

# Sistema de Diálogo Multimodal para una Aplicación de Inteligencia Ambiental en una Vivienda

## *A Multimodal Dialogue System for an Ambient Intelligent Application in Home Environments*

Nieves Ábalos, Gonzalo Espejo, Ramón López-Cózar, Zoraida Callejas

Dpto. de Lenguajes y Sistemas Informáticos

ETS Ingenierías Informática y de Telecomunicación

Universidad de Granada

{nayade,gonzaep}@correo.ugr.es, {rlopezc, zoraida}@ugr.es

**Resumen:** Este artículo propone el diseño de un sistema de diálogo multimodal cuya finalidad es facilitar la interacción a través de voz y gráficos con una aplicación de Inteligencia Ambiental que gestiona electrodomésticos de una vivienda. El artículo describe cómo se realiza la interacción usuario-sistema y cuál es el proceso que sigue el sistema para generar las respuestas correspondientes a las órdenes de los usuarios, por ejemplo, encender una determinada luz de una habitación.

**Palabras clave:** Sistemas de diálogo, sistemas multimodales, inteligencia ambiental reconocimiento de habla, comprensión de habla, gestión del diálogo, generación de respuestas.

**Abstract:** This paper proposes a design for a multimodal dialogue system the goal of which is to ease the interaction of home appliances using speech and graphics within an Ambient Intelligence environment. Also, the paper describes the method for implementing the user-system interaction as well as the procedure to generate the system responses for the user orders, for example, to switch on a light in a room.

**Keywords:** Spoken dialogue systems, multimodal systems, ambient intelligence, automatic speech recognition, spoken language understanding, dialogue management, Text-To-Speech synthesis.

### ***1 Introducción***

La Inteligencia Ambiental (*Ambient Intelligence*, AmI) es un área de investigación cuyo desarrollo se ha incrementado notablemente en los últimos años (Remagnino y Foresti, 2005; Haya et al., 2008; Augusto y McCullagh, 2008; Augusto, 2008; Ramos et al., 2008). Su objetivo es crear entornos de interacción en los que los usuarios se interrelacionen de manera natural y transparente con servicios computacionales que les faciliten realizar tareas cotidianas, ya sean de ocio o de trabajo.

Según el IST Advisory Group, organismo de la Unión Europea que promovió este término (IST Advisory

Group, 2001), “*el concepto de Inteligencia Ambiental (AmI) proporciona una visión de la Sociedad de la Información donde se hace hincapié en una mayor facilidad de uso, soportes de servicios más eficientes, más poder al usuario y mejora del soporte para la interacción humana. En esta visión, las personas están rodeadas de interfaces intuitivas e inteligentes que estarán empotradas en cualquiera de los objetos que nos rodean a diario, y de un entorno que es capaz de reconocer y responder de manera transparente, invisible y discreta ante la presencia de distintos individuos*”.

Crear un sistema que opere en un entorno de AmI requiere diseñar interfaces de usuario inteligentes que interactúen con sensores y actuadores. Los sensores

proporcionan información del usuario dentro del entorno, y también del propio entorno. Los actuadores (motores, por ejemplo) ejecutan acciones en el entorno a iniciativa del sistema o del usuario.

Un sistema AmI usa información contextual proveniente del entorno y de los usuarios, para poder adaptar el entorno a las preferencias y deseos de los usuarios (García-Herranz et al., 2008; Aghajan et al., 2010). Por ejemplo, encender la lámpara de una habitación en una vivienda a petición del usuario. Adicionalmente, algunos sistemas de AmI usan la información contextual para ser proactivos. Por ejemplo, pueden iniciar un determinado tipo de música ambiente conforme el usuario entra en su domicilio sin que éste la pida explícitamente.

Tras esta breve introducción, el resto del artículo está organizado de la siguiente forma. La sección 2 presenta el sistema de diálogo multimodal que estamos desarrollando, llamado “Mayordomo”. Esta sección describe las características de su interacción con los usuarios y con el entorno, así como sus posibilidades de administración. La sección 3 presenta las conclusiones y comenta algunas líneas de trabajo futuro.

## 2 Sistema de diálogo “Mayordomo”

*Mayordomo* es un sistema de diálogo multimodal en fase de desarrollo en nuestro laboratorio, cuya finalidad es centralizar el control de los electrodomésticos de una vivienda. El sistema es multimodal pues proporciona varios métodos de interacción con los electrodomésticos. En concreto, el usuario puede usar habla espontánea, o bien, una interfaz gráfica tradicional (basada en teclado y ratón).

Con objeto de incrementar la comodidad de los usuarios, consideramos que el sistema opera en un entorno de AmI. Su interacción con el entorno le permite determinar en qué habitación concreta de la vivienda se encuentra el usuario en un momento dado. Esta información es usada por el sistema para optimizar el diálogo con el usuario, permitiéndole evitar la generación de *prompts* innecesarios.

Por otra parte, el sistema permite un control parental de determinados

electrodomésticos, que restringe la interacción con los mismos para determinados usuarios. El administrador del sistema tiene privilegios para realizar acciones especiales, por ejemplo, instalar y desinstalar electrodomésticos o gestionar el control parental. Además, el sistema lleva a cabo un registro de todas las acciones que se realizan dentro del entorno, así como el usuario que las llevó a cabo.

*Mayordomo* puede funcionar en viviendas con cualquier distribución de habitaciones. Además, puede interactuar con cualquier tipo de electrodomésticos, siempre y cuando el fabricante de éstos proporcione los ficheros de configuración necesarios. Un fichero de configuración contiene las características o atributos de un electrodoméstico, así como las acciones que pueden realizarse con él.

La instalación y desinstalación de electrodomésticos se puede realizar de forma dinámica, es decir, es posible añadir o eliminar electrodomésticos sin necesidad de reiniciar el sistema. Una vez instalado el electrodoméstico, el sistema puede interactuar con él exactamente igual que si hubiera estado disponible desde el momento de inicio.

### 2.1 Interacción oral

Para implementar la interacción oral estamos usando el software *Windows Vista Speech Recognition*, el cual incluye tanto el motor para reconocimiento de habla como el sintetizador de voz. *Windows Vista* incluye dos herramientas para programadores: *SAPI 5.3* (Speech API) y *System.Speech* (espacio de nombres de *.NET Framework 3.0*). En concreto, para implementar el sistema estamos usando la herramienta *System.Speech*, ya que está orientada principalmente al uso de lenguajes de programación relacionados con *Microsoft .NET*. Esta herramienta proporciona una colección de clases que permite usar RAH (clases de *System.Speech.Recognition*) y TTS (clases de *System.Speech.Synthesis*).

Actualmente, la interacción con el sistema ha de hacerse en inglés, debido a una serie de problemas. El principal, una restricción del propio software de reconocimiento: tanto el idioma de la

versión del sistema operativo usada como el idioma del propio software de reconocimiento han de coincidir para poder hacer uso de dicho software. Es decir, para usar el software en castellano, se ha de tener tanto el TTS como el ASR en castellano, y a su vez, que el idioma del sistema operativo sea también el castellano. En este caso, el otro problema que surgió fue que no se disponía del TTS en castellano, mientras que para el inglés no había problemas de disponibilidad.

Hemos decidido implementar el sistema *Mayordomo* sobre software de Microsoft con objeto de que el sistema pueda instalarse y emplearse de forma sencilla en cualquier hogar, pues los sistemas operativos de Microsoft son los más extendidos actualmente y los usuarios están más familiarizados con ellos.

### 2.1.1 Reconocimiento automático de habla (RAH)

Como se ha indicado anteriormente, cada electrodoméstico tiene asociado un fichero de configuración. Dicho fichero permite que el usuario pueda “hablar” con el electrodoméstico, pues contiene la gramática específica que se usa durante la fase de RAH. Dicha gramática está en formato SRGS (*Speech Recognition Grammar Specification*), que es una especificación más concreta que XML y ABNF.

A la hora de especificar las gramáticas para los diversos electrodomésticos de la vivienda, se pueden considerar tres estrategias. Tanto en la primera (que es la usada por el sistema) como en la segunda las gramáticas permiten el reconocimiento de palabras clave. La diferencia principal entre ambas estrategias reside en la forma en que se realiza el reconocimiento. Según la primera estrategia (ver Figura 1), la regla inicial de las gramáticas contiene a su vez cuatro subreglas: *order*, *sentence*, *request* y *palabras clave*. La subregla *palabras clave* contiene una lista con todas las palabras clave relacionadas con el uso de un determinado electrodoméstico. Por ejemplo, para la TV son palabras clave aquéllas relacionadas con el lugar en que se encuentra el electrodoméstico (p. e. living room, kitchen, etc.), la propiedad sobre la

que se quiere actuar (p. e. volume, channel, etc.), y la acción que se quiere realizar (p. e. switch on, turn off, etc.).

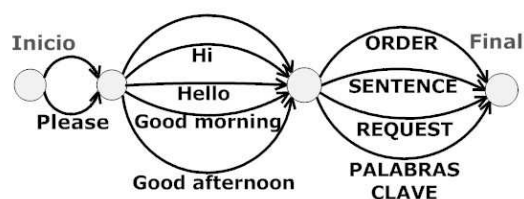


Figura 1: Regla inicial de las gramáticas incluyendo una subregla para reconocimiento de palabras clave.

Esta estrategia es la más adecuada para los usuarios que no proporcionan toda la información requerida para ejecutar una determinada acción sobre un electrodoméstico (ver la sección 2.1.2). Si faltan datos para poder realizar la acción, el gestor de diálogo del sistema solicita al usuario dichos datos. En ese momento, el usuario tiene la opción de proporcionar tan solo el dato que falta, es decir, no necesita pronunciar la orden completa. La ventaja de esta estrategia es que la interacción resulta más cómoda para el usuario cuando las órdenes son complejas y largas. Por ejemplo, si a la hora de procesar la orden:

“Set the temperature of the washing machine of the laundry room to thirty degrees”

se da la circunstancia de que el sistema no entiende el dato correspondiente a la habitación en que se encuentra el electrodoméstico, entonces pregunta al usuario: “Where?”, y éste puede responder: “In the laundry room”.

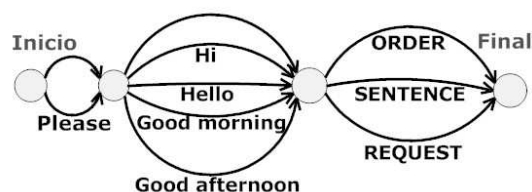


Figura 2: Regla inicial de las gramáticas sin la subregla para reconocer palabras clave.

Usando la segunda estrategia para el RAH (ver Figura 2), las gramáticas también

permiten reconocimiento de palabras clave. No obstante, en este caso no se usa la subregla *palabras clave* y se permite que todos los elementos de las subreglas *order*, *request* y *sentence* sean opcionales. De esta manera se permiten combinaciones de todas las palabras, lo que provoca un mayor número de errores de RAH pues se permiten combinaciones incorrectas de palabras, como por ejemplo, “*Hello washing off hall*”.

Usando la tercera estrategia para el RAH la regla inicial de las gramáticas es la misma que en el caso de la segunda estrategia. Sin embargo, en este caso no se permite que haya elementos opcionales en las subreglas con objeto de intentar reconocer todas las palabras existentes en las frases. Como se explicó anteriormente, esta estrategia no es aconsejable cuando las frases son complejas y largas.

Las gramáticas se cargan en la memoria del sistema al inicio de la interacción, donde permanecen durante todo el diálogo para que el motor de reconocimiento pueda hacer uso de ellas.

### 2.1.2 Comprensión de habla

El proceso de comprensión de habla se basa en el concepto que denominamos *acción*. En nuestro dominio de aplicación, una acción está formada por cuatro tipos de datos: *habitación*, *electrodoméstico*, *atributo* y *valor* (ver Tabla 1). Usando estos cuatro elementos el sistema puede ejecutar una determinada orden sobre un electrodoméstico, o bien, proporcionar la información solicitada por el usuario.

Para implementar el proceso de comprensión de habla se utiliza un método que busca en la frase reconocida los cuatro tipos de datos del concepto *acción*. Para buscar el elemento *habitación*, el método trata de localizar en la frase cada uno de los nombres de las habitaciones existentes en la vivienda. El sistema puede detectar que en lugar de referirse a una habitación concreta, el usuario se está refiriendo a todas las habitaciones de la vivienda.

Para buscar el elemento *electrodoméstico* el sistema procede de forma análoga, es decir, trata de localizar en la frase reconocida cada uno de los nombres de los electrodomésticos existentes en la

vivienda. Además, dado que el usuario puede referirse a los electrodomésticos de manera abreviada (por ejemplo, “*music*” en vez de “*piped music*”), el sistema trata de localizar en la frase reconocida fragmentos de los nombres de estos electrodomésticos.

Habitación	Habitación donde se encuentra el electrodoméstico, y por tanto, sobre la que se realiza la acción. Esta información es necesaria para distinguir, por ejemplo, qué luces han sido encendidas.
Electrodoméstico	Electrodoméstico concreto sobre el que se realiza la acción.
Atributo	Característica específica del electrodoméstico que se ve afectada por la acción.
Valor	Valor proporcionado por el electrodoméstico tras realizarse la acción sobre él.

Tabla 1: Descripción de los campos del concepto acción.

*Mayordomo* también procede de forma análoga para buscar el elemento *atributo*, es decir, trata de localizar en la frase reconocida cada uno de los nombres de los atributos correspondientes a los electrodomésticos existentes en la vivienda. Si encuentra un atributo, comprueba si ha encontrado previamente algún electrodoméstico. Si no lo encuentra, se asume que el usuario ha omitido el nombre del electrodoméstico, en cuyo caso, se busca a qué electrodoméstico está asociado. Si el atributo corresponde a un electrodoméstico único en la vivienda, la acción se asocia a dicho electrodoméstico. En cambio, si el atributo se corresponde con varios electrodomésticos, como en el caso del atributo *volumen*, que puede referirse tanto a la televisión como al hilo musical, el sistema pregunta al usuario a qué electrodoméstico se refiere.

Finalmente, el sistema usa el módulo *Reconocer Semántica* (ver Figura 3) para buscar el elemento *valor*, para lo cual trata de localizar en la frase reconocida cada uno

de los nombres de los posibles valores de los atributos de los electrodomésticos existentes en la vivienda. Dado que algunos atributos son numéricos (están en el rango 0-10), el sistema trata de localizar números en ese rango dentro de la frase reconocida.

Por economía del lenguaje, hemos observado que los usuarios suelen pronunciar frases en las que se encuentran implícitos los atributos, y sólo se encuentra explicitado alguno de los valores de dichos atributos. Por ejemplo, en la frase: “*Switch on the lights*”, el atributo es “*State*”, pero éste no aparece en la frase. Para analizar estos casos, el sistema busca verbos para los cuales se sobreentienden *valores y/o atributos*.

Para determinar si el usuario está realizando una pregunta, o bien, comunicando el deseo de ejecutar una orden, se analiza la frase reconocida. Si en ésta se encuentra alguna palabra que comience con “*wh-*”, o alguna conjugación del verbo “*to be*” en presente, se asume que se trata de una pregunta. Más concretamente, si la palabra es “*what*” o “*which*”, se asume que el usuario está preguntando por el valor de algún atributo de un determinado electrodoméstico en una determinada habitación. Si la palabra es “*where*”, se asume que el usuario solicita información acerca del lugar donde algún electrodoméstico cumple determinadas condiciones.

### 2.1.3 Gestión del diálogo

Una vez finalizado el análisis de la frase, el gestor del diálogo debe decidir la siguiente respuesta que debe generar el sistema. En concreto, debe determinar si ha de proporcionar información al usuario, o bien, realizar una acción concreta sobre un determinado electrodoméstico. Para ello, comprueba si en la frase falta algún dato de los cuatro tipos de datos constitutivos del concepto *acción* mencionados anteriormente. Si no falta ninguno, en caso de ser una consulta, el gestor del diálogo realiza una llamada al módulo *Proporcionar Información*. Siempre que se realiza una acción, ésta queda registrada en un fichero de traza, junto a la fecha y la hora. La Figura 3 presenta un esquema del proceso descrito.

En caso contrario, si se trata de una orden, se invoca al módulo *Realizar Acción*. Si falta algún dato, el gestor de diálogo decide que se genere la pregunta correspondiente para obtener del usuario dicho dato (ver Diálogo 1).

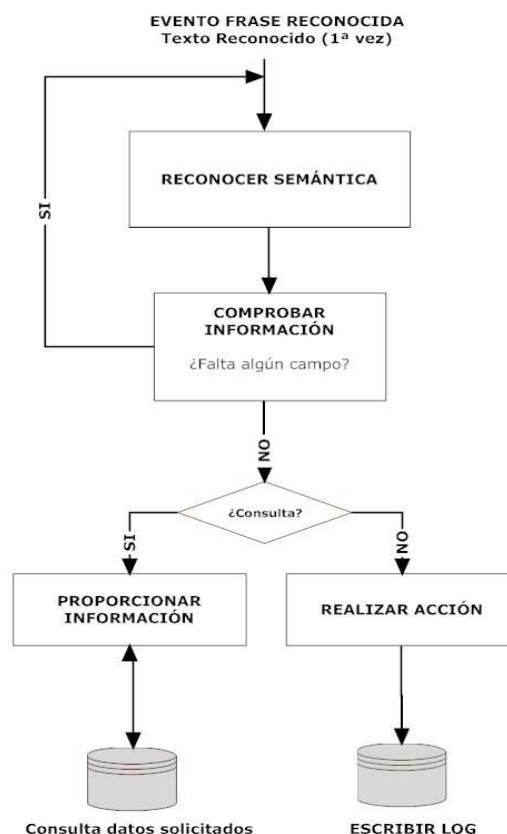


Figura 3: Esquema del proceso seguido por el gestor del diálogo.

Como se mencionó anteriormente, el módulo *Realizar Acción* es invocado si no falta información ni se trata de una consulta. Este módulo hace efectivos los cambios respecto a los cuatro tipos de datos comentados anteriormente (habitación, electrodoméstico, atributo y valor) pudiéndose aplicar a una habitación concreta o incluso a todas las habitaciones de la vivienda simultáneamente. Por ejemplo, si un usuario solicita encender la luz de la cocina, el campo habitación habrá sido rellenado con “*kitchen*”, el electrodoméstico con “*lights*”, el atributo con “*state*” y el valor con “*on*”; y en las estructuras de datos relativas a las luces de la cocina se modifica el atributo “*state*” a “*on*”.

Para que el gestor del diálogo conozca las características de la vivienda con la que ha de interactuar, se usa un archivo de configuración que contiene una descripción genérica de la vivienda, incluyendo el número de habitaciones de la misma, así como el nombre de cada habitación. Estos nombres podrán ser reconocidos y comprendidos por los módulos de RAH y PLN, respectivamente.

*User:* Switch on the light!  
*System:* What light? The ceiling lamp or the floor lamp?  
*User:* Ceiling lamp.  
*System:* You have changed to on the state of the ceiling lamp in the living room..

*Diálogo 1: Ejemplo de omisión de un tipo de dato del concepto "acción".*

En este archivo de configuración, cada habitación tiene asociada a su vez una lista con los distintos electrodomésticos que se encuentran instalados en la misma. Para cada electrodoméstico existe información acerca del nombre, que como en el caso de las habitaciones, es el identificador por el que se reconoce en el sistema de diálogo.

El archivo de configuración específico de cada electrodoméstico contiene información acerca de la funcionalidad del electrodoméstico. Se detallan en él una serie de atributos o características, así como los valores posibles para cada uno de los atributos. Por ejemplo, en el caso de la televisión, el sistema usa un archivo que contiene todos los atributos relacionados con este electrodoméstico, como *volumen* y *canal*, así como los valores posibles que pueden tomar estos atributos.

Disponer de diferentes archivos de configuración para los distintos electrodomésticos facilita la implementación y escalabilidad del sistema. En particular, y pensando en una posible futura utilización comercial, nuestro diseño tiene en cuenta que cada fabricante de electrodomésticos puede desarrollar diferentes modelos de un mismo electrodoméstico. Así, por ejemplo, nuestro sistema podría interactuar con tipos diferentes de lavadoras en una misma habitación.

#### 2.1.4 Generación de frases

Como se ha comentado en la sección anterior, el módulo de gestión del diálogo es el encargado de determinar la siguiente acción a realizar por el sistema. Existen dos posibilidades: respuesta oral para el usuario, o bien, acción sobre algún electrodoméstico. Por ejemplo, si el usuario ha formulado la pregunta: "*where are the lights on?*", el sistema puede responder: "*The lights are on in the kitchen and in the living room*". En cambio, si el usuario transmite una orden al sistema, el gestor del diálogo ejecuta la orden y seguidamente ordena la generación de un mensaje de confirmación. Por ejemplo, si la orden es: "*Turn up the volume of the T.V. in the living room*", el sistema puede responder: "*You have changed to five the volume of the T.V. in the living room*".

Para generar las respuestas, *Mayordomo* utiliza un conjunto de patrones que se instancian con unos valores u otros según el electrodoméstico, habitación, atributo y valor implicados. Por ejemplo, el patrón correspondiente al último ejemplo es el siguiente: "*You have changed to (valor) the (atributo) of the (electrodoméstico) in the (habitación)*".

#### 2.1.5 Síntesis de habla

El sistema utiliza la síntesis de habla (Text-To-Speech, TTS) para comunicarse de forma oral con el usuario, utilizando como entrada las frases en formato de texto creadas por la fase de generación de frases. Por ejemplo, esta técnica se usa al inicio de la interacción para proporcionar un mensaje de bienvenida al usuario y solicitar su autenticación.

La síntesis de habla también se usa para solicitar al usuario que complete la información que falta con objeto de poder ejecutar una determinada orden. Una vez realizada ésta, el sistema informa al usuario acerca del cambio de estado en el electrodoméstico en cuestión. Para implementar la síntesis de habla, usamos *System.Speech.Synthesis*.

### 2.2 Interacción gráfica

Con el propósito de facilitar la interacción con los electrodomésticos a un amplio rango de usuarios potenciales, *Mayordomo* proporciona una interfaz gráfica que incluye una serie de botones. Esta interfaz (ver Figura 4) permite visualizar las distintas habitaciones que componen la vivienda. La interfaz permite la selección de cualquier habitación para mostrar los distintos electrodomésticos instalados en la misma. Para cada electrodoméstico se usa una imagen que varía según el estado del mismo. Además, se muestra en la interfaz una lista con las distintas características o atributos del electrodoméstico. Una vez seleccionado el atributo que se desea modificar o consultar, aparecen en otra lista los distintos valores posibles para este atributo o característica. Para cambiar el estado del electrodoméstico basta elegir un nuevo valor.

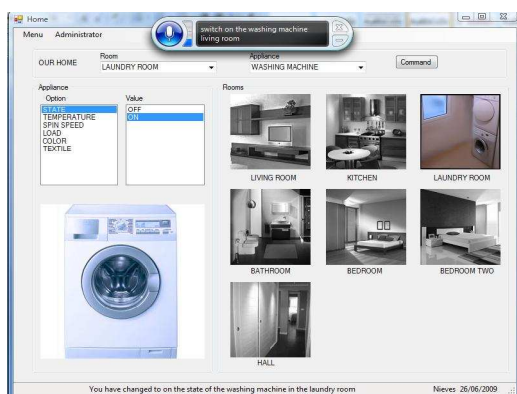


Figura 4: Interfaz gráfica del sistema *Mayordomo*.

La interfaz cuenta con una barra de estado, y con un campo de texto en el que se muestra cada respuesta del sistema. Esta barra puede ser de gran utilidad en el caso de que se desee interactuar con el sistema en un lugar en que exista mucho ruido y que impida una correcta escucha de los mensajes generados mediante TTS.

La interfaz también proporciona un *prompt* de órdenes que permite dialogar con el sistema en formato de texto. Esta modalidad de interacción está pensada para posibles situaciones en las que el usuario interactúe en un entorno ruidoso que no aconseje usar la modalidad oral. El texto escrito en el *prompt* constituye la entrada del módulo de comprensión de habla

descrito en la sección 2.1.2. En este caso, se consigue un mejor comportamiento del sistema dada la ausencia de errores de RAH.

### 2.3 Interacción con el entorno

La interacción entre *Mayordomo* y el entorno se realiza de forma transparente para el usuario, y tiene como finalidad lograr un comportamiento más inteligente del sistema. Esta interacción proporciona información acerca de la localización del usuario en el entorno (constituido por las habitaciones de la vivienda). De esta manera, el sistema puede determinar en qué habitación se encuentra el usuario y adaptar convenientemente el diálogo para lograr que éste sea más eficiente. Por ejemplo, si el usuario se encuentra en una habitación en la que únicamente hay una lámpara, y pronuncia la orden: “Switch off the light”, *Mayordomo* no necesita preguntar a qué lámpara se refiere. En cambio, si en la habitación hay más de una luz, el sistema ha de determinar cuál es la lámpara referenciada por el usuario, como se muestra en el Diálogo 1.

En el momento de escribir este artículo, la información de localización se obtiene de forma simulada, empleando un fichero de configuración adicional.

### 2.4 Administración del sistema

Con el objetivo de restringir el acceso y facilitar la administración de *Mayordomo*, cada usuario que pretende interactuar con el sistema debe identificarse mediante un nombre y una contraseña. Existen en el sistema diversos tipos de usuarios. Por una parte, existe un usuario básico que tiene posibilidad de interactuar con los electrodomésticos de la vivienda. Por otra parte, existe un usuario administrador, que además de tener los mismos privilegios que el usuario básico, posee la capacidad de instalar y desinstalar electrodomésticos; añadir, modificar o eliminar usuarios; acceder al historial de acciones; y controlar las excepciones de uso de determinados usuarios con respecto a determinados electrodomésticos.

Para facilitar el control parental de determinados electrodomésticos,

*Mayordomo* cuenta con un sistema de excepciones. Una excepción es una relación usuario-electrodoméstico, en la que la interacción del usuario con el electrodoméstico está restringida por el sistema. Así, por ejemplo, para prohibir el uso del horno por parte de un niño, basta indicar el nombre de niño y el del horno.

### 3 Conclusiones y trabajo futuro

En este artículo se ha presentado el estado actual de la implementación de un sistema de diálogo multimodal cuya finalidad es interactuar con electrodomésticos de una vivienda. Para optimizar este control, se asume que el sistema opera en un entorno de AmI. La multimodalidad permitida por el sistema proporciona diversos métodos de interacción con los electrodomésticos (oral o gráfica). *Mayordomo* ha sido diseñado para ser escalable y soportar diversos tipos de electrodomésticos, lo cual se consigue mediante el uso de una serie de ficheros de configuración. El sistema distingue entre diversos tipos de usuarios, permitiendo determinadas funciones únicamente a administradores. Asimismo, permite un control parental que excluye a determinados usuarios de una serie concreta de electrodomésticos.

Una línea de trabajo futuro se centra en el diseño e implementación de una capa de *middleware* que permita representar el entorno y lograr que el sistema pueda interactuar con él. En concreto, pretendemos implementar una estructura de *pizarra* (Alamán et al., 2001; Haya et al., 2004; Arroyo et al., 2008) que será usada para representar los electrodomésticos de la vivienda con el fin de efectuar cambios de estado sobre ellos y obtener información acerca de su estado actual.

Una segunda línea de trabajo futuro está relacionada con la utilización de tarjetas y sensores de RFID (Radio Frequency Identificación) para poder localizar a los usuarios dentro del entorno de AmI de forma real (no simulada).

### Bibliografía

Aghajan, H., López-Cózar, R., Augusto, J. C. (2010). *Human-centric Interfaces for Ambient Intelligence*. Academic Press

- Alamán, X., Haya, P. y Montoro, G. (2001). *El proyecto InterAct: Una arquitectura de pizarra para la implementación de Entornos Activos*. Congreso de Interacción Persona-Ordenador (Interacción 2001). Salamanca. 16-18 mayo 2001, pp 72-73
- Arroyo, R. F., Gea, M., Garrido, J. L., Haya, P. A. (2008): *Development of Ambient Intelligence Systems Based on Collaborative Task Models*. Journal of universal computer science 14(9): 1545-1559
- Augusto, J. C. (2008): *Ambient Intelligence: Basic Concepts and Applications*. Series: Communications in Computer and Information Science, Vol. 10. Springer Verlag, pp 14-24
- Augusto, J. C. y McCullagh, P. (2007) *Ambient Intelligence: Concepts and Applications Int'l J. Computer Science and Information Systems*, vol. 4, no. 1, pp. 1-28.5
- García-Herranz, M., Haya, P., Esquivel, A., Montoro G., y Alamán X. (2008) *Easing the Smart Home: Semi-automatic Adaptation in Perceptive Environments*, Journal of universal computer science, 14,9: 1529-1544
- Haya, P. A., Montoro, G., Alamán, X. (2004): *A Prototype of a Context-Based Architecture for Intelligent Home Environments*. CoopIS/DOA/ODBASE (1): 477-491
- IST Advisory Group (2001). *The european union report, scenarios for ambient intelligence in 2010*.
- Ramos, C., Augusto, J. C., Shapiro, D. (2008): *Ambient Intelligence – The next step for Artificial Intelligence*. IEEE Intelligent Systems 23(2) (March/April 2008) pp 15 - 18
- Remagnino, P. y Foresti, G. L. (2005) *Ambient Intelligence: A New Multidisciplinary Paradigm*. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Vol. 35(1), pp. 1-6, Jan. 2005.