisión remota de cualquier elemento de accesibilidad de forma sincronizada con el desarrollo del evento en directo a un bajo coste. Un técnico se encarga de generar con anterioridad los elementos de accesibilidad (títulos, video en lengua de signos y audiodescripción) asociada al evento en cuestión. Este técnico es el encargado de sincronizar y gestionar la emisión de estos elementos durante el transcurso de la obra.

El primer paso a realizar es transformar el guión al formato del sistema, lo cual se puede hacer desde un procesador de textos o desde un editor sencillo.

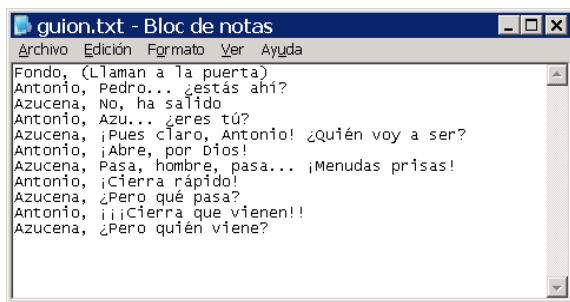


Figura 18. Guion en formato texto

Una vez separadas las entradas de cada personaje y los ruidos más relevantes, se dota a cada uno de los personajes de un estilo de texto con una herramienta creada a tal efecto.

También es posible añadir audiodescripción grabada en ficheros de audio.

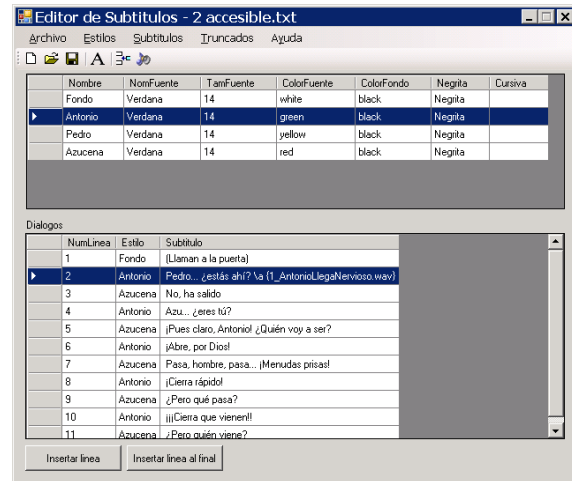


Figura 19. Editor de títulos para el guión. A partir de ese momento ya es posible realizar la proyección con el sistema de proyección, que permite modificar el lugar en el que están los subtítulos en la pantalla

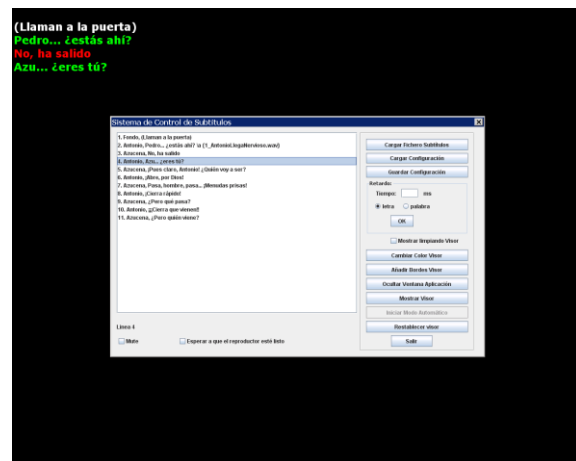


Figura 20. Visor de subtítulos.

En resumen, la aplicación permite no solo que las personas con discapacidad auditiva y/o visual puedan realizar el seguimiento de dichos eventos sino que el resto de asistentes se beneficie de los mismos, consiguiendo una completa integración

de las personas con discapacidad en igualdad de condiciones con el resto de la audiencia.

4. Casos de Éxito.

La titulación es un método especialmente indicado para facilitar que las personas con discapacidad auditiva realicen el seguimiento de eventos. La herramienta permite asegurar la accesibilidad en tiempo real de un evento para una audiencia, sin necesidad de personal altamente cualificado y mediante un sencillo dispositivo hardware-software.

Para probar la validez de la propuesta, ésta ha sido empleada por el Centro Español de Subtitulado y Audiodescripción (CESyA) en eventos de gran difusión para facilitar la accesibilidad de sus contenidos.

4.1 PREMIOS GOYA

Los Goya o Premios Goya son los galardones otorgados de forma anual por la Academia de las Artes y las Ciencias Cinematográficas de España. Su finalidad es premiar a los mejores profesionales en cada una de las distintas especialidades del sector.

La herramienta ha sido empleada para facilitar la accesibilidad de la gala en las ediciones de los años 2010 y 2011. La Figura 21, muestra la ceremonia de entrega de los premios Goya 2011 celebrada en el Teatro Real. Los subtítulos se proyectaban en una pantalla utilizando el

proyector habitual del Teatro. Se pueden ver los subtítulos arriba y en el centro del escenario



Figura 21. Ceremonia de entrega de los premios Goya 2011

4.2 FESTIVAL DE SAN SEBASTIÁN

El Festival Internacional de cine de San Sebastián es un certamen cinematográfico de la máxima categoría acreditada por la Federación Internacional de Asociaciones de Productores Cinematográficos (FIAPF). Se trata de uno de los eventos culturales de mayor envergadura y repercusión de España. La herramienta ha sido empleada para facilitar la accesibilidad de la gala en las ediciones de los años 2009 y 2010. La Figura 22 se muestra un detalle de la ceremonia de entrega del Festival de San Sebastián 2010 celebrada en el Palacio Kursaal. Los subtítulos se presentaban en una pantalla de leds multicolor arriba a la izquierda.



Figura 22. Ceremonia de entrega del Festival de San Sebastián 2010.

Gracias a esta iniciativa el festival ha sido galardonado con el Premio ONCE Euskadi Solidario por la “sensibilidad mostrada por el Festival para integrar nuevos espectadores con discapacidad a un entorno de ocio, y por ser una iniciativa que colabora en el desarrollo y disfrute personal de las personas con discapacidad”.

5. Discusión.

Como se ha descrito previamente la herramienta planteada se ha empleado con éxito en diferentes galas en directo de entrega de premios, representaciones teatrales y lecturas dramatizadas. Al igual que las obras de teatro, las galas tienen un guión que se puede procesar y analizar previamente a fin de generar los títulos, la audiodescripción y la lengua de signos a utilizar. Sin embargo presenta el inconveniente de que, como en todo evento en directo, las personas que participan en el mismo pueden improvisar, olvidar u omitir parte del guión por distintos motivos. Estas circunstancias, si bien son imprevisibles, sí deben ser tomadas en

consideración. Por ello, se recomienda una preparación previa del evento.

La experiencia acumulada nos ha sugerido una serie de buenas prácticas que, junto con las normativas recogidas en [3], ayudarán a hacer el evento accesible en su contenido con altas probabilidades de éxito:

- En primer lugar es necesario realizar un análisis detallado del guión.
- Será necesario además asistir a ensayos para estudiar cómo se va a desarrollar el evento: velocidad a la que hablan las distintas personas que participan en el mismo, distinguir los distintos silencios, etc.
- Elaboración del guión. Según AENOR UNE 15320 entre otros es necesario cuidar aspectos como respetar los datos que aporta la escena o evitar descubrir la trama o emitir puntos de vista subjetivos [4].
- Una vez establecido el guión será necesario seleccionar los colores que se utilizarán. Aquí es necesario tener en cuenta las características del espacio escénico (colores y espacio en el que se proyectarán los títulos), así como cuidar los colores de acuerdo con el estándar de subtítulo para teletexto [5].
- Preparar también el guión de la audiodescripción.
- Adaptar al espectáculo en directo, introduciendo descripciones de movimientos y sonidos que no se hayan recogido en el guión, así como identificando con antelación momentos en los que se puedan producir

improvisaciones o intervenciones no recogidas en el mismo.

- Finalmente revisar en un ensayo general que todo funciona correctamente y que la proyección de los elementos se realiza adecuadamente.

En cuanto al equipamiento, en la sala será necesario comprobar que se disponen de los elementos necesarios para la proyección de los elementos de accesibilidad:

- Equipos para controlar la emisión de titulado, audiodescripción y lengua de signos.
- Proyector y espacio para proyectar.
- Bucle magnético o emisores y receptores FM para emitir la audiodescripción.
- Otras posibilidades pueden consistir en la emisión de los elementos de accesibilidad en otros dispositivos especiales como gafas de subtítulo, o en los dispositivos personales (teléfonos móviles, PDA, tabletas, etc.) del usuario en cuestión.

Los dispositivos a utilizar dependerán de las condiciones de la sala así como de los usuarios de la misma.

Sin embargo uno de los inconvenientes que surgen en la organización de los eventos en directo es que es necesaria la presencia física en el lugar del evento de una persona capaz de coordinar la emisión de los mismos de forma coordinada con el desarrollo del evento. Así por ejemplo, tradicionalmente es necesario un

estenotipista, un traductor de lengua de signos y un audiodescriptor que vayan generando los elementos necesarios.

La herramienta propuesta supone una serie de ventajas con respecto a esta aproximación, pues en primer lugar se basa en la creación previa de los elementos de accesibilidad. De esta forma, no es necesario disponer de tres especialistas sino que solo es necesaria una persona que se encargue de controlar la emisión de los elementos. Además, estos elementos de accesibilidad no solo benefician a los usuarios con algún tipo de discapacidad. También facilitan al resto de espectadores el seguimiento del evento, por ejemplo permitiendo leer el título cuando han perdido alguna de las frases del evento. Además esta experiencia aumenta el grado de satisfacción de todos pues permite que disfruten del evento tanto las personas que necesitan los elementos de accesibilidad como sus familiares y amigos, pues todos pueden ver la misma obra, recibir la misma información y disfrutar juntos del espectáculo.

6. Conclusiones y trabajo futuro.

En este artículo se ha presentado una herramienta interactiva para hacer accesibles eventos en directo. Esta herramienta permite que la emisión de los elementos de accesibilidad asociados al evento pueda ser controlada por un técnico valiéndose de las nuevas tecnologías de comunicación. Como verificación se han

presentado varios casos de estudio en los que se ha mostrado la utilidad de la propuesta.

La herramienta propuesta supone además un ahorro en los costes de desplazamiento y en el número de personas a utilizar para hacer el evento accesible. En las pruebas realizadas se ha constatado un elevado grado de satisfacción por las personas que han asistido a los eventos en los que se ha trabajado.

En trabajos futuros se plantea la utilización de este sistema de forma habitual en la accesibilidad de eventos en directo como obras de teatro, galas, etc.

7. Referencias

[1] Laaksonen, A., Making culture accessible - Access, participation and cultural provision in the context of cultural rights in Europe, Council of Europe Editions, Strasbourg, 2010.

[2] Sánchez-Vizcaino Flis, E. Teatro sin barreras. Un teatro accesible. Congreso V Congreso de Accesibilidad a los Medios Audiovisuales para Personas con Discapacidad, AMADIS 2010.

[3] Utray, F. y Souto M. Normativa y regulación relacionada con la accesibilidad audiovisual. Centro Español de Subtitulado y Audiodescripción (CESyA), Madrid, 2008.

[4] UNE 153020. Audiodescripción para personas con discapacidad visual: requisitos para la audiodescripción y elaboración de audioguías. AENOR. Madrid, 2005.

[5] UNE 153010:2003. Subtitulado para personas sordas y personas con discapacidad auditiva. Subtitulado a través de teletexto. AENOR, Madrid, 2003.

SIDCA: Sistema multiagente de detección de caídas vía móvil en ancianos y personas de movilidad reducida.

Laura Álvarez, Patricia Martín, Miguel Sánchez, Vidal Alonso, Amparo Jimenez, Amparo Casado, Javier Bajo
Facultad de Informática, Universidad Pontificia de Salamanca, Calle Compañía 5, 37008, Salamanca, Spain
lalvarezba@gmail.com, miguel@chocosoft.net, patricia@chocosoft.net, valonose@upsa.es, ajimenezvi@upsa.es, acasadome@upsa.es, jbajope@upsa.es

Abstract

Nowadays, fall detection for elderly people and people with mobility disabilities is a major concern for public and private institutions. This paper presents a multiagent system aimed at detecting falls through mobile devices, and provide a response in execution time. The system incorporates a novel fall detection algorithm based on machine learning and decision trees techniques. The core of the proposed system are three agent types which coordinate themselves to obtain the posture of the user taken into consideration from the data that the mobile device provides, as well as the GPS position, which can be sent via SMS or automatic phone call to the relatives or care givers. The proposed system is self-adaptive and personalizes the decision frontiers established for the user.

Resumen

Las caídas en ancianos y personas con movilidad reducida representan uno de los mayores problemas sanitarios en cuanto a atención primaria y costes derivados a los que se enfrentan los sistemas públicos y privados de salud. Este artículo presenta un sistema multiagente capaz de detectar caídas por medio de los sensores de un dispositivo móvil y actuar en consecuencia en tiempo de ejecución. El sistema incorpora un nuevo algoritmo de detección de caídas basado en aprendizaje automático y clasificación de datos mediante árboles de decisión. La base del sistema son tres tipos de agentes interrelacionados, que se coordinan para conocer la postura de un usuario a partir de los datos obtenidos a través de un terminal móvil, así como su posición GPS, que en caso de caída podrá ser enviada vía SMS o mediante una llamada automática. El sistema propuesto es auto-adaptativo y permite fijar las fronteras de decisión personalizadas para el usuario.

Palabras clave: *detección caídas, multiagente, acelerómetro, árboles de decisión*

1. Introducción

Las caídas son uno de los problemas más graves en la patología geriátrica, ya que son una de las causas fundamentales de lesiones e inclusive de mortalidad en ancianos. Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), entre 28% y 34% de las personas de 65 años en adelante sufren al menos una caída al año [SUELVES10]. En España, consultando los datos de los estudios de mortalidad del Instituto de Salud Carlos III del año 2007, se puede comprobar que cuanto mayor es la edad mayor es el porcentaje de mortalidad por caídas accidentales, llegando a superar inclusive el porcentaje de algunos tipos de cáncer. Según diversos estudios [SUELVES10, CARRO05, MAESTRO02, MOLINA08, PRAT07, PAPIOLO3, SEEU09], las caídas son debidas a una combinación de múltiples factores, pudiéndose agrupar en dos grandes grupos: factores intrínsecos y los extrínsecos, y las consecuencias de las mismas no son sólo físicas, sino también psicológicas, sociales y económicas [CARRO05, GAMA07, LÁZARO08]. Esta situación hace necesarias nuevas soluciones para la detección de caídas. En este trabajo se propone un sistema multiagente detector de caídas. La clave del sistema es un mecanismo detector incorporado en un teléfono móvil que permite detectar caídas de forma sencilla y no intrusiva, y facilita comunicación ubicua.

El resto del artículo se estructura de la siguiente forma: En primer lugar se revisa el estado del arte de las tecnologías involucradas

en el trabajo. En la sección 3 se presenta la propuesta realizada y en la sección 4 se detalla la arquitectura multiagente diseñada. Finalmente en la sección 5 se presentan los resultados y conclusiones obtenidos tras aplicar la arquitectura a un caso de estudio real.

2. Estado del arte

Actualmente no se conoce la existencia de sistemas multiagente orientados a la detección de caídas en personas de edad avanzada como el propuesto en este artículo. Existen proyectos que proponen un sistema multiagente para la detección de caídas en el hogar [JIANN07], con los agentes situados en un ordenador central conectado a un centro de salud y a diversos sensores emplazados por la casa, a los que envía la señal un dispositivo especialmente construido a tal efecto. Es una solución orientada a la domótica, y al igual que otros dispositivos específicos [ZHANG06] [SIXSMITH04], no proporcionan funcionalidad adicional (la propia del teléfono móvil) al paciente. Otras propuestas se centran en algoritmos para la detección de caídas mediante acelerómetros de tres ejes [BOURKE06] [KUMAR09], giroscopios [LINDEMANN05] [BOURKE07], o la combinación de ambos [NYAN08]. Dentro de estos últimos cabe destacar la evolución lógica que han sufrido en los últimos años, pasando de detectar caídas o colisiones a tratar de detectarlas con antelación (llamándose pre-detección o detección de preimpacto) [BOURKE08] [NYAN08]. Muchos de los algoritmos utilizan *threshold* o diferencia brusca de paso de gravedad entre un eje y

otro del acelerómetro. Ninguna de estas soluciones hace uso de agentes para la toma de decisiones, lo que dificulta la estandarización. Otros autores se centran en el aprendizaje semisupervisado para aumentar la precisión de la detección de caídas, ayudándose para ello de grabación de imágenes en video con reconocimiento de posturas [LUSTREK09] [LONDEI09] e incluso sonidos [DOUKAS08] [ZIGEL09] y extracción 3D de trayectorias del cuerpo o partes del cuerpo [ROUGIER05]. El sistema expuesto en este artículo emplea los resultados de las mediciones de dos test médicos rutinarios (get up and go, get & go) y los datos del paciente como entrada.

Hay tres elementos que otorgan a este proyecto un carácter innovador: i) el enfoque centrado en el dispositivo móvil, que dota de cierto nivel de independencia al componente físico de detección, ii) sistema multiagente, que proporciona capacidades de resolución distribuida de problemas y de aprendizaje, y iii) sistema altamente adaptable a funciones adicionales dentro del campo del eHealth.

3. Arquitectura propuesta

Se propone un sistema multiagente que interactúa con el teléfono móvil de un usuario de la tercera edad, capaz de detectar si se produce una caída y alertar al centro médico o cuidador más cercano. La propuesta se basa fundamentalmente las capacidades de los sistemas multiagente para la toma de decisiones y las posibilidades de un dispositivo móvil la detección de caídas. Los avances en

los dispositivos móviles ofrecen la posibilidad de utilizarlo como mecanismo detector. Además las posibilidades de interconexión actuales, y la capacidad de procesamiento hacen que la decisión puede ser tomada desde el propio dispositivo o bien analizar la información en remoto.

La arquitectura propuesta se muestra en la Figura1: el sistema propuesto consta de tres agentes que interactúan entre sí y también entre los dispositivos físicos y lógicos necesarios para el funcionamiento integral del modelo multiagente.

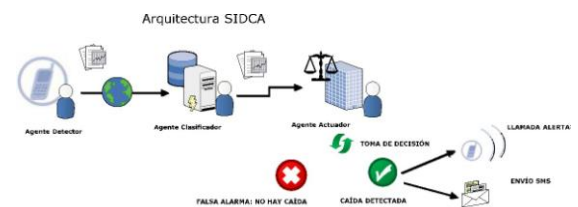


Figura 1. Arquitectura multiagente para detección de caídas en ancianos.

3.1. AGENTE DETECTOR

Se trata de un agente especialmente diseñado para ser utilizado en dispositivos móviles. El agente actúa como interface entre el usuario y el resto del sistema y tiene capacidades avanzadas para la detección de caídas. El agente permite utilizar los acelerómetros de un teléfono móvil para obtener datos relativos a los movimientos de la persona que porta dicho teléfono. De esta forma el agente obtiene datos que le permiten realizar una clasificación inicial para la detección de caídas. Esta clasificación se basa en la búsqueda de similitud con patrones previamente almacenados. Si la clasificación resulta dudosa, el agente se comunica con el agente Clasificador, para que se realice una

clasificación más avanzada. Es necesario tener en cuenta que el dispositivo móvil debe estar dotado de acelerómetros de tres ejes (X, Y, Z). Gracias a ésta tecnología, el agente Detector situado en el dispositivo contará con valores de los tres ejes, así como de medidas de rotación, traslación y situación espacio-temporal del dispositivo móvil, siempre tomando como referencia una posición inicial por parte del usuario del terminal. Este agente evaluará distintos tipos de datos y detectará las caídas, siendo capaz de situar al usuario del dispositivo tanto por posición GPS como la postura: de pie, andando, subiendo o bajando escaleras, sentado ó detectar caída hacia delante y caída hacia atrás. El agente puede enviar por distintos medios (bluetooth, WiFi, etc.) los datos registrados.

3.2. AGENTE CLASIFICADOR

El agente clasificador se encuentra situado en el centro médico y recibe los datos registrados por el agente detector. El agente utiliza un algoritmo de toma de decisiones basado en el árbol de decisión J48, con el que aprende progresivamente y personaliza valores de caídas. Esto permite personalizar la toma de decisiones para cada anciano o persona dependiente.

El agente clasificador realiza, el árbol J48 es una adaptación del algoritmo C4.5, muy común para clasificación. Básicamente, el agente trabaja con valores continuos para los atributos, separando los posibles resultados en 2 ramas $A_i \leq N$ y $A_i > N$. Los árboles son menos frondosos, ya que cada hoja cubre una distribución de clases no una clase en particular. Se utiliza el método "divide y

vencerás" para generar el árbol de decisión inicial a partir de un conjunto de datos de entrenamiento, aplicando el mismo de manera recursiva. Cada iteración la realiza cuando tiene datos en la entrada procedentes del agente Detector. Se basa en la utilización del criterio de proporción de ganancia (gain ratio), definido como $I(X_i, C)/H(X_i)$. De esta manera se consigue evitar que las variables con mayor número de posibles valores salgan beneficiadas en la selección. Una vez ha incorporado los datos de esa muestra a su base de datos, enviará los datos frontera hallados en el árbol de decisión, así como los datos de esa muestra al agente actuador.

3.3. AGENTE ACTUADOR

El agente actuador cuenta con toda la información tanto la enviada por el agente detector desde el dispositivo móvil, como la del agente clasificador. Con toda esta información, conoce si el usuario se ha caído o no, y si la caída ha sido anómala dentro del patrón de caídas para el usuario o no. Así, analizando las preferencias del usuario, que pueden ser especificadas tanto en el terminal móvil como en el centro médico, ejecuta la acción de alerta adecuada. En caso de un falso positivo, registrará el fallo, que será utilizado en tomas de decisión posteriores. En caso de caída, el agente actuador debe decidir el método de actuación:

El terminal móvil realiza una llamada de emergencia automática al número de emergencias señalado.

El terminal móvil envía un SMS automático a la persona de contacto configurada por el usuario con la posición GPS del terminal móvil.

4. Resultados y Conclusiones

Se presenta a modo de ejemplo una batería de casos de prueba obtenidos mediante simulaciones de caídas que siguieron los parámetros posturográficos presentes en los estudios referenciados con ancianos. A lo largo de tres meses de prueba se obtuvieron 500 ficheros como de datos de caídas. El agente detector procesa los datos y los almacena en formato XML. La estructura del fichero es la mostrada en la Figura 2.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<!DOCTYPE Sidca SYSTEM "SIDCA.dtd">
<vector time="2010-05-06 10:31:52.515">
  <xyz>-2.9147544 , 5.053149 , 7.3141265 , </xyz>
  <pitch>78.43</pitch>
  <roll>34.95</roll>
</vector>
<vector time="2010-05-06 10:31:52.609">
  <xyz>-2.6014864 , 4.944186 , 7.273266 , </xyz>
  <pitch>45.29</pitch>
  <roll>12.43</roll>
</vector>
<vector time="2010-05-06 10:31:52.609">
  <xyz>-2.4516625 , 4.862464 , 7.3958488 , </xyz>
  <pitch>-148.33</pitch>
  <roll>-0.87</roll>
</vector>
<vector time="2010-05-06 10:31:52.609">
  <xyz>-2.152015 , 5.284695 , 7.3141265 , </xyz>
  <pitch>178.90</pitch>
  <roll>-23.83</roll>
</vector>
```

Figura 2. Ejemplo de fichero de intercambio de información entre agentes en formato XML

El sistema fue entrenado para conseguir un aprendizaje óptimo para diferentes perfiles de usuario, llegando a diferenciar clases en cuanto a la posturografía y tipo de caída estudiados: caídas hacia delante, hacia atrás, al levantarse y subiendo o bajando escaleras, siendo éstas últimas las situaciones con mayor probabilidad de caída en ancianos. Además, el sistema personaliza los parámetros de movimiento al caminar o incluso de caídas

anteriores en el usuario, ajustando la caída a su perfil. El sistema minimiza el error cuadrático medio hasta llegar a valores en torno al 0.16, en las pruebas realizadas, lo que nos permite una holgura para mejorar el sistema y tener “posibles caídas”, en las que trabajar posteriormente. El impacto en el consumo de batería del terminal móvil es bajo mientras el sistema se encuentra activo. Además, el usuario puede utilizar su terminal móvil de manera convencional sin anular la detección.

Algunas de las conclusiones que se pueden obtener son que el coste computacional es mínimo. Como puede verse en la batería de pruebas aportada, el terminal móvil soporta de forma ligera el algoritmo. Además, la toma de decisiones con algoritmos basados en árboles también aligera la carga de trabajo para el resto de agentes. La fiabilidad de procesamiento de datos en tres agentes es aceptable. La presencia de más agentes complicaría las vías de comunicación entre ellos, haciendo el sistema multiagente complejo y pesado. El envío de información entre el terminal móvil y fijo presenta un tráfico aceptable.

5. Referencias

- Suelves JM, Martínez V, Medina A. Lesiones por caídas y factores asociados en personas mayores de Cataluña, España. Rev Panam Salud Publica. 2010;27(1):37–42.
- Carro García T, Alfaro Hacha A, Caídas en el anciano. Residentes de Geriatria Hospital Virgen de Valle. Toledo ¿Quiénes son ancianos frágiles – ancianos de riesgo?
- Estudio en personas mayores de 65 años del Área Sanitaria de Guadalajara
Molina Robles, Esmeralda et al. Incidencia de caídas en la Unidad de Hemodiálisis del Hospital General de Vic

(Barcelona). Rev Soc Esp Enferm Nefrol. 2008, vol.11, n.1, pp. 6469.

Prat, I., Fernandez E. and Martinez S. Detección del riesgo de caídas en ancianos en atención primaria mediante un protocolo de cribado.2007 Área Básica de

Salud de Palamós. Serveis de Salut Integrats Baix Empordà. Palamós. Girona. España.

M. Papiol, E. Duaso, M. RodríguezCarballeira, S. Tomás Identificación desde un servicio de urgencias de la población anciana con riesgo de caída que motiva ingreso hospitalario.2003 Servicio de Urgencias y Unidad Funcional de Geriátria. Hospital Mutua de Terrassa. Barcelona.

Sociedad española de enfermería de urgencias y Emergencias. Prevención de caídas. Recomendación científica 10/05/10 de 25 de junio de 2009.

Gama S., Zenewton André da; Gomez, Antonia and Sobral, Marta. Epidemiología de caídas de ancianos en España: Una revisión sistemática, 2007. Rev. Esp. Salud Publica. 2008, vol.82, n.1 [citado 20100705], pp. 4355.

Lázaro A. Características de las caídas de causa neurológica en ancianos

M. Lázaro del Nogal a, G. LatorreGonzález b, A. González-Ramírez a, J.M. RiberaCasado a.

Jianni Pan, Chengjie Yung, ChungChao Liang and LienFu Lai (2007) An Intelligent Homecare Emergency Service System for Elder Falling. IFMBE Proceedings Volume 14, World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2006.

M.N. Nyan, FrancisE.H.Tay, E.Murugasu (2008).A wearable system for preimpact fall detection. Journal of Biomechanics 41(2008) 3475–3481.

A.K. Bourke and G.M. Lyons (2007) A thresholdbased fall detection algorithm using a biaxial gyroscope sensor.

Medical Engineering & Physics Volume 30, Issue 1, January 2008, Pages 8490.

A.K. Bourke, J.V. O'Brien and G.M. Lyons (2006) Evaluation of a thresholdbased triaxial accelerometer fall detection algorithm. Gait & Posture Volume 26, Issue 2, July 2007, Pages 194199.

A.K. Bourke, K.J. O'Donovan and G. ÓLaighin (2008) The identification of vertical velocity profiles using an inertial sensor to investigate preimpact detection of falls. Medical Engineering & Physics Volume 30, Issue 7, September 2008, Pages 937946.

Arun Kumar, Fazlur Rahman and Tracey Lee (2009) IFMBE Proceedings: 13th International Conference on Biomedical Engineering ICBME 2008 3–6 December 2008 Singapore.

U. Lindemann, A. Hock, M. Stuber, W. Keck and C. Becker (2005) Evaluation of a fall detector based on accelerometers: A pilot study. Medical and Biological Engineering and Computing Volume 43, Number 5 / October 2005. [LUSTREK09] Lustrek, Mitja and Kaluza, Bostjan (2009) Fall detection and activity recognition with machine learning. Slovenian Society Informatika, report of May 2009.

Tong Zhang, Jue Wang, Liang Xu and Ping Liu (2006) Fall Detection by Wearable Sensor and OneClass SVM Algorithm. Intelligent Computing in Signal Processing and Pattern Recognition Volume 345/2006

Doukas, C. Maglogiannis, I. (2008) Advanced patient or elder fall detection based on movement and sound data. Pervasive Computing Technologies for Healthcare, 2008 Andrew Sixsmith, and Neil Johnson (2004) A Smart

Sensor to Detect the Falls of the Elderly. IEEE Computer Society, AprilJune 2004 (vol. 3 no. 2) pp. 4247

Sophie Turgeon Londei, Jacqueline Rousseau and others (2009) An intelligent videomonitoring system for fall detection at home: perceptions of elderly people.

Journal of Telemedicine and Telecare Volume 15, Number 8 (2009) Pp. 383390

Zigel, Y. Litvak, D. Gannot, I. (2009) A Method for Automatic Fall Detection of Elderly People Using Floor Vibrations and Sound—Proof of Concept on Human Mimicking Doll Falls. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Dec. 2009 Volume 56 Issue: 12, pp.2858 – 2867

Caroline Rougier and Jean Meunier (2005) Demo : Fall Detection Using 3D Head Trajectory Extracted From a Single Camera Video Sequence. Journal of Telemedicine and Telecare, vol. 11 no. 4 (2005)