

Control Domótico del Hogar a través de una Plataforma de Servicios Distribuida basada en JXTA

Sandra S. Rodríguez Valenzuela¹, M^a Dolores Serrano Laguna², Juan A. Holgado Terriza¹

¹ Dpto. de Lenguajes y Sistemas Informáticos, Universidad de Granada,
C/ Periodista Daniel Saucedo Aranda, s/n. 18071 Granada, España

² Dpto. de Arquitectura y Tecnología de los Computadores, Universidad de Granada,
C/ Periodista Daniel Saucedo Aranda, s/n. 18071 Granada, España
¹{sandra, jholgado}@ugr.es, ²mdserrano@atc.ugr.es

Resumen. Los sistemas de automatización del hogar han llegado con la promesa de proporcionarnos un sin fin de nuevos servicios para cubrir necesidades en cuanto al confort, seguridad, ahorro de energía, etc. El acceso, control y supervisión cada vez más sencillo del hogar se está convirtiendo en una de las líneas de trabajo más importantes dentro de lo que viene a denominarse *diseño para todos* con el que se pretende garantizar el acceso universal a las nuevas tecnologías de la sociedad de la información. En este trabajo se presenta un sistema de control domótico del hogar basado en una arquitectura de servicios sobre la tecnología P2P JXTA, que favorece las características de escalabilidad, modularidad y reusabilidad deseables para este tipo de aplicaciones.

Palabras clave: Domótica, Servicio, SOA, JXTA.

1 Introducción

La inclusión de las tecnologías de la información y la comunicación en la sociedad ha facilitado el acceso de la población a las innovaciones tecnológicas, de entre las cuales destaca la domótica. Esta tecnología ha hecho que el concepto de vivienda haya cambiado, ya que se ha convertido no sólo en un lugar donde se habita, sino que además es un lugar de ocio y trabajo a la vez. Para potenciar el desarrollo de aplicaciones domóticas de calidad y valoradas por los usuarios, hay que avanzar en el concepto de tecnología al servicio del usuario, que permita aportar soluciones fáciles, útiles y económicas, con las finalidades claras de asegurar el bienestar y la seguridad. De esta forma, al igual que tras la entrada de la electricidad en las ciudades electrodomésticos como la plancha, la tostadora y la lavadora son comunes en todas las viviendas, los sistemas domóticos formarán parte de nuestras viviendas de manera natural [1].

La gran diversidad y heterogeneidad de dispositivos y tecnologías del mercado y la falta de estándares de desarrollo, provocan que una vez el usuario ha elegido una opción de mercado concreta, se vea ligado a ésta durante la utilización de su sistema. Para evitar problemas de este tipo se necesita buscar alternativas que faciliten la convergencia de tecnologías. Una de las alternativas más utilizadas actualmente en el

desarrollo de sistemas domóticos y de computación ubicua es el uso de plataformas de servicios. Bajo una orientación SOA (Service Oriented Architecture) las plataformas de servicios favorecen la integración y la interoperabilidad de dispositivos heterogéneos y permiten obtener aplicaciones con bajo acoplamiento entre los componentes que las forman.

En este trabajo se presenta una nueva propuesta de sistema domótico, que hemos denominado Sistema Dinámico de Control Domótico (SDCD) con unas propiedades muy ligadas al concepto de *Diseño para todos* utilizando una orientación SOA sobre tecnologías Java basadas en pares. El objetivo primordial es obtener un sistema abierto, escalable y dinámico, en el que los nuevos servicios puedan ser introducidos de forma automática sin tener que parar todo el sistema; de esta forma la caída de uno de ellos no impide que el resto del sistema siga funcionando con normalidad y, por otra parte, éste servicio puede ser incorporado cuando se encuentre disponible. Durante el desarrollo del sistema se ha tenido presente la satisfacción de las necesidades de los usuarios y facilitar el acceso a los servicios del hogar de una forma cómoda e intuitiva. El sistema domótico SDCD diseñado utiliza como middleware la plataforma de servicios DOHA (Dynamic Open Home-Automation) [6]. DOHA proporciona un marco de programación guiado por una arquitectura descentralizada de servicios basado en P2P, que facilita el desarrollo de aplicaciones y proporciona transparencia e interoperabilidad respecto a la red de comunicaciones, posibilitando de este modo la formación de espacios de interacción ubicuos de servicios.

Tras esta introducción, el segundo apartado resume conceptos básicos sobre la domótica y las tecnologías empleadas en ella. En la tercera sección, se introduce la plataforma de servicios para la automatización del hogar, denominada DOHA, basada en arquitectura orientada a servicios y JXTA. Esta plataforma es la base para la construcción del Sistema Dinámico de Control Domótico en el que se centra la sección cuarta, dando una descripción a nivel genérico y de arquitectura. Por último, se presentan las conclusiones de nuestro trabajo.

2 Domótica y las tecnologías domóticas

Los grandes avances tecnológicos que se han producido en los últimos treinta años han proporcionado un aumento significativo del número de sistemas de automatización para cubrir nuestras necesidades, mejorar nuestra comodidad y facilitar el desarrollo de actividades cotidianas relacionadas con el trabajo o el ocio. Se han realizado grandes esfuerzos en el desarrollo de sistemas del hogar, centrándose en buscar la convergencia de las diferentes tecnologías implicadas de hardware, software y redes de comunicaciones, lo que requiere una coordinación efectiva desde campos como la electrónica, automática e informática.

La *Domótica* se ha vinculado tradicionalmente a la automatización y control de los sistemas domésticos del hogar en general como la iluminación, climatización, suministro energético, etc., utilizando el término *Inmótica* para hacer referencia a la gestión técnica de edificios [2]. Por otra parte también suele utilizarse otro concepto más amplio, el *Hogar Digital*, para hacer referencia al proceso de integración de equipos como la telefonía, los sistemas de acceso, la televisión, las redes de datos, etc.

Dentro del marco del Hogar Digital otro concepto importante es la *Pasarela Residencial* que conecta las infraestructuras de telecomunicaciones de la vivienda a una red pública de datos, por ejemplo Internet. Las funciones que generalmente soportan los sistemas domóticos se pueden englobar dentro de gestión de energía, confort, seguridad y comunicación [3]. Las tareas que engloba cada una de ellas se muestran en la figura 1.



Fig. 1. Funciones principales de un sistema domótico.

Además, los sistemas domóticos deben satisfacer una serie de características, de entre las que podemos destacar las siguientes:

- *Facilidad de uso*: estos sistemas deben ser sencillos y fáciles de utilizar para que puedan llegar al mayor número de usuarios posible, para lo cual las interfaces de la aplicación deben ser intuitivas y simples.
- *Modularidad*: característica que permite la escalabilidad de los sistemas domóticos y garantiza el funcionamiento correcto de sus componentes, que no se verían afectados ante eventuales fallos producidos en otros componentes.
- *Flexibilidad*: para permitir ampliaciones posteriores y la modificación de las funciones previamente programadas sin necesidad de un nuevo cableado.
- *Capacidad de integración*: que impone a los sistemas domóticos dar soporte a las diferentes funciones que se desean gobernar, así como permitir el mantenimiento, gestión y control de éstas. Además la integración debe de incluir al cableado y a los dispositivos físicos como sensores o actuadores, con el fin de que no exista en el edificio una gran maraña de conductores, cada uno de ellos transportando una información diferente.

A pesar del gran número de propuestas que han surgido desde sectores académicos e industriales, y que poco a poco se han aglutinado en torno al concepto del “Hogar Digital”, el sector no ha sido capaz de definir un estándar “universal” que defina qué tipo de tecnologías software, hardware y redes de comunicaciones son las más apropiadas para el entorno del hogar. En general este tipo de sistemas lleva asociado un halo de complejidad que subyace tanto en su desarrollo como en su utilización.

Los sistemas domóticos tienen que trabajar con un mundo complejo de dispositivos heterogéneos que utilizan distintos tipos de tecnologías, por lo que el desarrollo no es fácil, y requiere interoperar entre diferentes plataformas hardware, software y posiblemente entre distintas redes de comunicación. Si además tenemos en cuenta que el resultado supone para el usuario contar con sistemas complejos de manejar con múltiples servicios, tantos como dispositivos domóticos individuales interconectados, más añadidos los nuevos servicios que surgen de la composicionalidad de los servicios más simples, el sistema se convierte en algo inabordable tanto desde el punto de vista del desarrollo como de su utilización. Además, la falta de estándares y el alto precio tanto en los protocolos (Lonworks, EIB, EHS, Batibus, X-10, etc.) como en las tecnologías software (HAVi, OSGi, HomeRF, etc.) que utilizan los sistemas domóticos comerciales complica la decisión de los usuarios a la hora de decantarse por uno u otro sistema [4].

Los usuarios necesitan sistemas que promuevan la simplicidad frente a la tecnología. Por tanto, el conjunto de servicios que se ofrecen deben estar adaptados a las características y preferencias de los usuarios (incluso para personas con algún tipo de discapacidad motora, visual o auditiva). Se espera que los sistemas se adapten fácilmente a los nuevos modos de funcionamiento en cuanto a distribución, ubicuidad y movilidad, en base a un modelo de *Diseño para Todos*, en el que todas las personas tengan las mismas posibilidades para decidir sobre aquellos aspectos acerca de su actividad, ocio o vivienda. Se deben promover interfaces persona-ordenador más naturales buscando una mayor transparencia tanto en el uso de la tecnología como en la interacción que se produce entre los usuarios y el sistema, como las interfaces de usuario adaptativas y multimodales. Todas estas nuevas necesidades que suponen la base de lo que se viene a denominar *Inteligencia Ambiental* [5] son un reto para la nueva generación de sistemas domóticos. El objetivo fundamental es hacer más natural dicha comunicación, circunstancia que puede contribuir decisivamente a mejorar los parámetros de utilidad, eficiencia, y satisfacción de estos sistemas, y por tanto la calidad de vida de las personas que los utilicen.

3 Plataforma de servicios para la automatización del hogar

El desarrollo de la aplicación sobre la que versa este artículo se ha llevado a cabo sobre una plataforma de servicios denominada DOHA (Dynamic Open Home-Automation), la cual está basada en el paradigma SOA y utiliza la arquitectura peer-to-peer JXTA como plataforma middleware de soporte [6].

Con la utilización de DOHA como plataforma de servicios, se pretende garantizar que la aplicación obtenida proporcione un conjunto de servicios independientes, al que nuevos servicios puedan acceder sin necesidad de conocer la implementación o el funcionamiento del resto de servicios de la plataforma subyacente. La plataforma de servicios DOHA permite abstraer la distribución física de los dispositivos de la vivienda como peers JXTA, y trabajar sobre una capa de servicios de alto nivel, como puede observarse en la figura 2. La plataforma potencia la colaboración entre servicios que conlleva, en los niveles más bajos, la comunicación entre peers y, más abajo, entre dispositivos que pueden estar en subredes distintas.

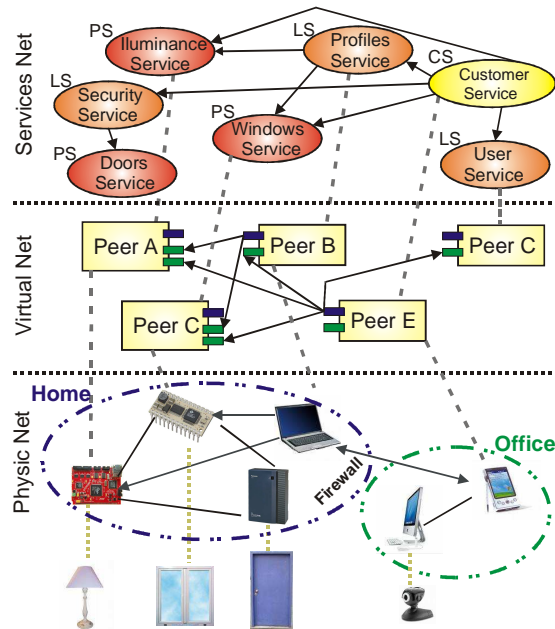


Fig. 2. Niveles de abstracción de la plataforma de servicios DOHA.

3.1 SOA y JXTA: bases de la plataforma DOHA

La arquitectura software orientada a servicios (SOA, Service Oriented Architecture) establece una serie de principios que deben tenerse en cuenta en el diseño y definición de los servicios de un sistema que siga esta orientación, y que influirán en el comportamiento del sistema [7]. La especificación de una descripción completa de los servicios mediante *service contracts* y la obtención de características como acoplamiento débil, encapsulación, abstracción, reusabilidad, composicionalidad, autonomía, optimización y descubrimiento, son elementos principales para la obtención de una plataforma de servicios conforme a los principios SOA y que son de gran importancia en el ámbito de la domótica.

Un contrato de servicio o *service contract* puede ser una descripción, técnica o no, de las características del servicio, su comportamiento, etc. Es una buena práctica en sistemas distribuidos que cuando dos elementos del sistema van a comunicarse, utilicen un estándar, cuyo papel jugaría en este caso el *service contract*. El nivel de acoplamiento entre servicios puede entenderse también como el nivel de dependencia, por lo que los servicios deben establecer relaciones que minimicen las dependencias con otros servicios o usuarios. Por encima de lo que se describe en el contrato de servicios, estos deben ocultar su funcionamiento lógico al mundo exterior, es decir, deben ocultar la información que no es absolutamente necesaria para utilizar de manera eficaz el servicio por parte de otros servicios o usuarios.

Uno de los principales objetivos de la utilización de un modelo de programación SOA es la reutilización, pues se divide la lógica de una aplicación concreta en servicios con el fin de garantizar este principio. Por otra parte la composicionalidad de servicios promueve el diseño de servicios compuestos con funcionalidad más compleja a partir de una colección de servicios, que se coordinan y ensamblan. Para garantizar el principio de descubrimiento, deben diseñarse los servicios para que sean lo más descriptivos posible hacia el exterior, de forma que puedan ser encontrados y evaluados a través de los mecanismos de descubrimiento disponibles.

Por otro lado, la capa middleware sustentada en la tecnología P2P JXTA que utiliza la plataforma DOHA permite a cualquier dispositivo conectado a la red colaborar y comunicarse como peer, lo cual aporta aspectos muy positivos como son interoperabilidad, independencia de la plataforma y ubicuidad [8]. Esto posibilita la integración en la misma red de entidades (nodos domóticos) que pueden representar a servicios domóticos, dispositivos domóticos físicos, aplicaciones con necesidad de uso de servicios, etc., dando lugar a que se pueda escalar el sistema de forma natural añadiendo nuevas funcionalidades o dispositivos de una manera más flexible. JXTA es una plataforma modular que provee bloques de construcción, simples y esenciales, para el desarrollo de un amplio rango de servicios y aplicaciones distribuidas [9] y cuyos protocolos son independientes de lenguaje de programación.

3.2 Características de la plataforma de servicios DOHA

La plataforma de servicios DOHA provee distintos mecanismos de diseño para que los servicios construidos sobre ésta desempeñen su funcionalidad de una forma óptima, garantizando la obtención de características como robustez, escalabilidad y seguridad. Algunos de los aspectos más delicados y con mayor importancia dentro del funcionamiento general de un conjunto de servicios son los relacionados con la comunicación y colaboración entre servicios, el control de errores y el descubrimiento de nuevos servicios. La estructura de los componentes de la plataforma DOHA se puede observar en la figura 3.

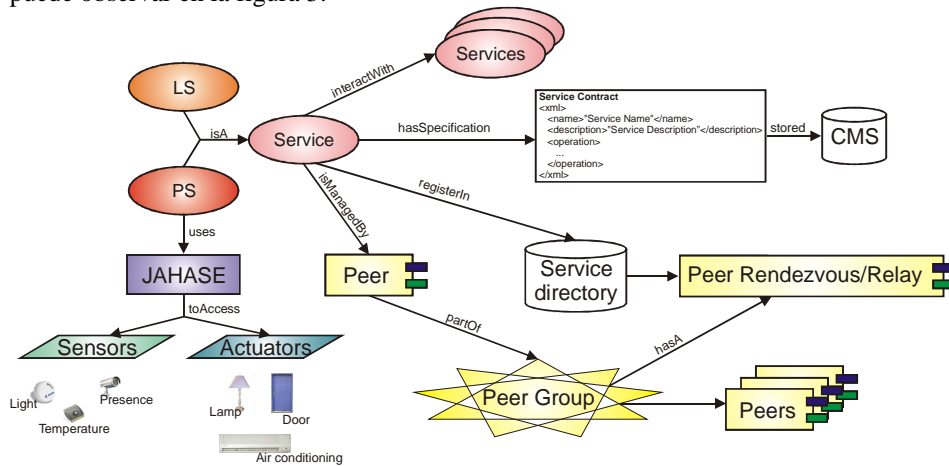


Fig. 3. Elementos principales de la plataforma DOHA.

En DOHA se distingue entre varios tipos de servicios en función del rol que puede tener un servicio concreto en la plataforma: servicio lógico (LS, Logic Service), servicio físico (PS, Physical Service) o servicio cliente (CS, Client Service). Las aplicaciones construidas sobre la plataforma pueden utilizar estos roles para la construcción de los servicios en base a sus características. Los servicios lógicos (LS) poseen una funcionalidad concreta dentro de la aplicación y pueden colaborar con otros servicios para llevarla a cabo. Los servicios físicos (PS), además pueden acceder a los dispositivos físicos del entorno. Por último, los servicios cliente actúan como interfaz de acceso a la aplicación para que los usuarios, a través de los cuales puedan utilizar los servicios que deseen. En el diseño de los servicios se ha utilizado también una arquitectura multicapa que consta de capa de interfaz, capa de aplicación y capa de interacción. Esta estructura aporta reutilización de los componentes del sistema, adaptabilidad, de modo que cualquier cambio en el componente no afecta al resto de componentes, y capacidad de sustitución de un servicio por otro de forma transparente.

Según los principios SOA los servicios deben ser como “cajas negras” donde queden ocultas todas sus peculiaridades a nivel de implementación y comunicación. Para garantizarlo se utiliza en DOHA para la descripción de los servicios *service contract* en formato XML. Los *service contract* son utilizados por los consumidores de servicios. Para ello los servicios hacen pública esta especificación en un directorio compartido a través del cuál el resto de servicios puedan obtenerla mediante CMS. Cuando tras una búsqueda de servicios se obtiene por primera vez el anuncio de un servicio concreto, se realiza la descarga de su especificación o *service contract* a través de CMS (Content Manager Service) desde una carpeta remota y pública que el servicio habrá puesto a disposición del resto del sistema. Para llevar a cabo el descubrimiento de servicios en la plataforma, DOHA utiliza el concepto de peer Rendezvous de JXTA. Este tipo de peer permite a los servicios de un mismo grupo comunicarse entre si y además con otros situados en redes externas.

Otro aspecto que la plataforma DOHA tiene en cuenta es que en las redes domóticas existen gran cantidad de dispositivos hardware heterogéneos. Para abstraer la utilización de los distintos tipos de dispositivos físicos del entorno y sus peculiaridades, se utiliza JAHASE como infraestructura software en los servicios que acceden a los mismos [10]. Con ello, se obtiene un modo de acceso generalizado, que abstrae los detalles concretos de cada elemento, y facilita la programación Java de distintos tipos de empotrados y microcontroladores de una forma común.

4 Sistema Dinámico de Control Domótico

La aplicación, denominada Sistema Dinámico de Control Domótico (SDCD), es una aplicación distribuida y dinámica que facilita el acceso, control y manejo de los servicios del hogar desde cualquier tipo de sistema de cómputo como portátiles u ordenadores, proporcionando un control remoto íntegro del entorno físico del hogar dentro de la vivienda. Los servicios del hogar que se pueden gestionar con el sistema engloban tanto los servicios domóticos habituales como apertura/cierre de persianas, encendido/apagado de luces, reguladores, climatizadores, control de la seguridad, etc.

como servicios de información y gestión de la vivienda como pueden ser la gestión de los usuarios que habitan en la misma o los perfiles que un usuario puede definir.

En el desarrollo del SDCD se ha tenido especialmente presente la característica de modularidad de forma que cada servicio constituye un módulo independiente en el sistema, impidiendo que la caída de un servicio influya en el funcionamiento del resto de los servicios con los que no tiene interacción. Además, de esta forma podemos incluir nuevos servicios sin tener interacción con el resto del sistema y con un coste muy bajo, lo cual influye en la característica de escalabilidad y flexibilidad del sistema.

4.1 Escenario de aplicación

Con el diseño del SDCD se desea obtener una aplicación que proporcione servicios de mayor valor añadido al usuario, que mejoren su estatus o su calidad de vida y que faciliten la progresiva conversión del hogar en un espacio más cómodo y útil para sus habitantes. La interfaz con la que el usuario debe interactuar es sencilla y fácil de utilizar, pues se ha potenciado la intuitividad y simplicidad para que pueda llegar al mayor número posible de usuarios. El SDCD pretende ser completamente extensible, sin que la adhesión de nuevos servicios o dispositivos suponga un complejo despliegue o modificaciones en el hogar. También debe ser interoperable, es decir, que todo tipo de nuevos dispositivos y servicios que los usuarios deseen utilizar tengan cabida en él. Un posible escenario de aplicación con situaciones en las que se desenvolvería el SDCD podría ser el siguiente:

“Paco llega a casa después de un duro día de trabajo, y como todos los días le gusta ver las noticias en el salón. Aproximadamente a la hora de su llegada tiene programado el perfil *Llego a casa* en el SDCD de su hogar, el cual establece las persianas del salón a una altura media y la iluminación de éste con sólo un punto indirecto de luz. Ayer, estaba lloviendo y Paco pensó que sería mejor bajar las persianas por completo para que no se ensuciasen demasiado las ventanas, y optó por esta opción y además encendió a una intensidad leve la luz principal del salón, para lo cual utilizó los servicios del SDCD de persianas y de iluminación, que acceden a los dispositivos concretos y poseen operaciones para modificar su estado. María es la encargada de levantar a los niños para ir al colegio. Para ello ha creado otro nuevo perfil *Despertador*, el cual sube por completo las persianas del cuarto de los niños y apaga la luz auxiliar que permanece encendida toda la noche en la habitación para solventar el miedo que los niños tienen a la oscuridad. En la habitación de los niños, María y Paco tienen instalada una cámara web a través de la cuál pueden comprobar cómo están mientras juegan o hacen los deberes desde cualquier otra ubicación de su casa, haciendo uso del servicio de cámara web del SDCD. Todos los sábados a media mañana toca limpieza, para lo cual han programado un perfil denominado *Limpieza*, el cual sube todas las persianas de la casa. De esta forma sólo tendrán que ir abriendo las ventanas a medida que vayan pasando por las diferentes estancias de la casa. La madre de Paco, Luisa, va a visitar a la familia durante unos días. Para que pueda utilizar el SDCD Paco ha creado un perfil *Invitado* con menos privilegios que el de María y el suyo, ya que su madre no está muy puesta en las nuevas tecnologías y puede llegar a utilizar inadecuadamente algunos servicios. Luisa tendrá acceso a todos

los servicios del hogar que tengan acceso a los dispositivos, como persianas, iluminación y cámara web, pero no podrá crear perfiles ni gestionar los usuarios del SDCD.”

De las acciones que los usuarios realizan sobre el SDCD en este breve escenario se pueden obtener muchas de las características funcionales deseables para la aplicación. Entre ellas están la existencia de usuarios con distintos privilegios sobre la aplicación, como son Paco y María, los niños y la madre de Paco; servicios que permitan actuar directamente sobre los dispositivos domóticos, como los servicios de control de persianas e iluminación; servicios que interactúen entre sí para adecuar el estado de la vivienda a las preferencias de los usuarios, como el de gestión de perfiles, etc.

4.2 Arquitectura software del SDCD

Para la construcción de la aplicación se ha utilizado la plataforma de servicios DOHA que proporciona una arquitectura distribuida descentralizada basada en peers desde un enfoque SOA. Como ya se mencionó en la sección tercera de este artículo, DOHA considera distintos tipos de servicios en función de su rol dentro del sistema y que pueden establecer mecanismos de colaboración de igual a igual con el resto de servicios de la aplicación, *Servicios Cliente*, *Servicios físicos* y *Servicios lógicos*.

En la figura 4 se muestran los distintos servicios para el control del hogar desarrollados en el SDCD. A través de los Servicios Cliente (SC) se puede contactar con cualquiera de los otros dos tipos de servicios tanto físicos como lógicos. Sobre estos servicios actuará el cliente que podrá, de esta forma, acceder al resto de la funcionalidad del SDCD. Los SF (servicios físicos) son servicios que controlan de forma directa el hardware y es a través de este tipo de servicio como se llevará a cabo la interacción con los distintos dispositivos domóticos que compondrán el SDCD. Se han implementado como SF los servicios de Control de Persianas, Control de Luminosidad, Acceso al Hardware y Cámara Web, cada uno de los cuales interactúa con un dispositivo empotrado concreto del entorno físico de la vivienda. Los servicios lógicos del hogar (SL) desarrollan su funcionalidad en base a funciones concretas que no tienen contacto directo con el hardware del SDCD, sino que establecerán una relación con el SF correspondiente, en caso de necesitar hacer uso de algún dispositivo. Se han desarrollado los SL de Gestión de Usuarios, Gestión de Perfiles y Gestión de Vivienda. En siguientes ampliaciones de SDCD consideraremos la implementación de servicios físicos como el control de humedad, humo y alarmas, y como servicios lógicos los servicios de teleasistencia y compra virtual.

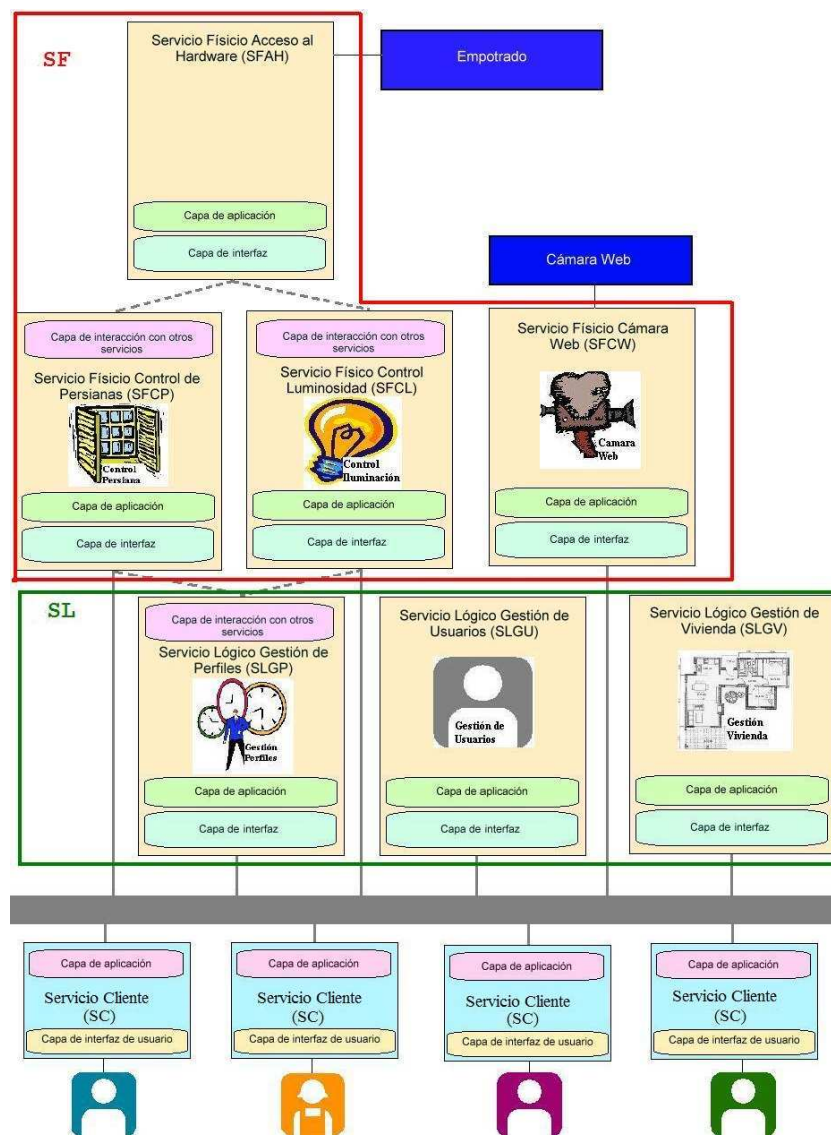


Fig. 4. Arquitectura software del SDCD.

DOHA dispone de una arquitectura multicapa para la construcción de los distintos tipos de servicios que dota de mayor modularidad a las aplicaciones construidas sobre la plataforma. Los distintos servicios desarrollados diferenciarán entre las capas de *Interfaz*, *Aplicación* e *Interacción* como se muestra en los distintos servicios de la figura 4. Los SL y SF estarán compuestos básicamente por dos capas. Por un lado la Capa de Interfaz generaliza el acceso a los servicios desde cualquier otro servicio del sistema, y por otro la Capa de Aplicación, que engloba la funcionalidad propia del servicio. Si los servicios lógicos o físicos necesitan colaborar con otros servicios se

añade otra capa, la Capa de Interacción, que contiene de forma genérica los elementos necesarios para poder comunicarse y colaborar con otros servicios. En los SC se tienen dos capas, la Capa de Interfaz de Usuario con la que interactúa el usuario, y la Capa de Aplicación, a través de la cual se obtiene la funcionalidad del SDCD.

4.3 Desarrollo de los servicios domóticos del SDCD

Para llevar a cabo el desarrollo de servicios domóticos sobre DOHA es necesario definir las distintas capas de los servicios. En los SF y SL la *Capa de Interfaz* es la intermediaria entre el cliente y el servicio, por lo que contendrá todas aquellas funciones necesarias para llevar a cabo la comunicación con el cliente. Esta capa actúa como la gestora del servicio y contendrá información descriptiva de este, como nombre, funcionalidad, canales de comunicación, etc. Esta capa es común para todos los servicios, físicos o lógicos, y será la que utilicen los consumidores para obtener la funcionalidad deseada. También a través de esta capa se llevarán a cabo los procedimientos de descubrimiento de servicios, publicación de anuncios, gestión de pipes, descarga de los “service contract” de otros servicios vía CMS, etc.

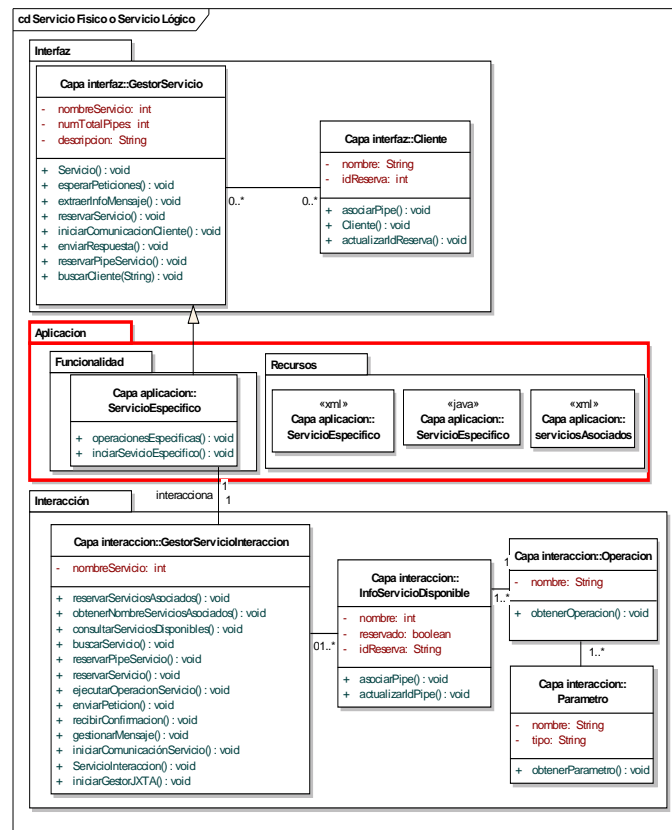


Fig. 5. Estructura de capas de un servicio lógico o físico de la plataforma DOHA.

En la figura 5 se puede observar que con la capa de interfaz de los servicios es con la que interactúa la capa de interfaz de usuario propia del SC para obtener la funcionalidad del servicio, y cómo ésta abstrae la implementación concreta que cada servicio haga de sus operaciones, lo cuál se lleva a cabo en la capa de aplicación.

En la *Capa de Aplicación* es donde los servicios desempeñan la funcionalidad para la que están destinados, y donde se deben implementar sus operaciones en forma de métodos concretos. Puede observarse en la figura 5 como en el diseño de la capa de aplicación se considera un paquete denominado “recursos” que contiene todos los elementos específicos para la construcción de los servicios. Primero es necesario que cada servicio posea un xml “ServicioEspecifico”, que equivale al “service contract” del servicio, para ofrecer su funcionalidad al resto de servicios de la aplicación. Los métodos que ofrece el servicio en el “service contract” deben estar a su vez disponibles en un archivo java, en el que se lleve a cabo la implementación de las operaciones específicas. En caso de que además el servicio pueda colaborar con otros servicios para llevar a cabo su funcionalidad, tendrá asociado un documento xml “serviciosAsociados” con la relación de servicios con los que puede interactuar. Esta colaboración se llevará a cabo haciendo uso de la capa de interacción a través de la cuál se establecen las relaciones de colaboración entre servicios. Esta capa no es imprescindible, solo la implementarán los servicios que requieren el uso de otros.

En las figuras 6 y 7 podemos ver un ejemplo de cómo se llevaría a cabo el desarrollo de la capa de aplicación de los dos posibles tipos de servicios. En la figura 6 se muestra la capa de aplicación del servicio físico de acceso al hardware en la que además del contrato de servicio (xml) y la implementación de sus métodos (java) en el paquete de recursos, se observa una clase “AplicaciónJDOMO” en el paquete de funcionalidad. Esta clase abstrae al dispositivo hardware al que accede el servicio mediante el framework de JAHASE [10]. Por otro lado, en la figura 7 se representa la capa de aplicación del servicio lógico gestión de perfiles. La principal diferencia con el anterior, además de no poseer acceso a ningún dispositivo hardware, radica en la existencia del recurso xml “serviciosAsociados”, lo cuál indica que este servicio puede que tenga interacción con otros servicios de la aplicación.

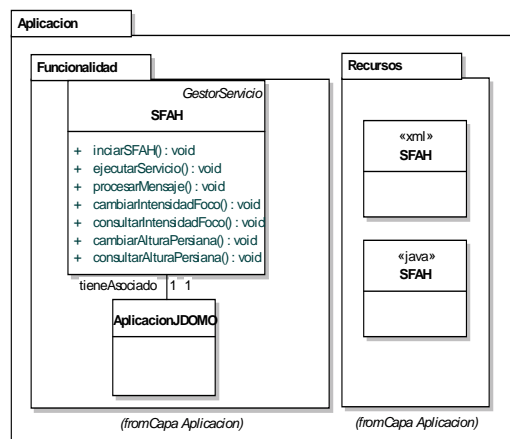


Fig. 6. Ejemplo de construcción de un Servicio Físico.

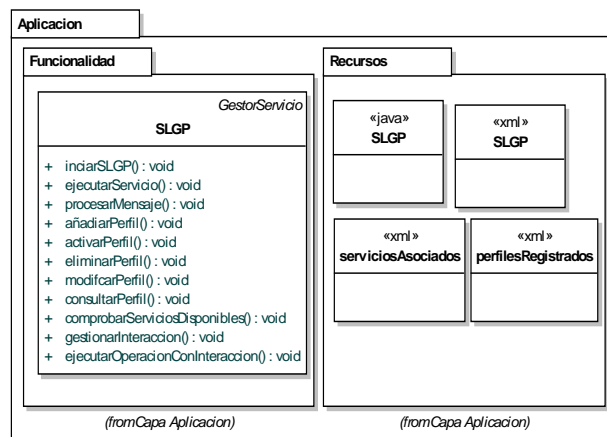


Fig. 7. Ejemplo de construcción de un Servicio Lógico.

A continuación se muestra la estructura que poseería el *service contract* asociado a un servicio de la plataforma. En el contrato cada servicio debe dejar claro a sus consumidores cual es su funcionalidad y como pueden hacer uso de ella, especificando cuales son los métodos de que dispone y cómo pueden utilizarlos. Por ejemplo, para que el servicio de gestión de perfiles encienda la luz del salón, debe colaborar con el servicio de iluminación y ejecutar la operación *Cambiar Iluminación*. Para ello debe obtener el contrato del servicio de iluminación, que tendría una estructura como la que se indica a continuación, y consultar cómo debe invocar a dicha operación. Una vez que el servicio ha obtenido toda la información necesaria para utilizar la operación la llevará a cabo mediante la capa de interacción.

Código 1. Ejemplo de “service contract” asociado a un servicio de iluminación.

```
<servicio nombre="Servicio de Iluminación">
  <especificacion>
    El servicio de iluminación está encargado de actuar sobre
    las lámparas. Puede consultar y modificar la luz.
  </especificacion>
  <operacion>
    <nombre_op>Cambiar iluminacion</nombre_op>
    <parametro>
      <nombre_param>Ubicacion</nombre_param>
      <tipo_param>String</tipo_param>
    </parametro>
    <parametro>
      <nombre_param>Intensidad</nombre_param>
      <tipo_param>Int</tipo_param>
    </parametro>
  </operacion>
</servicio>
```

Por su parte, el *Servicio Cliente* está compuesto de dos capas. Una *Capa de Interfaz de Usuario* que contiene todos los elementos necesarios para proporcionar un GUI flexible, amigable y dinámico al usuario y una *Capa de Aplicación* que contiene

los componentes principales del SC, que de forma flexible es capaz de tener una lista actualizada de todos los servicios del sistema, y a partir de la cual podemos acceder al resto de servicios, como muestra la figura 8.

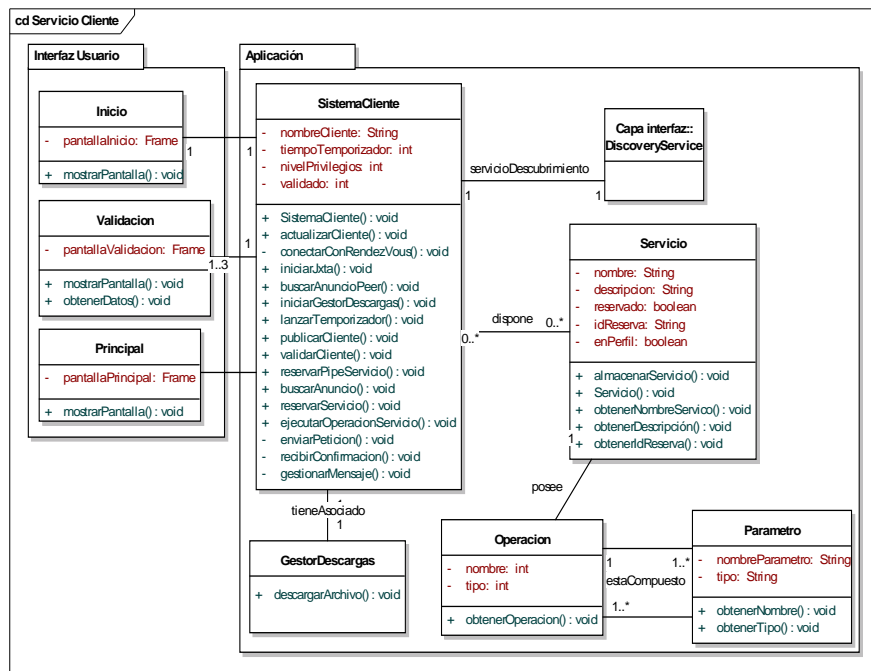


Fig. 8. Estructura de capas de un servicio cliente de la plataforma DOHA.

A través de la capa de interfaz el usuario interactúa con la interfaz gráfica del SDCCD. Es en la capa de aplicación en la que lleva a cabo el descubrimiento de servicios, la obtención de los contratos de servicio vía CMS y la utilización de estos mediante la ejecución de sus operaciones. La separación de la lógica de aplicación de la capa de interfaz permite, por ejemplo, que si las necesidades del usuario cambian, se puedan añadir o modificar los interfaces sin necesidad de modificar la capa de aplicación. La interfaz gráfica del SDCCD está contenida en el SC para su empleo por parte de los usuarios, que desconocen que la utilización de un servicio lleva consigo la reserva del mismo a través de la capa de aplicación. Igualmente cuando un usuario ejecuta las operaciones de los servicios, la interacción que la capa de aplicación del cliente realiza con los servicios queda oculta al usuario, que se limita a manipular la interfaz que para él se haya diseñado.

4.4 Protocolo de comunicación entre servicios del SDCD

La plataforma de servicios DOHA es abierta en cuanto al protocolo de datos utilizado en la comunicación entre los servicios de las aplicaciones que se construyen sobre ella. Cada aplicación podrá utilizar el modelo que considere más oportuno, en base al cuál se construirán todos los mensajes que circulen por la red de peers. En el caso del SDCD cada mensaje estará compuesto por una *cabecera*, que contendrá la información necesaria para gestionar el control de errores y la autoría de los mensajes, y un *contenido* que refleje la utilidad concreta de cada mensaje. Para separar cada uno de los elementos de los mensajes hemos considerado la utilización de un token, que será el carácter “/”. Por tanto, no se podrá utilizar dicho carácter en el contenido de los elementos del mensaje.

Tabla 1. Tipos de mensajes.

Descripción	Id	Autor	Contenido
Petición de reserva	1	Servicio: Nombre del servicio Cliente: “C_”+Nombre del cliente	Comentarios informativos
Confirmación de reserva	2	Nombre del servicio reservado	Identificador de reserva/Comentarios
Petición de ejecución de operación	3	Servicio: Nombre del servicio Cliente: “C_”+Nombre del cliente	Identificación de operación / Nombre de la operación / Valor parámetro 1 / ... / Valor parámetro n
Confirmación de ejecución de operación	4	Nombre del servicio utilizado	Comentarios
Solicitud de asignación de pipe	10	Servicio: Nombre del servicio Cliente: “C_”+Nombre del cliente	Comentarios
Confirmación de asignación de pipe	11	Nombre del servicio utilizado	Índice del pipe asignado/Comentarios

La cabecera de los mensajes que se envíen entre los servicios del SDCD se compondrá de tres campos: (a) el número de caracteres de los que está compuesto el mensaje, sin contarse a sí mismo ni al token inmediatamente siguiente, y que sirve como comprobación de errores; (b) un identificador del tipo de mensaje que distinga entre las posibles operaciones a ejecutar entre los servicios del SDCD; y (c) el autor del mensaje, que especificará el nombre del cliente o del servicio que genera el mensaje. El identificador de operaciones mensaje será un entero que distinga entre petición o confirmación de reserva y petición o confirmación de ejecución de una operación. En la tabla 1 se concretan los tipos de mensajes que podemos utilizar para el desarrollo de nuevos servicios. Todos ellos siguen la misma estructura en el campo *cabecera* siendo el campo *contenido* el elemento diferenciador entre ellos.

5 Conclusiones y trabajo futuro

Durante la realización del Sistema Dinámico de Control Domótico hemos llevado a cabo un proceso de diseño que garantizase la obtención de un software completo y correcto. El prototipo final del SDCD obtenido sobre la plataforma de servicios DOHA conforma un conjunto de servicios para la automatización del hogar abierto, estable y extensible, al que se pueden unir nuevos servicios domóticos que aumenten su funcionalidad, pues es modular y escalable. En una siguiente etapa de desarrollo se pretende dotar de mayor funcionalidad al SDCD y acercar su comportamiento al paradigma de la Inteligencia Ambiental dotando a los servicios de “sensibilidad al contexto”. Para ello se ampliaría su funcionalidad para recoger y utilizar la información de contexto en beneficio del sistema, y hacer reaccionar a la aplicación en concordancia.

Referencias

1. Chaparro, J.: Domótica: la mutación de la vivienda. *Scripta Nova, Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales* (2003)
2. Romero, C.; Vázquez, F.; de Castro, C.: *Domótica e Inmótica. Viviendas y Edificios Inteligentes*. Ra-Ma (2005)
3. Muñoz, J.; Fons, J.; Pelechano, V.; Pastor, O.: Hacia el Modelado Conceptual de Sistemas Domóticos. *En VIII Jornadas de Ingeniería de Software y Base de Datos (JISBD)*, pp. 369-378 (2003)
4. Mayo, R.: La gestión de técnicas de las instalaciones en edificios y viviendas. *Domótica, Universidad de Oviedo* (2005)
5. Weiser, M.: The Computer for the 21st century. *Scientific American* Vol. 256, pp. 94--104 (1991)
6. Rodríguez, S.; Holgado, J. A.: A Services Platform for Home-Automation Based on Decentralized P2P Architectures. *Por aparecer en el II Simposio en Desarrollo de Software*. Granada (2008)
7. Stojanovic, Z.; Dahanayake, A.: *Service-Oriented Software System Engineering: Challenges and Practices*. Idea (2005)
8. Brookshier, D.; Govoni, D.; Krishnan, N.; Soto, J.C.: *JXTA: Java™ P2P Programming*. Sams Publishing (2002)
9. Trejo, P.; Zúñiga, M.: *Trabajo de Investigación Sistemas Distribuidos: Redes P2P y JXTA* (2005)
10. Viúdez, J.; Holgado, J.A.: Plataforma Java para el Desarrollo de Aplicaciones en Entornos Empotrados. *I Simposio en Desarrollo de Software (SDS-07)*. pp. 147-162 (2007)