

Personalización 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.

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” [1]. Los resultados del proyecto INREDIS tienen gran potencial de aplicación para los objetivos de la *eInclusion* según la definición que hace de este concepto la Comisión Europea [2].

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 *metalTIC – Hogar Digital* [3] 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 [4] (*User Interface Markup Language*), presenta documentos XHTML [5] (*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:

1. Propuesta inicial de diferentes desarrollos que se podrían llevar a cabo dentro del entorno del hogar.
2. 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 [6]), 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).
3. 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.
4. 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).
5. Diseño, desarrollo tecnológico e instalación de la plataforma del hogar digital.
6. Validación tecnológica por parte de los usuarios finales.
7. 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-demostrador metalTIC-Hogar digital.

metalTIC – Hogar digital [3], 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.

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 Imagen 2 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 *metalTIC* – *Hogar Digital*.** Encapsula el autómata controlador domótico. Su función es la de ofrecer una interfaz que facilite la interoperabilidad entre el autómata y el punto de entrada.
- **Autómata controlador domótico.** Gestiona la comunicación con los dispositivos de la casa, utilizando los diferentes protocolos domóticos 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 domótico 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 de 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 domótico. Los recursos que este último devuelve dependerán del estado del dispositivo que se quiere representar, con lo que consulta al middleware *metalTIC* – *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 domótico. 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 domótico, 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.

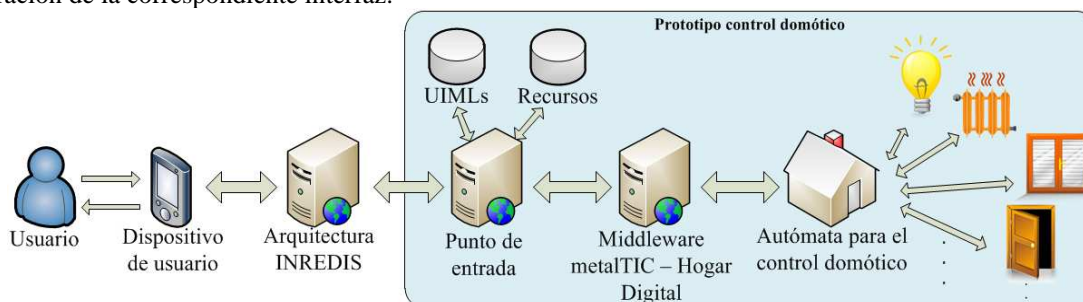


Imagen 2. Esquema de módulos y conexiones desde el usuario hacia los dispositivos de metalTIC-Hogar digital.

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 *metalTIC – 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 metalTIC-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:

1. Preocupación por la seguridad;
2. Priorización de la funcionalidad sobre la estética;
3. Importancia de la cobertura a la hora de depender y manejar dispositivos de usuario y programas móviles;
4. Facilidad de uso;
5. Información de lo que está pasando como prioridad;
6. Problemas de comunicación con otras personas;
7. 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:

1. Importancia de la redundancia en la presentación y control de la información;
2. Interacción por voz solamente en determinadas ocasiones, solo como medio informativo no como actuador;
3. 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:

1. Preocupación por la duración de las baterías en los teléfonos móviles;
2. Inclusión de funcionalidad y servicios siempre y cuando no encarezca el producto;
3. 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. [7]. 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 *metalTIC – 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 *metalTIC – Hogar Digital*.

En las pruebas se obtuvieron:

1. Datos empíricos sobre el funcionamiento del sistema mediante datos objetivos y subjetivos de rendimiento;
2. Impresiones subjetivas de los usuarios en los comentarios espontáneos y las verbalizaciones entre participantes;
3. Las observaciones de los expertos del comportamiento y registro en papel de los aspectos cognitivos de la interacción y la accesibilidad;
4. 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.

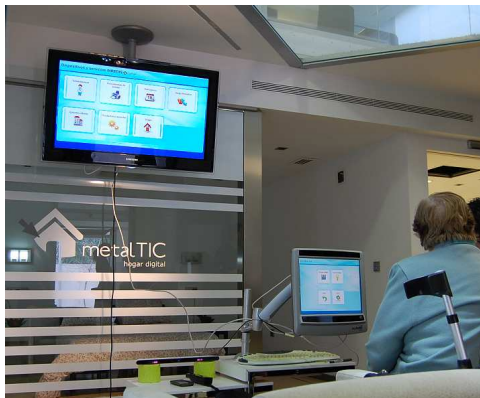


Imagen 9: Validación experimental con personas mayores.

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 doméstico, 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.

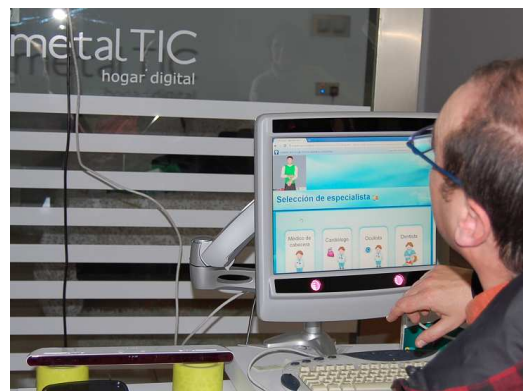


Imagen 10: Validación experimental con personas con discapacidad auditiva

6. Conclusiones

Se ha presentado un prototipo de control doméstico 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 realizada en un entorno real, en la casa/centro demostrador *metalTIC – 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

- [1] Proyecto INREDIS (INterfaces de Relación entre el Entorno y las personas con DIScapacidad), www.inredis.es, 2007-2010, Consulta: 30 de marzo de 2011.
- [2] Comisión Europea, “Europe’s Information Society, eInclusion”, http://ec.europa.eu/information_society/activities/einclusion, Consulta: 30 de marzo de 2011.
- [3] Casa/centro demostrador *metalTIC – Hogar Digital*, www.metaltic.org, Consulta: 6 de abril de 2011.
- [4] UIML “Home of the User Interface Markup Language”, www.uiml.org, Consulta: 30 de marzo de 2011.
- [5] World Wide Web Consortium, “XHTML Basic 1.1, W3C Recommendation”, 29 de Julio de 2008.
- [6] 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.
- [7] 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.