

## **SENDA. Hacia una Infraestructura Domótica Global**

**Francisco Moya, Félix Jesús Villanueva, Juan C. López**

**Universidad de Castilla-La Mancha**

*fmoya@inf-cr.uclm.es, fvillanu@proyectos.inf-cr.uclm.es, lopez@uclm.es*

### **Resumen**

La domótica (del latín domus, casa) es la aplicación de las tecnologías de la información, la electrónica y las comunicaciones al hogar. El concepto de domótica pretende definir una serie de servicios que un sistema pone a disposición del usuario y que tienen como principal objetivo [14]:

- Seguridad.
- Gestión de la energía.
- Automatización de tareas domésticas.
- Formación, cultura y entretenimiento.
- Teletrabajo.
- Mantenimiento de las instalaciones, etc.

Dadas las grandes expectativas de crecimiento que se preveen en este campo, las principales empresas de estos sectores se están posicionando en este campo. Este echo, junto con la diversidad de entornos en los cuales es posible implantar las tecnologías domóticas y la diversidad de necesidades que los usuarios plantean, se ha materializado en una enorme variedad de protocolos, tecnologías, dispositivos y servicios.

Desgraciadamente esta enorme variedad es también causa de problemas de interacción que reducen drásticamente el potencial de evolución de estas tecnologías.

El proyecto SENDA pretende abordar este problema construyendo una infraestructura de soporte capaz de atender las demandas de futuros servicios domóticos de ámbito regional, nacional o incluso supra-nacional. Los aspectos contemplados abarcan la heterogeneidad de las redes domóticas, la escalabilidad, la tolerancia a fallos, la transparencia, la privacidad de las comunicaciones, etc. Además, SENDA plantea el uso de la arquitectura y servicios de CORBA [11] como base de los servicios domóticos, facilitando la reutilización de componentes comerciales (COTS) que ya se utilizan en otros muchos ámbitos de aplicación de las telecomunicaciones.

### **Introducción**

Los servicios domóticos actuales están orientados a aumentar el confort y la seguridad en el hogar, con aplicaciones que van desde la eliminación de barreras hasta la automatización de tareas rutinarias o la economía de recursos. Habitualmente están integrados por sistemas de tele-control, tele-medida y controladores domóticos que automatizan algunas tareas simples.

Dadas las grandes expectativas de crecimiento y desarrollo de este área, gran cantidad de empresas pretenden posicionarse para abordar la implantación de este tipo de sistemas en una amplia variedad de entornos. Algunos de estos sistemas domóticos ya no se limitan al ámbito de un hogar sino que extienden su ámbito de aplicación a entornos más amplios como pueden ser grandes urbanizaciones, hoteles, hospitales etc. dando lugar a los denominados edificios inteligentes.

Debido a que las necesidades de los diversos entornos domóticos que se pueden presentar son muy variadas, habitualmente es necesario implantar varias tecnologías dentro de un mismo entorno, es entonces cuando surgen los problemas ya que la comunicación entre ellas es difícil, si no imposible. El desarrollo de nuevos servicios y aplicaciones se ve así supeditado a la tecnología que se pretende controlar.

El grupo de investigación ARCO, perteneciente a la Universidad de Castilla-La Mancha, en colaboración con Telefónica I+D, está llevando a cabo el proyecto de investigación SENDA (*Services and Networks for Domestic Applications*) financiado por la Unión Europea (FEDER 1FD972320) en el cual se está aplicando la arquitectura CORBA [11] del OMG para solucionar el problema de interoperabilidad de las distintas tecnologías domóticas existentes en la actualidad (X10, Lonworks, waveLAN ...) así como facilitar la implantación de los nuevos métodos de acceso que la sociedad demanda para controlar dicha infraestructura domótica (TV Convencional, Bluetooth, teléfono móvil, Internet, ...).

## Trabajos previos

Existen abundantes tecnologías y protocolos aplicables al campo de la automatización del hogar, cada una con sus características, ventajas y desventajas (BatiBus [1], EIB [2], CEBus [3], EHS [4], HAVI [5], HomePNA [6], X10 [7], LonWorks [8], etc.). Es difícil prever cual de ellos tendrá más o menos éxito dentro del mercado domótico. La mayoría de las empresas del sector se dedican a la automatización de viviendas aplicando una única tecnología ofreciendo los servicios que esa tecnología presta. Sin embargo, es el usuario, que habitualmente desconoce las tecnologías disponibles, el que tiene unas necesidades específicas que desea cubrir. ¿Qué ocurre si sus necesidades no son completamente satisfechas por una única tecnología? Existen dos posibles soluciones que habitualmente se plantean:

- Utilizar varias tecnologías de forma separada, con lo cual se crean “islas” dentro de un mismo entorno independientes entre sí. Esta solución afecta a la integración de todo el entorno. El usuario (o los servicios automatizados que hacen uso de los dispositivos) se encuentran con que el control del entorno tiene que realizarse teniendo en cuenta que dispositivos desea controlar en cada momento.
- Otra solución que se plantea son los desarrollos a medida, es decir, plantear soluciones para problemas específicos con lo que los costes se ven aumentados.

Ambas soluciones no son totalmente satisfactorias y complican la implantación efectiva de la domótica. Por tanto se requiere trabajar en un nivel más alto proporcionando a las aplicaciones de control y servicios domóticos una visión homogénea e independiente del estándar utilizado.

Existen en la actualidad diversas iniciativas encaminadas a resolver el citado problema de la interoperabilidad entre las diversas redes, podemos citar, entre las que más aceptación están teniendo, la tecnología JINI [9], desarrollada recientemente por Sun Microsystems y que apuesta por un entorno distribuido orientado a servicios cuyos componentes son extensiones de Java. En este mismo modelo podemos también citar OSGi [10], en la cual se desarrolla una extensa gama de interfaces en el lenguaje de programación Java y que por tanto limita, al igual que JINI, el desarrollo de servicios a este lenguaje y a sistemas capaces de albergar una máquina virtual Java.

Alternativas a estos proyectos basados exclusivamente en JAVA, tales como HomeAPI[13], adoptan modelos de desarrollo orientados a objetos en entornos distribuidos como OLE que, mediante el uso de la tecnología COM/DCOM, proporcionan una relativa independencia del lenguaje de programación empleado. El empleo de la plataforma OLE está ligado exclusivamente a entornos Windows y a las herramientas de desarrollo proporcionadas por Microsoft.

## La Arquitectura SENDA

Los trabajos previos para abordar el problema de la heterogeneidad concentran sus esfuerzos en la definición de un interfaz común. Este interfaz común impone una serie de restricciones en la implementación, como asumir la existencia de una pila TCP/IP, de una máquina virtual Java, de un sistema de archivos, etc. Estas restricciones pueden ser demasiado fuertes en términos de coste para muchas aplicaciones domóticas.

SENDA pretende abordar el problema utilizando las características de la arquitectura CORBA para sistemas distribuidos definida por el Object Management Group [11] y los servicios comunes de CORBA (CosNaming y CosNotification).

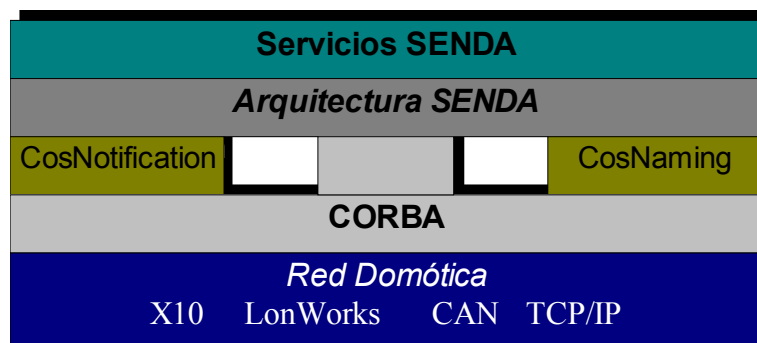
La arquitectura SENDA, a grandes rasgos, es una arquitectura distribuida orientada a objetos y basada en la plataforma CORBA que, mediante el uso de los servicios estándares que CORBA establece, facilita:

- El desarrollo e integración de los servicios domóticos al aislar a estos servicios de las tecnologías domóticas empleadas y proporcionar una visión homogénea del entorno.

- Facilitar la integración de diversas tecnologías domóticas dentro del mismo entorno. Encapsulando las particularidades de cada tecnología en objetos opacos que presentan una interfaz común para un mismo tipo de dispositivo independientemente de la tecnología que encapsule. El control homogéneo y sencillo de los dispositivos se proporciona mediante la definición de interfaces CORBA para sensores y actuadores binarios, discretos y continuos. Todos los dispositivos domóticos se comportan como un objeto CORBA estándar, aunque esto no obliga, como veremos en la siguiente sección, a implementar el protocolo estándar de comunicaciones de CORBA (GIOP) en cada dispositivo.

La elección de la plataforma CORBA como soporte a la arquitectura de SENDA viene justificada

**Figura 1** Diagrama de la arquitectura SENDA



principalmente por la versatilidad que ofrece tanto en la plataforma hardware como en el lenguaje de desarrollo. Estas dos características no solamente facilitan el desarrollo de nuevos servicios sino que también facilitan enormemente la integración de los servicios ya existentes.

Un componente de la arquitectura SENDA consiste en un componente CORBA que implementa alguno de los interfaces definidos en el nivel inferior de la arquitectura. Por ejemplo, un sensor de presencia debe tener asociado un componente CORBA que es capaz de comunicarse con el sensor para transmitir la información y que además implementa el interfaz de sensor binario. La dependencia de la tecnología específica se localiza en la comunicación entre el dispositivo físico y el componente CORBA que, como veremos, en muchos casos será parte del propio dispositivo. Esta característica proporciona a SENDA la posibilidad de integrar un enorme abanico de tecnologías y protocolos al definir interfaces comunes a todos ellos, dando la posibilidad de que sean los propios fabricantes los que, junto con el dispositivo, ofrezcan el controlador asociado a ese dispositivo.

La localización de componentes, tanto geográfica como lógica (en la red de comunicaciones), se delega en el servicio de nombres estándar de CORBA (CosNaming). SENDA se limita a especificar la organización jerárquica de los componentes y los convenios de registro en el servicio CosNaming para indicar la localización física o cualquier otro tipo de clasificación de interés (funcional, administrativa, tecnológica, etc). Estos convenios permiten aprovechar las características de organización jerárquica y posibilidad de replicación transparente que ofrece CORBA.

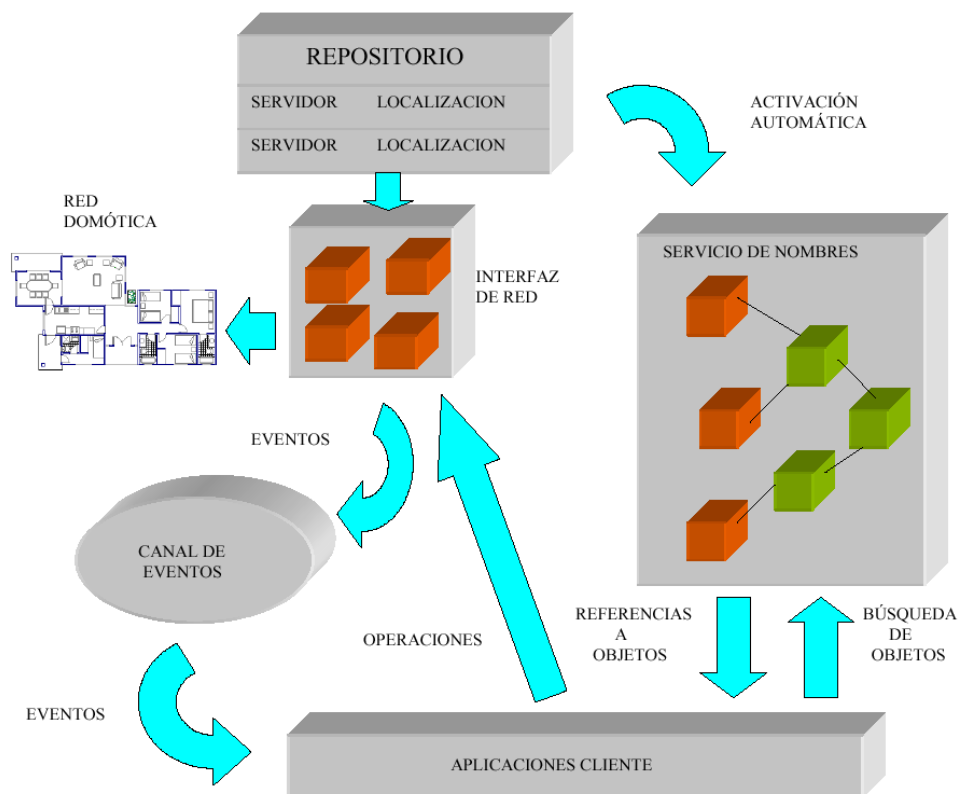
La notificación asíncrona de eventos en la red se delega en el servicio de eventos de CORBA (CosNotification), definiendo exclusivamente unos convenios acerca de canales de eventos y organización jerárquica. Nuevamente estos convenios pretenden explotar de forma transparente las posibilidades de escalabilidad y transparencia de replicación que ofrece CORBA.

Dado que la arquitectura es inherentemente distribuida, es necesario establecer mecanismos de seguridad que permitan autenticar los diversos componentes de la arquitectura. SENDA resuelve este problema mediante la utilización del protocolo SSL[12] que no sólo ofrece la citada autenticación sino que encripta las comunicaciones evitando, por tanto, violaciones de seguridad de la arquitectura.

La utilización de componentes CORBA hasta el más bajo nivel de la arquitectura permite, entre otras ventajas, una total independencia del lenguaje y entorno de desarrollo utilizado en la elaboración de los componentes y las aplicaciones, independencia de la que adolecen OSGi y JINI en el caso del lenguaje

empleado y HomeAPI en el caso del entorno de desarrollo.

**Figura 2.** Componentes de la arquitectura SENDA



### Componentes SENDA

Desde el punto de vista del integrador de dispositivos, añadir un dispositivo doméstico a una red SENDA implica la incorporación de un componente CORBA en la red doméstica. Se han contemplado dos posibilidades:

- Dispositivos domésticos tradicionales en una red sin una implementación disponible de CORBA. En este caso los elementos se gestionan a través de un dispositivo de bajo coste que actúa de intermediario (proxy) entre SENDA y las redes domésticas previas. En esta línea se ha desarrollado, en colaboración con Telefónica I+D, un dispositivo (denominado Domobox@) que posibilita el control de los dispositivos domésticos conectados a él (actualmente contempla las tecnologías X10 y Lonworks) mediante un mando de infrarrojos o desde una red TCP/IP convencional, para la que sí existen multitud de implementaciones de CORBA. Este tipo de dispositivos intermediarios constituyen una buena solución para integrar redes domésticas preexistentes con un mínimo de configuración. La comunicación entre los dispositivos del Domobox@ y la red SENDA se pretende implementar utilizando dispositivos programables de bajo coste como TINI, de Dallas Semiconductors. Pese a tener unas prestaciones limitadas, es suficiente para albergar una implementación de minimCORBA (versión reducida de CORBA para sistemas empujados). Esta implementación es suficiente para interactuar con el resto de la red SENDA.
- Algunos dispositivos pueden estar inmediatamente disponibles en la red SENDA de manera similar a como lo hacen los dispositivos JINI. De esta forma se pueden construir dispositivos inteligentes, que no necesiten un módulo software asociado para controlarlo, estamos desarrollando dispositivos que permiten comunicarse con el resto de la infraestructura doméstica y cuyo principal componente es un simple microcontrolador PIC de Arizona Microchip. Este tipo de microcontroladores son demasiado pequeños para poder implementar los requisitos funcionales de la especificación de CORBA, pero no lo son para implementar exclusivamente los mensajes correspondientes a un único interfaz de sensor o actuador (en SENDA se denominan objetos picoCORBA). En cierta forma se trata de una

implementación hardware de un objeto CORBA.

En ambos casos, y de cara a las capas de servicios superiores, se modela cada dispositivo (sensor o actuador) como un componente CORBA con una interfaz definida previamente en IDL (Interface Definition Language). Las interfaces definidas en este lenguaje se han reducido a la mínima expresión con el objetivo de facilitar la creación de los citados objetos picoCORBA.

Dentro de una aplicación CORBA el *implementation repository* se encarga de mantener un registro de los servidores conocidos con sus correspondientes objetos, almacenando la dirección y puerto donde estos servidores están activos. En el caso de los dispositivos domóticos para los cuales es necesaria la creación de un objeto software para su control, este objeto debe ser creado, activado y registrado en los correspondientes servicios por parte de un servidor. Este servidor se registra en el *implementation repository* con el objeto de posibilitar la reactivación automática, esto es, si un servicio requiere operar con un dispositivo cuyo servidor encargado de activar el objeto software asociado está inactivo, la petición a través del *implementation repository* originará la reactivación del servidor de forma transparente al cliente. Este modelo (activación bajo demanda) nos permite minimizar los recursos utilizados en un momento dado por parte de la arquitectura SENDA al no tener que estar siempre activados los distintos servidores.

### **Pasarela residencial**

Cuando los dispositivos domóticos utilizan diferentes medios de transmisión debe haber algún tipo de dispositivo que permita la interacción entre dispositivos de diferentes redes. La solución adoptada por algunos fabricantes fue la definición de un equipo que actuaba de pasarela entre las diferentes redes domóticas, la pasarela residencial. Estas pasarelas residenciales no sólo sirven como puentes entre distintas redes domóticas sino que son el punto de conexión del hogar con el exterior. Ejemplos de este tipo de dispositivos tenemos *iLON*[15], *Oasis*[16], *e-box*[17] etc.

En el caso de SENDA, el concepto de pasarela residencial es mucho menos centralizado. Los dispositivos intermediarios (proxies) mencionados en la sección anterior actúan en la práctica de pasarelas entre algunas redes, pero realmente no existe un elemento controlador, sino simplemente un traductor de mensajes. La interconexión de redes de distinta tecnología corresponde a puentes (bridges) CORBA estándar.

Los servicios de alarmas, automatización de tareas y los servicios avanzados de adquisición de conocimiento se implementan como capas de interfaces CORBA de nivel superior. Este tipo de servicios son susceptibles de ser gestionados por una empresa externa de manera similar a como funcionan los servicios de televigilancia. Por tanto en estos casos sí resulta razonable la utilización de ordenadores, con unas capacidades muy superiores al resto de dispositivos, y cuyo mantenimiento pasa a ser responsabilidad del prestador del servicio. En este aspecto SENDA contrasta fuertemente con OSGi y JINI.

Como ejemplo de implantación de la infraestructura del proyecto, se está trabajando en la creación de una maqueta totalmente funcional a partir de un ordenador empotrado tipo PC-104 que contempla el acceso a los diferentes servicios vía WEB, teléfono Móvil y TV convencional (este último mediante el dispositivo Domobox@ anteriormente mencionado).

### **Servicio de nombres**

Tanto para las labores de localización de los objetos como para la organización de los mismos se ha utilizado, como ya hemos citado, el servicio de nombres que CORBA establece.

Es labor de los servicios el disponer la estructura jerárquica del servicio de nombres de la forma más eficaz y que facilite la labor de los mismos. Dado que podemos tener distintos servicios de nombres con los mismos objetos CORBA estructurados de distintas maneras no existen restricciones a la organización de los mismos, y por tanto, la estructura que el servicio impondrá mediante el uso de contextos siempre será la óptima para desempeñar su cometido.

Los contextos de nombres de CORBA (concepto similar a los subdirectorios en los sistemas de archivos o a las zonas en DNS) se utilizan para agrupar jerárquicamente según distintos criterios los componentes SENDA instalados. Cada componente se registra automáticamente en el servicio de nombres raíz del hogar o zona residencial atendiendo a su localización geográfica, a su función, a su tecnología,... Desde el punto de vista de la escalabilidad y robustez, esto permite restringir las consultas de nombres a un subcontexto correspondiente a la habitación o casa en la que se está operando. Ningún

servidor de nombres fuera de la residencia recibirá consultas innecesarias y los fallos de servidores no afectan en absoluto a niveles inferiores.

A modo de ejemplo podemos citar una urbanización de chalet adosados. Si se pretende automatizar las tareas de un único chalet, se crea una estructura acorde a las necesidades de ese chalet, donde, mediante el empleo de los contextos, se estructura el servicio de nombres de forma que se ajuste a las necesidades de ese entorno concreto. Por ejemplo, un servicio global implementado en un proveedor externo de ámbito local podría controlar una luz concreta accediendo al objeto */ResidencialAsturias/BajoA/Cocina/Luz*. Sin embargo, un servicio localizado íntegramente en una vivienda podría referirse a la misma luz mediante */Cocina/Luz*, sin necesidad de involucrar a los niveles superiores de la jerarquía. Esto le confiere a la arquitectura un alto grado de escalabilidad.

Si en un momento determinado se desea operar con todos los chalet automatizados operando a nivel de urbanización, se debe presentar de igual manera que en el caso del único chalet adosado un entorno homogéneo. SENDA resuelve este problema mediante las federaciones de servicios de nombres en el cual, para un árbol general a la urbanización, lo que se crean son enlaces a los servicios de nombres particulares a cada chalet de forma que se pueden añadir y eliminar entornos domóticos con suma facilidad.

Atendiendo a la granularidad deseada se pueden añadir entornos completos o simplemente las partes que se desean controlar desde el nivel deseado.

Las federación de servicios de nombres no sólo facilita la escalabilidad de la arquitectura sino que es utilizado como sistema de redundancia para aumentar la fiabilidad, ya que dos o más servicios de nombres (albergados o no en máquinas distintas) pueden hacer referencia a los mismos dispositivos.

### **Notificación de eventos**

De la misma forma que ocurre con el servicio de nombres, los componentes SENDA se registran automáticamente en el servidor de eventos de CORBA como productores o como consumidores. Los productores generan eventos que reciben los consumidores a través de un canal de eventos. El servicio de eventos (CosNotification) permite la definición de filtros en los consumidores de forma que se establezcan los tipos de eventos en los cuales están interesados.

De forma totalmente análoga al servicio de nombres, se aprovecha la estructura jerárquica de servidores de eventos en CORBA para minimizar el tráfico y los potenciales problemas de comunicación.

Cuando un evento es originado, la información que se incluye en ese evento se limita a la referencia del componente que ha modificado alguna de sus propiedades. Es responsabilidad de los consumidores consultar el valor actual de esa propiedad y actuar en consecuencia.

Es necesario señalar que, al igual que ocurría con las federaciones de servicios de nombres, se pueden federar los canales de eventos asociados a los entornos.

### **Lineas futuras**

La infraestructura básica que provee SENDA ofrece multitud de posibilidades de extensión para crear servicios avanzados. Las decisiones relativas a la ejecución automática de acciones pueden llegar a ser extraordinariamente adaptativas, acomodándose incluso a las situaciones percibidas. El concepto de casa inteligente evolucionará desde los primitivos sistemas basados en reglas de las instalaciones actuales hacia sistemas basados en la percepción de situaciones y emociones. Los datos aportados por todos los sensores de una zona pueden cooperar para generar un modelo de situación o emoción. Este aspecto es muy importante para eliminar el frecuente rechazo hacia la automatización del hogar. Por ejemplo, los servicios de este nivel pueden incluir acciones como reducir automáticamente la intensidad de algunas luces de la casa para no provocar reflejos cuando se está viendo la televisión. Esto requiere que el sistema sea capaz de identificar la situación "estar viendo la televisión" y sea capaz de discriminar cuando estas decisiones no son convenientes.

### **Conclusiones**

En este artículo se presenta brevemente una arquitectura para redes domóticas que resuelve la mayoría de los problemas planteados en el pasado mediante la utilización de CORBA. La arquitectura CORBA fue desarrollada para resolver problemas muy similares a los que afectan a los sistemas domóticos y ha sido explotada con éxito en multitud de campos. De esta forma SENDA hereda

automáticamente una enorme cantidad de experiencia y beneficios:

- Se trata de una arquitectura orientada a objetos muy escalable, tanto para sistemas y servicios de ámbito supra-nacional como para microsistemas implementados con un microcontrolador de 8 bits.
- Contempla aspectos de seguridad, autenticación, tolerancia a fallos, replicación, ... de forma totalmente transparente para el integrador y para el desarrollador.
- Permite una total independencia del entorno de ejecución, del entorno de desarrollo, del lenguaje de programación y de los protocolos de transporte.
- Provee mecanismos de interoperabilidad con otras arquitecturas de sistemas distribuidos como OLE Automation o Java RMI.
- Existe un buen número de implementaciones de CORBA para distintos entornos que abarcan desde sistemas de tiempo real hasta ordenadores paralelos.

De igual manera, la utilización de los servicios estándar que CORBA establece permite:

- Mejorar la fiabilidad al tratarse de servicios utilizados en multitud de aplicaciones distribuidas siendo, por tanto, más intensamente verificados en situaciones críticas.
- Utilizar aplicaciones de gestión de estos servicios para gestionar la propia arquitectura.
- Adquirir de forma automática los mecanismos que se establecen en cuanto a tolerancia a fallos, flexibilidad, etc..
- Integrarse de forma sencilla en sistemas que utilicen CORBA como plataforma de desarrollo (como por ejemplo la arquitectura de componentes Bonobo).

Una vez definida la infraestructura básica domótica, se abren multitud de posibilidades en cuanto al desarrollo de servicios avanzados sobre dicha infraestructura. Dado que se ha facilitado enormemente la integración de todo tipo de tecnologías dentro de la arquitectura, estos servicios avanzados solamente definen una serie de requisitos los cuales pueden ser cubiertos por distintas tecnologías sin que la barrera de la interoperabilidad limite las prestaciones de dichos servicios. El desarrollo de los mismos, se centra por tanto, en la funcionalidad del servicio y de forma independiente a la tecnología empleada con posterioridad para dar la citada funcionalidad a dicho servicio.

En la actualidad, los servicios existentes se limitan a la automatización de ciertas tareas, responder a eventos simples ocurridos en el entorno etc. Servicios mayoritariamente desarrollados a partir de una única tecnología domótica.

Se debe, por tanto y una vez conseguida la independencia de la tecnología, avanzar en la creación de servicios que constituyan un paso más en la mejora del confort de los entornos donde habitualmente vivimos, pasando, de servicios que habitualmente se limitan a realizar periódicamente alguna tarea a aquellos servicios que son capaces de modelar situaciones y anticiparse a las intenciones de los usuarios.

## Referencias

[1] BatiBUS <http://www.batibus.com/>

[2] EIB <http://www.eiba.com/>

[3] CEBus <http://www.cebus.org/>

[4] EHS <http://www.ehsa.com/>

[5] HAVI <http://www.havi.org/>

[6] HomePNA <http://www.homepna.org/>

[7] X10 <http://www.x10.com/>

[8] LonWorks. Control Network Protocol Specification. ANSI/EIA-709.1-A-99

[9] JINI <http://www.jini.org/>

- [10] OSGi <http://www.osgi.org/>
- [11] CORBA <http://www.omg.org/>
- [12] SSL <http://home.netscape.com>
- [13] HomeAPI [http:// www.homeapi.org](http://www.homeapi.org)
- [14] ``Domótica: La casa inteligente" Alfredo Vallés Galve. Francisco González Ibáñez. Ángel Torres González.
- [15] iLON <http://www.echelon.com>
- [16] OASIS <http://www.amper.es>
- [17] e-box <http://www.ericsson.se/wireless/productos/ebox>