

Una implementación de un sistema de control domótico basada en servicios web

Mauricio Esteban Pardo
mepardo10@hotmail.com

Guillermo Enrique Strack
guillotest@gmail.com

Diego C. Martínez
dcm@cs.uns.edu.ar

Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación
Universidad Nacional del Sur,
Avenida Alem 1253 Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina

Abstract

The aim of this project is to show the development of a Domotic System to control different electrical devices in a house either from inside the building or by remote control using the Internet.

In order to have these two functions available, the system includes a Server that provides Web Services to the controlling applications in the house. This Server also offers an interface that uses AJAX to optimize device handling. Finally, considerations about how to generate executing turn on/off routines of electrical household appliances using machine learning tools are presented.

Key Words: Home Automation, domotic, Web Services , AJAX.

Resumen

El objetivo de este trabajo es presentar una implementación de un Sistema Domótico para controlar diferentes dispositivos eléctricos de una vivienda tanto en forma local como así también en forma remota, utilizando una conexión a Internet hogareña. Para permitir estos dos puntos de acceso, el sistema incluye un servidor que provee servicios web a las aplicaciones controladoras instaladas en el hogar. Este servidor también ofrece una interfaz que utiliza AJAX para optimizar la manipulación de los dispositivos. Finalmente, se presentan consideraciones sobre la generación de rutinas ejecutables de encendido y apagado de los electrodomésticos utilizando herramientas de aprendizaje automatizado.

Palabras claves: Automatización del hogar, domótica, Servicios Web , AJAX.

1. INTRODUCCION

Los sistemas domóticos son sistemas inteligentes para casas y departamentos, que integran y controlan áreas tan diversas como las comunicaciones, la informática, la seguridad, la iluminación, ambientación climática, y los electrodomésticos, generando considerables beneficios en lo que a confort, seguridad y ahorro de energía se refiere [3,4,5]. Actualmente existen varias empresas que se dedican a la implementación de estos sistemas. Dependiendo de cada solución o fabricante, hay productos que son controladores, sensores y actuadores al mismo tiempo, ya que en un único equipo se dispone de toda la inteligencia necesaria para medir una variable física, procesarla y actuar en consecuencia (por ejemplo, un termostato). Sin embargo, la mayoría de las soluciones del mercado, sean propietarias o no, se construyen diferenciando los sensores de los actuadores con el objeto de aportar mayor flexibilidad y menor precio, de cara a la instalación e integración en una vivienda.

Los *servicios Web o Web Services* [1,6] son una metodología que permite intercomunicar dos sistemas remotos a través de la Web, manteniendo el estado de los objetos en la transferencia. En términos generales, un Web Service nos permite ejecutar un método remotamente y recibir su resultado como si se tratara de un método local a nuestro sistema. Ellos se basan en ciertos protocolos estándar, como SOAP y XML, procurando formalizar la intercomunicación entre sistemas. Gracias a esto, es posible comunicar, por ejemplo, un sistema de ASP.NET ejecutando sobre IIS con uno desarrollado en Java en un Servidor Solaris.

AJAX es un acrónimo de *Asynchronous JavaScript And XML* [9], una técnica de desarrollo web para crear aplicaciones interactivas. Éstas se ejecutan del lado cliente, es decir, en el navegador del usuario, y mantiene una comunicación asincrónica con el servidor en segundo plano. De esta forma es posible, por ejemplo, realizar cambios visuales sobre la misma página sin necesidad de recargarla. Esto significa aumentar la interactividad, velocidad y la usabilidad de la interfaz web.

En este trabajo se presenta la implementación de un sistema domótico Controlador-Actuador, desarrollado utilizando un Servicio Web para lograr el acceso remoto del mismo y AJAX en la interfaz del mismo. Con el fin de lograr simplicidad en su instalación, el control de los dispositivos a manipular es llevado a cabo mediante comunicación inalámbrica por radiofrecuencia como así también comunicación cableada.

El trabajo se organiza de la siguiente manera. En la Sección 1 se presenta el escenario adoptado y las premisas para el desarrollo. En la Sección 2 se muestran los elementos principales de la arquitectura del sistema y la interacción entre ellos. En las secciones subsiguientes se revisan los trabajos relacionados y se presentan extensiones al sistema.

2. ESCENARIO DE DESARROLLO

De acuerdo a las necesidades específicas, un sistema domótico puede ser implementado de diversas formas y, como es natural, en base a las funcionalidades y capacidades que el mismo brinde, se determina su costo. En nuestro caso, se hizo mayor hincapié en este último factor y por ende el sistema implementado provee una funcionalidad puntual: permite controlar y programar remotamente los diferentes dispositivos electrónicos que puedan existir en una vivienda o comercio común. Varias premisas son importantes para la arquitectura propuesta:

- El sistema debe permitir que los dispositivos, además de poder ser controlados localmente, puedan ser manipulados remotamente, contribuyendo a la automatización del hogar [7].
- El sistema debe permitir la administración centralizada de múltiples viviendas independientes entre sí, probablemente de usuarios diferentes.
- El sistema debe utilizar tecnologías fácilmente asimilables por el público, sin requerir gran poder adquisitivo, para facilitar su acceso e implementación.

En función de estas premisas iniciales, la arquitectura propuesta requiere un servidor Web que centraliza las viviendas a controlar y provee la funcionalidad necesaria para administrar los

dispositivos remotamente. Se requiere, además, una computadora en la vivienda que se conecta con los dispositivos controlables (lámparas, televisor, etc). Para simplificar la implementación de la aplicación hogareña, ésta no requiere un número de IP fijo, por lo que la aplicación hogareña actuará exclusivamente como cliente del servidor Web. De esta manera el usuario no requiere más que un común acceso a Internet. En la Figura 1 se representa esquemáticamente la arquitectura simplificada.

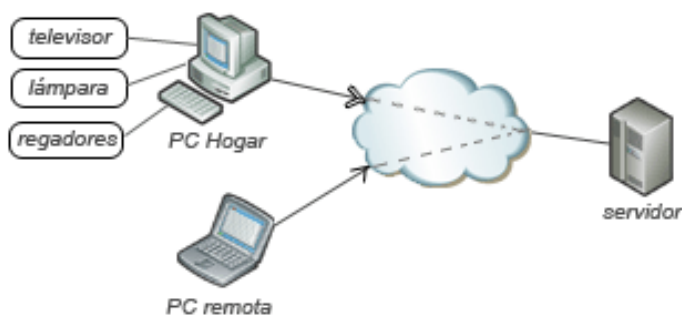


Figura 1. Componentes principales de la arquitectura

La computadora instalada en la vivienda (*PC Hogar* en la Figura 1) permite controlar, por medio de una interfaz adecuada, los dispositivos conectados a ella. Es el controlador *in-situ* de una vivienda individual. El servidor externo, a su vez, posee la misma funcionalidad con el fin de poder ser accedido remotamente. Es el controlador *remoto* de varias viviendas administradas por usuarios.

Esta implementación obliga a disponer de dos bases de datos, una general con la información de todos los usuarios que utilicen este servicio, ubicada en el servidor Web, y otra base de datos local, almacenada en la pc local del usuario con la información referida a su casa solamente.

Esta doble funcionalidad en la vivienda y en el servidor es deseable desde el punto de vista de la accesibilidad, pero requiere un esfuerzo adicional ante ciertos requerimientos básicos, como mantener la consistencia entre la base de datos ubicada en el servidor y la base de datos alojada localmente. Para ello es necesario desarrollar un protocolo de sincronización que permita mantener las dos bases de datos actualizadas antes los cambios que ocurran desde cualquiera de los dos lados.

Para implementar ese protocolo se utiliza un *web service*, que permite que la casa pueda indagar la base de datos del servidor. Es importante destacar también un beneficio de esta duplicación: más allá del problema de mantener la consistencia de la base de datos, el sistema otorga la comodidad de manejar los dispositivos de la casa sin contar necesariamente con una conexión a Internet. En este caso, las modificaciones se hacen localmente y luego, cuando se disponga de la conexión, se actualizan las dos bases de datos acordemente.

El hardware utilizado para comunicar la aplicación de la computadora *in-situ* con los dispositivos se conecta por el puerto paralelo. Las órdenes del puerto hacia el destinatario final (los elementos eléctricos a controlar) pueden ser enviadas tanto en forma *cableada* como así también en forma *inalámbrica por radiofrecuencia*, facilitando así la tarea de instalación del sistema en una vivienda. Este aparato que interconecta la computadora del hogar con los dispositivos fué desarrollado y construido por los autores y su estructura es explicada más adelante.

En la siguiente sección se describe más detalladamente las funcionalidades que disponen el software, el modo de operación y el hardware implementado en esta ocasión.

3. COMPONENTES DE LA APLICACION

El sistema desarrollado está constituido por diversos participantes. Entre ellos se encuentran el *Software de Diseño de Interfaz de la Vivienda*, el *Software de Control de los Dispositivos* (Aplicación Local) y la *Aplicación Web para Control de los Dispositivos* (Aplicación Remota).

3.1 Software de Diseño de Interfaz de la Vivienda

Esta aplicación provee las herramientas necesarias para crear una interfaz gráfica adecuada para representar la vivienda de manera personalizada. Aquí el usuario podrá seleccionar los ambientes que componen su casa. Cada uno de ellos va a estar representado por un nombre y una imagen significativa del mismo, y a su vez ir ubicando en ellos los dispositivos que componen un ambiente y se deseen manipular. En vistas de la extendibilidad, esta aplicación le da al cliente la posibilidad de ingresar posteriormente nuevos ambientes y dispositivos, como así también la capacidad de editarlos o eliminarlos. En esta etapa el dueño de la casa definirá un nombre de usuario y una contraseña los cuales serán empleados para iniciar sesiones futuras antes posibles cambios en el diseño de la casa o en sesiones de la aplicación local o remota. Una vez que el usuario termine de diseñar su vivienda, los cambios se verán reflejados tanto en la base de datos del servidor como en la base de datos local. En la Figura 2 se muestra una captura de pantalla de una casa ya configurada. La disposición de las habitaciones y los elementos incluidos en ellas (lámparas, televisores, radios, etc) son completamente configurables. La aplicación también permite configurar dispositivos exteriores, como las luces de entrada o los regadores del jardín. El objetivo esencial de esta aplicación es la facilidad de uso en vistas a usuarios no experimentados.

3.2 Software de Control de Dispositivos

La función de ésta aplicación es proveer acceso a los diferentes componentes modelados visualmente en la fase de *Diseño de Interfaz*. Aquí el usuario podrá alterar el estado real de los dispositivos, como apagar o prender una luz, el televisor, activar los sensores perimetrales o el alimentador de mascotas. Puede también ingresar rutinas pre-programadas especificando los dispositivos involucrados, el estado que van a tener al momento de ejecutarse la rutina y el periodo de ejecución de la misma (una vez al día, una vez a la semana, etc). Estas rutinas permiten simular movimiento si el usuario está fuera de la casa o planificar tareas como el riego del jardín. Una vez más, cualquier cambio reflejado aquí, (cambio de estado de un dispositivo o ingreso, modificación de alguna rutina), se verá reflejado tanto en la base de datos local como también en la base de datos remota, la que está ubicada en el servido Web.



Figura 2. Interfaz para el control de los dispositivos

3.3 Aplicación Web para Control de los Dispositivos

Mediante la aplicación web los usuarios del sistema podrán iniciar una sesión y realizar las mismas tareas que puede ejecutar con la aplicación anterior. Esto es: *encendido* y *apagado* de los distintos dispositivos como así también *ingreso*, *modificación* y *eliminación* de las rutinas preprogramadas. Cabe destacar que la sesión en la Web va a poder ser iniciada únicamente cuando el programa anterior (Control De Dispositivos) esté conectado al servidor, es decir que la computadora *in-situ* disponga conexión a Internet activa y la aplicación se esté ejecutando. Esta restricción es naturalmente necesaria para la interacción entre el hogar y el servidor. De lo contrario, podría ocurrir que remotamente se intente cambiar el estado de un dispositivo hogareño cuando es imposible que la orden llegue a los mismos. Un aspecto importante a remarcar es que las acciones indicadas remotamente por medio de esta aplicación web no son comunicadas a la computadora del hogar, sino que es ésta quien indaga al servidor sobre los cambios requeridos. Esta comunicación unidireccional es explicada en la siguiente sección

4. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

El funcionamiento del sistema se basa en dos tipos de comunicaciones para lograr consistencia de las base de datos y así reflejar los eventos realizados en los distintos participantes del sistema (Aplicación local y Aplicación Web). Deben considerarse los dos extremos como iniciadores de eventos de modificación: una de estas comunicaciones se da cuando desde la aplicación local se altera el estado de los dispositivos y la otra cuando por medio del sitio web se demandan esos cambios.

En el caso de que los cambios se produzcan desde la aplicación local, ya sea sobre los dispositivos o sobre alguna rutina, se recolecta información de este suceso y se envía hacia el servidor en forma inmediata. Para ello se utiliza un servicio web [6], el cual realiza la actualización sobre la base de datos del servidor. Posteriormente el cambio se refleja en la base de datos local y a continuación el dispositivo o rutina especificada cambian su estado. En la Figura 3 se muestran los pasos generales de este proceso. En los casos que el usuario no disponga de conexión a Internet o no le interese por el momento que las modificaciones también sean reflejadas en el servidor, los cambios son solo aplicados en la base de datos local y luego reflejados en los dispositivos reales (apagar una luz, encender el sistema de riego, etc). Esto genera una pequeña inconsistencia momentánea con la base de datos del servidor, pero la sincronización postergada se inicia inmediatamente cuando la aplicación vuelve a poseer conexión con el servidor de la aplicación web.

De esta manera el uso local del sistema no se ve perjudicado ante cualquier problema que ocurra con el proveedor de Internet (a veces frecuentes) u algún otro motivo que inhabilite la comunicación entre las dos partes.

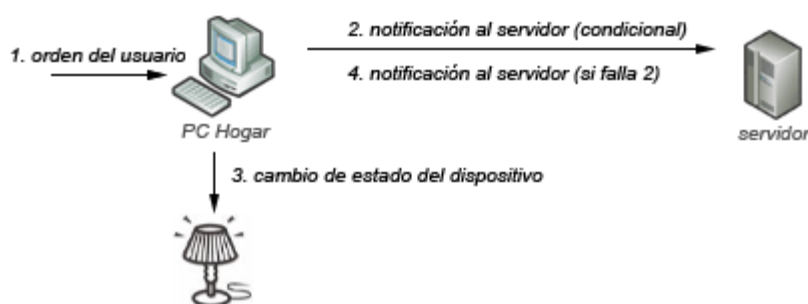


Figura 3. Cambios desde la computadora del hogar.

Para el caso de que los cambios se realicen desde la página web, hay leves diferencias, principalmente porque el sitio web no se comunica con la aplicación local que está corriendo en la computadora de la casa del usuario. De hecho, la aplicación local es la que se comunica con la aplicación web y esta particularidad es la que permite que el usuario no necesariamente tenga un número de IP público para su salida a Internet, pudiendo el sistema ser utilizado desde una red privada. El acceso unidireccional es además seguro y simple para un hogar promedio. En la Figura 4 se muestran los pasos generales de este proceso. Al momento en que el usuario decide modificar remotamente (vía la aplicación web) el estado de algún dispositivo o modificar la configuración de alguna rutina, éste cambio se registra únicamente en el servidor. La aplicación local realiza periódicamente una consulta al servidor, el cual implementa un servicio web indicando si hubo cambios registrados en su propia base de datos.

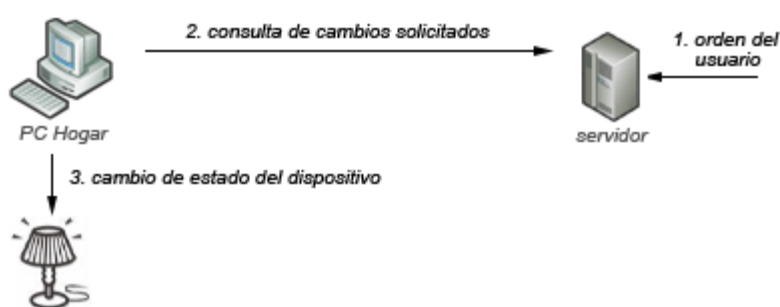


Figura 4. Cambios desde el servidor web

Esta consulta periódica por parte de la aplicación se resuelve por intermedio de dos hilos de ejecución, denominados `HiloControlDispositivos` e `HiloControlRutinas`, respectivamente. El primero controla si hubo cambios en los estados de los dispositivos, y el segundo controla acciones relacionadas a la manipulación de las rutinas. En el caso puntual del `HiloControlDispositivos`, éste solamente solicita un servicio web que devuelve un vector con los identificadores de los dispositivos que están activos en la base de datos del servidor. Luego se activan los dispositivos que están en este vector y se deshabilita el resto, se hacen las modificaciones correspondientes sobre la base de datos local y luego sobre los dispositivos reales a través del puerto paralelo. Para determinar si se realizaron cambios en las rutinas, el `HiloControlRutinas` solicita un servicio web que le retorna un vector con las rutinas activas (formado por los identificadores de rutinas activas), y un indicador para controlar si se han ingresado remotamente nuevas rutinas y/o si se modificaron parámetros de rutinas existentes. En este último caso, si se hubieren ingresado o modificado rutinas, el hilo ejecuta un nuevo servicio Web solicitando información correspondiente a las nuevas rutinas ingresadas o modificadas según corresponda. Estas modificaciones o rutinas nuevas son cargadas en la base de datos local y luego se procede a activar aquellas rutinas indicadas por el servicio web y desactivar aquellas que no están en el vector devuelto por éste. En la Figura 5 se muestra esta interacción entre el cliente y el servidor.

Los procedimientos descriptos anteriormente se repiten periódicamente. El parámetro que indica el período de actualización puede ser configurado por el usuario. Básicamente, un valor bajo permite visualizar los cambios realizados desde la página en forma mas rápida pero con la desventaja de que la cantidad de requerimientos a los servicios web se incrementa. Un valor alto, en cambio, disminuye la carga en las comunicaciones pero prolonga el período de potencial inconsistencia en las bases de datos.

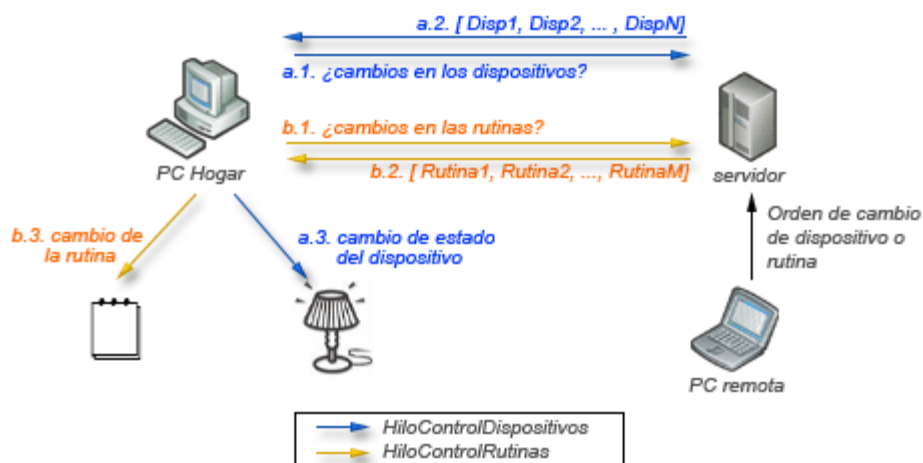


Figura 5. Hilos de Control de Dispositivos y Rutinas

4.1 Interfaz visual de comandos de dispositivos del hogar

La utilización del sistema desde la Web es intuitivo al hacer uso de la técnica AJAX [9], que permitió brindar una apariencia similar al uso de la aplicación ubicada en la casa. Teniendo en cuenta la interfaz utilizada donde varias imágenes muestran los ambientes y los dispositivos instalados en la casa (como indicado en la Figura 2), el refresco parcial de la página mejora notablemente la utilización del sistema. Debido a que un dispositivo encendido tiene una imagen diferente a un dispositivo apagado, al momento de realizar una acción sobre el dispositivo, la actualización de sólo la pequeña imagen asociada al dispositivo seleccionado (mostrar la imagen de encendido o apagado) brinda una mayor performance cuando usamos el sistema desde la web. El mismo efecto se pudo lograr para el caso de ingresar o editar rutinas preprogramadas, toda la carga de las opciones de selección, que se realizan obteniendo datos desde la base de datos, al utilizar AJAX se mejora la usabilidad, ya que a medida que se van seleccionando las opciones solo se van refrescando los controles correspondientes y no toda la página como ocurriría si se hubiese respetado una implementación clásica. En la Figura 5 puede verse esquemáticamente la interacción principal en este escenario. Existen dos niveles de comunicación del cliente al servidor, marcados con flechas de diferente color. La flecha verde denota un envío de comandos de manipulación de dispositivos. Esto sucede cuando el usuario realiza algún click sobre las áreas de representación de dispositivos (marcadas con rectángulos rojos en la interfaz). Las flechas de color rojo indican una interacción AJAX periódica que examina el estado de la casa para reflejarlo visualmente en la interfaz. Esta interacción está actualmente en desarrollo y evita la necesidad de refrescar la página completa. Al momento de escribir este trabajo los cambios en la interfaz son realizados con anterioridad a la comunicación con el servidor. Es más adecuado, sin embargo, mantener un intercambio asincrónico de datos con el servidor para reflejar el estado de la vivienda y sus dispositivos.

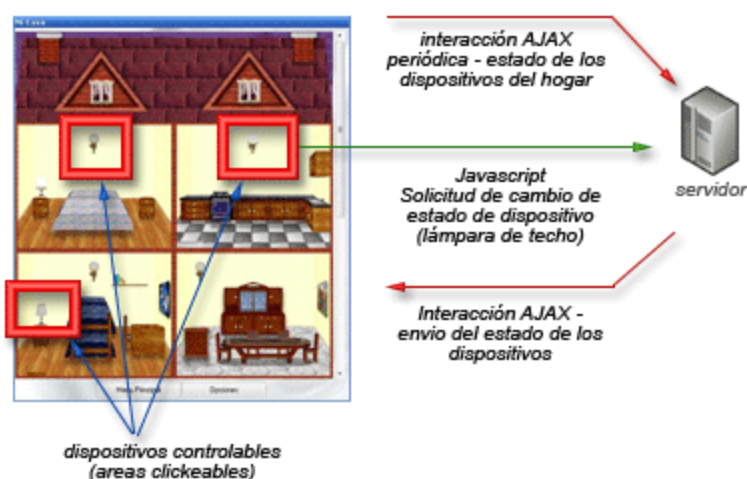


Figura 5. Interfaz visual y AJAX

4.2 Implementación y testeo de la aplicación

La implementación del sistema se realizó íntegramente en la tecnología .NET, en vistas de obtener un prototipo rápidamente. Tanto la Aplicación de Control de Dispositivos como la Aplicación de Diseño de Interfaz para construir la vivienda fueron realizadas con *WinForms* utilizando C#. Para la aplicación Web se utilizó ASP y el *Code Behind* en C#, lo mismo para los Web Services. En cuanto al servidor de base de datos se utilizó *SQLServerExpress*. Los requisitos para la ejecución de este sistema son sólo los requerimientos que tiene el Framework .NET 2.0 y *SQLServerExpress*. En el aspecto de seguridad, la contraseña del usuario se mantiene encriptada tanto en la base de datos local como así también en la remota, mediante el algoritmo de encriptación provisto por el servidor de base de datos.

En cuanto a la implementación del Hardware se implementaron dos modalidades consideradas útiles y necesarias en un hogar promedio: una vía de comunicación cableada y otra inalámbrica. Esta última brinda una mayor facilidad de instalación para ciertos dispositivos que no son fácilmente trasladables en una habitación. Esta implementación utiliza el módulo transmisor *TWS-434* y el módulo receptor *RWS-434*. Ambos son muy simples de utilizar, su tamaño es muy reducido y con ellos se pueden realizar controles remotos de Radio Frecuencia (RF) a 433.92 Mhz dentro del espectro electromagnético. La modulación en la que se basan es del tipo ASK y pueden ser usados también en otras aplicaciones.

El principio de funcionamiento del hardware desarrollado para la arquitectura propuesta es muy simple. Al intentar cambiar el estado de uno o más dispositivos, se envía al puerto paralelo el código correspondiente a la combinación de dispositivos que se pretende mantener activados y desactivados. Por ejemplo,

00000001 significa “*activado sólo el dispositivo vinculado a la salida 0 del puerto paralelo*”.

00000101 significa “*activado los dispositivos asociados a la salida 0 y 2 del puerto paralelo*”.

Luego la salida del puerto alimentará la entrada de un codificador, el cual generará a su vez la entrada del emisor *TWS-434* para su posterior transmisión. Una vez transmitida, la señal será captada por el receptor *RWS-434*, el cual enviará a un decodificador la señal captada para que este se encargue de convertirla en un código similar al emitido por el puerto paralelo. A ese codificador estarán conectados los relés que están asociados a los dispositivos, que actuarán como un

interruptor permitiendo el paso de corriente eléctrica, activando o desactivando los dispositivos correspondientes. La opción *cableada* no pasa por el emisor. Simplemente, con los datos tomados desde el puerto paralelo, activa los relés correspondientes y estos dejan pasar o interrumpen la corriente para el dispositivo en cuestión, al cual se llega específicamente con un cable que va desde la computadora del hogar.

Se evaluó el correcto funcionamiento de la aplicación en su totalidad, esto es, aplicación Web y aplicación de control. Se puso especial énfasis en la conservación de la consistencia de la base de datos local con la ubicada en el servidor, como así también el hecho de que los métodos brindados por los Web Services tengan un tiempo de respuesta corto. Esta prueba se realizó en horas de mucha carga en la red y el resultado fue satisfactorio. Las bases de datos se mantenían inconsistentes por muy poco tiempo (de acuerdo a la configuración de intervalos apropiados mencionados en la Sección 4) y el tráfico generado por los constantes pedidos por parte de la aplicación no influyó en la performance de la red. Se testeó también que las rutinas preprogramadas se ejecuten adecuadamente y al finalizar su ejecución se actualicen para la próxima vez que deban actuar, tanto las realizadas en la propia casa como las creadas desde la página Web.

Otro punto interesante que se evaluó es la frecuencia con la que se solicitan los métodos brindados por el Web Service. Se dejó establecido un parámetro para regular dicha frecuencia. Estas solicitudes son las encargadas de indicarle a la aplicación de control que hay cambios en la casa desde el servidor; en caso de tener una conexión de baja velocidad es apropiado disminuir la frecuencia aplicándole un valor alto al tiempo entre cada solicitud de cambios. En pruebas donde quedaba poco ancho de banda disponible, un valor entre 25 y 30 segundos es admisible. En aquellos casos en los que se pueda hacer un mayor uso del ancho de banda es mejor establecer frecuencias de control altas, es decir, un bajo tiempo entre solicitudes. Esto da una mayor tasa de refresco en las bases de datos permitiendo actualizaciones más rápidas.

Finalmente otro punto importante que se evaluó en el período de prueba es el alcance para el manejo de dispositivos en forma inalámbrica. Se llegó a alcanzar 70 metros en el interior de una casa con varios obstáculos en el camino (paredes y puertas) y varias pruebas realizadas en el interior de un edificio dieron un alcance de cuatro pisos con tiempos de respuestas aceptables. Esto demuestra que los componentes de hardware desarrollados no son muy relevantes en la performance global del sistema, dándole mayor protagonismo a la actividad general de la red.

5 EXTENSIONES

Algunas extensiones planificadas, pero no implementadas en esta instancia, son sumamente interesantes. La primera guarda relación con las rutinas y pretende dotar de cierta inteligencia al sistema.

Generación automática de rutinas

Nuestra aplicación permite la definición de rutinas de encendido y apagado de los dispositivos del hogar. La configuración de estas rutinas puede hacerse tanto localmente como en forma remota, como ha sido descrito anteriormente. Sin embargo, el sistema bien podría observar el ciclo de vida de varios dispositivos durante un período de tiempo razonable de actividad normal en el hogar y generar en forma automática rutinas que permiten simular estas actividades. Por ejemplo, la luz exterior de la puerta de entrada de una casa suele usarse únicamente a la noche y el uso del televisor es más común en los períodos denominados *prime-time*. En la habitación de un adolescente, el reproductor de música puede que nunca se utilice a la mañana muy temprano pero sí en horarios nocturnos. Esto por supuesto depende de las rutinas diarias de la familia o del dueño de casa, y sin duda presentará pequeñas variaciones de un día a otro. Pero en términos generales la

utilización de los electrodomésticos y otros aparatos eléctricos del hogar siguen cierto patrón con el correr de los meses. Puede incluirse un módulo de *Aprendizaje para la Generación de Rutinas*.

Existe un trabajo previo realizado, en el cual se desarrolló una aplicación que precisamente se basa en buscar distintos patrones en una base de datos e indicar posibles resultados ante determinados eventos. Esto es lo que se denomina Data Mining o Minería de Datos.

Esta aplicación se adapta a cualquier tipo de problema o inquietud que se quiera conocer por este proceso de patrones. Particularmente fue desarrollada en Java y se utilizaron las librerías de *Weka* [10], para resolver las búsquedas de distintos patrones en la Base de Datos. *Weka* es una colección de algoritmos de aprendizaje automatizado para tareas de Data Mining. Estos algoritmos pueden ser aplicados directamente al conjunto de datos o pueden ser llamados desde su propio código Java. *Weka* contiene herramientas para el pre-procesamiento de datos, clasificación, clusterización, reglas de asociación y visualización, y es además una buena herramienta para el desarrollo de nuevos esquemas de aprendizaje automatizado.

La integración de esta aplicación se puede resolver fácilmente si cada acción sobre algún dispositivo es almacenada en una base de datos o archivo de *log*. Se precisa conocer el dispositivo accionado y el día y hora del evento, tanto para las acciones realizadas manualmente como también para aquellas accionadas desde la computadora del usuario. Una vez que tenemos el *log* generado se puede invocar a esta aplicación basada en *Weka* para que determine, dado un dispositivo o una lista de éstos, en qué momentos fueron accionados generalmente. Luego, en base a una búsqueda en el *log* descrito anteriormente, se determina en qué horarios se realiza comúnmente esta acción, sugiriendo de esta manera o proponiendo una rutina con esos dispositivos y en ese horario. El mismo caso puede ser pensado en el otro sentido, determinar por ejemplo qué dispositivos son accionados en determinada hora durante los días de semana.

Se podría integrar esta funcionalidad por intermedio de un Web Service, que debería encargarse de la lógica para interpretar el resultado de la aplicación de Data Mining y lo traduzca al formato entendido por la aplicación que controla los dispositivos. Este Web Service podría ser consultado cada cierto periodo, como por ejemplo una vez a la semana o una vez al mes. Luego los resultados de este servicio se le muestran al usuario como sugerencias de posibles rutinas que podría agregar al sistema cuya acción corresponde con lo que el usuario realiza diariamente.

Este módulo pertenece a la aplicación local y para su funcionamiento requiere indefectiblemente la capacidad de poder detectar y recolectar el estado real de los dispositivos. La implementación obtenida hasta el momento sólo envía instrucciones hacia los dispositivos, pero no detecta en forma autónoma y directa el estado actual de éstos. La idea es que el puerto paralelo se use en forma bidireccional y de esta forma se puede realizar un monitoreo de los dispositivos que se accionan manualmente. Las aplicaciones de software fueron diseñadas y organizadas pensando en estas expansiones.

Manipulación telefónica de los dispositivos

Otra extensión considerada para una etapa posterior es la posibilidad de controlar la casa por intermedio del teléfono, ya sea la conexión fija de la casa o por intermedio de un teléfono celular que disponga de acceso a Internet. Para la primera posibilidad, es posible añadir en paralelo a la línea telefónica un módulo DTMF, el cual permite la decodificación de los tonos que emite un teléfono, actúa de contestador cuando no hay nadie en la casa, y una vez que atiende la llamada, se queda escuchando instrucciones por un tiempo determinado. Las instrucciones le son enviadas presionando los distintos números del teléfono de quien realizó la llamada y de esta forma se puede dejar asociado cada número para realizar ciertas actividades preestablecidas. Esta implementación es muy práctica ya que con solo realizar una llamada al teléfono de la casa se puede tener control de sus dispositivos. La otra posibilidad que se está considerando actualmente es permitir el acceso al control de la casa por intermedio de un teléfono celular con acceso a Internet. El funcionamiento

básicamente consiste en publicar una versión WAP del servidor que ofrezca los mismos servicios que dispone la aplicación que se maneja en la casa.

6 TRABAJOS RELACIONADOS

Varios autores proponen soluciones domóticas enfocadas en aspectos puntuales. En este trabajo el énfasis es puesto en la universalidad de las tecnologías elegidas en vistas a la facilidad de uso e implementación. Un trabajo interesante es realizado por Marco Aiello [1], donde detalla distintos escenarios en los que se han desarrollado sistemas domóticos. De acuerdo a la clasificación dada por Aiello, nuestra implementación es una instancia del Escenario Domótico S3 (*open-server hierarchy*), brindando muy buena heterogeneidad y una aceptable escalabilidad. El único riesgo de este escenario es que al ser centralizado puede volverse un cuello de botella la utilización de los servicios web. Es importante destacar que nuestra implementación también admite un uso fuera de línea (*offline*) de los beneficios del control de dispositivos, por lo que también corresponde a un Escenario Domótico S1 según indicado en [1]. Otro trabajo relevante es el realizado por Araujo *et al* [5], en el cual se propone una implementación para el manejo de dispositivos de manera inalámbrica. El sistema realizado por nosotros presenta similitudes con el *Radio-Hotel* mencionado en [5]: el aire acondicionado de la habitación es encendido o apagado manualmente pero también se permite cambiar el estado desde la Recepción del Hotel. Nuestro sistema puede funcionar perfectamente en una Intranet, con o sin servidor central. Una diferencia importante es que la propuesta de Araujo *et al* captura el estado de los dispositivos o sensores y actúa automáticamente de acuerdo al estado que se devuelva en la lectura, algo ausente en nuestra propuesta dado el costo de algunos sensores. También Vittorio Miori *et al* desarrollaron un trabajo [3], en el cual plantean la utilización de *Web Services* como forma de inter-relacionar diferentes protocolos de comunicación o diferentes tipos de redes. En ese trabajo se propone que un administrador interprete el resultado del servicio web y se lo transmita a la arquitectura subyacente.

Nuestro trabajo, al utilizar servicios web, se adapta perfectamente a esta propuesta, ya que es posible manejar dispositivos que utilicen JINI o Komex, creando el controlador correspondiente sin ninguna otra modificación al sistema centralizado. En [4] Bonino y Garbo presentan una interesante aplicación de control de dispositivos para ser utilizada por personas con discapacidades motrices. Puede manipularse por medio del movimiento de los ojos o la cabeza, siendo ésta su principal característica que rige el diseño general. Lo interesante en relación a nuestro trabajo es que contempla la interoperabilidad con diferentes redes domóticas existentes, como Bticino MyHome [8].

7 CONCLUSIONES

Los sistemas domóticos son sistemas inteligentes para casas y departamentos, que integran y controlan las comunicaciones, la seguridad, ambientación climática, y los electrodomésticos. Esto genera beneficios en cuanto a confort, seguridad y ahorro de energía. En este trabajo se presentó la implementación de un sistema de control de dispositivos hogareños utilizando servicios web y una conexión a Internet doméstica tradicional. Los dispositivos puede conectarse a una computadora en la vivienda y ser manipulados y programados *in situ*, o remotamente accediendo a un servidor web.

La interfaz visual de este acceso remoto está implementada utilizando AJAX para optimizar la operatoria general. La arquitectura basada en servicios web permite la independencia entre la aplicación local que controla los dispositivos del hogar y el servidor que permite el acceso remoto.

Para la conexión física de los dispositivos, se construyó un módulo de hardware al cual se le conecta la salida del puerto paralelo y en su interior posee relés para manejar aquellos dispositivos que se encuentren cerca de la computadora de forma cableada, y también contiene el emisor con el respectivo codificador para el encendido o apagado de los dispositivos inalámbricos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] *The Role of Web Services at Home*. Marco Aiello. Proceedings of the Advanced International Conference on Internet and Web Applications and Services AICT/ICIW 2006. IEEE Computer.
- [2] *Seguridad en Redes y Criptografía*. Dante I. González Sánchez. Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. 2004.
- [3] *DomoNet: a framework and a prototype for interoperability of domotic middlewares based on XML and Web Services*. Miori, Tarrini, Manca y Tolomei. International Conference on Consumer Electronics, 2006 ICCE '06. pp. 117-118. 2006 Digest of Technical Papers-IEE.
- [4] *An accessible control application for interacting with domotic environments through Gaze and Head Movements*. Dario Bonino, Alessandro Garbo. First International Conference on Ambient Intelligence Developments, September 2006, Sophia-Antipolis, pp.11-27. Ed. Springer-Verlag, ISBN-10: 2-287-47469-2
- [5] *Domotic Platform Based on Multipurpose Wireless Technology with Distributed Processing Capabilities*. Araujo, Fraga, Moya y Nieto-Taladriz. 15th IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2004. PIMRC 2004. pp 3003-3007.
- [6] *Web Services Architecture*. W3C Working Group. Editado por David Booth, Hugo Haas et al. Artículo on-line. <http://www.w3.org/TR/ws-arch/>.
- [7] *The Networked Home: An Analysis of Current Developments and Future Trends*. Alladi Venkatesh, Erik Kruse, Eric Chuan-Fong Shih. Cognition, Technology and Work, 5 (1), 23-32.
- [8] *Bticino MyHome System*. <http://www.bticino-myhome.it>
- [9] *AJAX: a new approach to web applications*. Jesse James Garret. Adaptive Path Essay. Febrero de 2005. Artículo on-line. <http://www.adaptivepath.com/ideas/essays/archives/000385.php>
- [10] Weka: Data Mining Software. <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>