

Diseño de Sistema Domótico WiFi y Aplicación Androide, utilizando Hardware Idetec-Inventio

John Alexander Arellano Riera⁽¹⁾, Nury Stefanía Cornejo Córdova⁽²⁾, MsC. Víctor Asanza Armijos⁽³⁾

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)

Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral

Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador

johalare@espol.edu.ec⁽¹⁾, nurstcor@espol.edu.ec⁽²⁾, vasanza@espol.edu.ec⁽³⁾

Resumen

En este proyecto se detalla el diseño de un sistema domótico inalámbrico, el cual usa la tecnología de comunicación WiFi y el protocolo de comunicación Zigbee. Para la interfaz de usuario, que debe tener todo sistema domótico, se desarrolló una aplicación Androide para ejercer control sobre los elementos del hogar agregados al sistema. Se utiliza una base de datos MySQL con la finalidad de importar y exportar respaldos de configuración del sistema domótico. La comunicación entre la aplicación androide y la base de datos, tiene como intermediario un servicio web, que valida el origen de las peticiones a la base de datos y la autenticación a la misma. Para implementar el módulo concentrador, módulos dispositivos finales actuadores, y módulos dispositivos finales sensores, se usó microcontroladores de la familia Microchip que cumplan con las exigencias requeridas por cada uno de los módulos que conforman el sistema domótico. El uso de hardware Idetec-Inventio, permite tener un dispositivo central y dispositivos finales, formados de manera modular, lo que en caso de fallos, permite cambiar la parte afectada, y no todo el dispositivo final.

Palabras Claves: *Aplicación Android, WiFi, Zigbee, XBee, Idetec-Inventio, Base de datos, Servicio Web.*

Abstract

In this project the design of a wireless home automation system, which uses protocols WiFi and ZigBee communication is detailed. For the user interface, you must have all automation system, Android application to exercise control over household items added to the system developed. A MySQL data in order to import and export configuration backups automation system is used. Communication between android application and the database, is a web service broker, which validates the source of requests to the database and authentication to it. To deploy the concentrator module, end devices modules actuators, sensors and modules end devices, microcontrollers from Microchip family that meet the demands required by each of the modules in the home automation system is used. Using hardware-Inventio Idetec, allows a central device and end devices formed in a modular way, so in case of failure, allows you to change the affected part, and not all the end device.

Keywords: *Android Application, WiFi, ZigBee, XBee, Idetec-Inventio, Database, Web Service.*

1. Introducción

En la actualidad los sistemas domóticos convencionales dirigidos a los hogares generan un poco de molestia a quienes quieren obtenerlos, ya que se deben hacer cambios en la infraestructura del hogar por el cableado que se tiene que colocar, llegando así a ser un servicio demasiado costoso.

Este proyecto, se realizó con el fin de dar flexibilidad, adaptabilidad, movilidad y la fácil instalación de un sistema domótico, cuando se hace el uso de tecnologías inalámbricas, es por eso que se utiliza el protocolo ZigBee, por su poco consumo energético, entre otras características ventajosas. De igual manera la tecnología WiFi, que es muy común verla hoy en día en los hogares de las personas.

Al usar el medio inalámbrico, se puede gozar de la flexibilidad de instalación, evitando cambios drásticos en la infraestructura de hogares que ya se encuentran contruidos.

Este sistema aparte de contar con una instalación flexible gracias al uso de la tecnología inalámbrica, cuenta con la característica de movilidad, gracias al desarrollo de una aplicación para teléfonos inteligentes o Smartphones, con sistema operativo Android. Desde dicha aplicación se podrá controlar de manera manual, automática o programable, los elementos que se conecten al hogar, sin tener que movilizarse. Todo esto sin dejar a un lado las características de todo sistema Domótico, que son el confort, seguridad y ahorro energético para el usuario.

2. Diseño e Implementación del Software

Para este diseño se tomó en cuenta los principios de diseño para una aplicación android, así el uso de elementos con los que el usuario está familiarizado.

Se diseñó el ícono de la aplicación, de una manera en que pueda representar la finalidad de la misma, sin caer en el plano de ser aburrido ni sobrecargado.



Figura 1. Ícono de la aplicación "Control Home"

Se creó perfiles de usuario con sus respectivos privilegios y limitaciones, el perfil se determina al momento de la autenticación que realiza el usuario para iniciar la aplicación, esto para controlar las acciones que puedan realizarse a nivel del sistema domótico en general, estas se reflejan en un menú de opciones.



Figura 2. Lista de opciones de la aplicación

El perfil de usuario administrador podrá tener acceso a las opciones de: Consumo Energético, Prueba Conexión, Respalda Sistema, Reiniciar Sistema. El perfil de usuario general tiene acceso a las opciones que no estén dentro de las mencionadas para el administrador.

Para acceder a cada ambiente del hogar y controlar cada uno de los elementos agregados, se usó una herramienta llamada ViewPager, la cual le permite al usuario mantenerse en una sola pantalla y deslizarse horizontalmente, para cambiar las vistas de cada ambiente mediante Fragments. Además se usó íconos representativos de cada ambiente y el nombre de los mismos como subtítulo en la barra de acciones de la

aplicación Android, como se puede observar en la Figura 3.



Figura 3. Pantalla de acceso a ambientes del hogar

Algo importante que ocurre en esta pantalla es el inicio de ejecución de dos servicios en background, uno le permite al usuario recibir notificaciones de nuevos elementos conectados, alarmas de intruso, o cualquier tipo de alerta enviada por el concentrador mediante datagramas UDP; el otro servicio se encarga de acumular el consumo energético generado por los elementos del hogar agregados al sistema y que se encuentren activados.

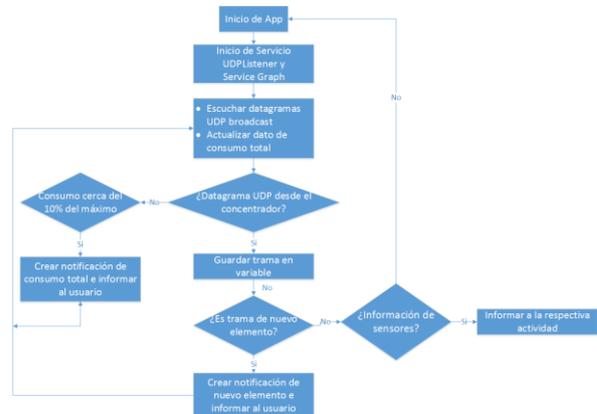


Figura 4. Diagrama de flujo del funcionamiento de servicios UDP Listener y ServiceGraph

2.1. Características funcionales de la aplicación "Control Home".- En esta sección detallaremos las principales características funcionales de la aplicación "Control Home", las cuales la diferencian de otras aplicaciones de sistemas domóticos.

1. Conexión dinámica de dispositivos, de manera inalámbrica, lo que permite guardar la integridad de la infraestructura del hogar.
2. Permite encender, apagar o controlar intensidad con que serán activados ciertos

elementos del hogar, como foco, regadera, persiana.

3. Control de climatización, gracias a información de parámetros ambientales como temperatura, humedad, que envían los respectivos sensores.
4. Control de riego de jardín, mediante programación de tiempo de riego y cantidad de agua que fluye desde la bomba.
5. Información del consumo de energía en tiempo real de los dispositivos agregados al sistema, esto mediante gráficos.
6. Permite ingresar un valor máximo a pagar por consumo energético de los dispositivos agregados, esto con el fin de alertar al usuario cuando su consumo se acerque al valor que ingreso.
7. Permite personalizar la aplicación, a nivel de fondos de los distintos ambientes del hogar.
8. Verifica el correcto funcionamiento del concentrador, y notifica en caso de error.
9. Presenta información sobre el clima de la ciudad en la que se encuentra el usuario.
10. Alerta al usuario en caso de detección de intrusos.
11. Tiene acceso a una cámara IP que le permite al usuario verificar quién desea ingresar a su hogar.
12. Permite abrir puerta de manera segura, por medio de una contraseña de verificación, previamente configurada por el usuario.
13. Programar hora de inicio y rango de tiempo de ejecución de acciones de encendido o apagado, sobre ciertos elementos del hogar.
14. Configurar niveles de seguridad para uso de la aplicación y control de los elementos del hogar.

2.2. Características técnicas de la aplicación “Control Home”.- En esta sección se detallan las características técnicas mínimas con las que debe contar un Smartphone para poder instalar la aplicación “Control Home”.

1. Funcional a partir de la versión 4.0 en adelante
2. Espacio mínimo requerido para la instalación: 5MB
3. Conexión a internet, en caso de controlar remotamente el hogar
4. Consumo de batería del móvil 2%
5. Memoria RAM del móvil, usada 8MB
6. Consumo de paquetes de datos por día: Aproximadamente 15KB

3. Diseño e implementación de Hardware

En un sistema domótico, diferenciamos dos principales componentes, referente a hardware y son:

1. Dispositivo central o concentrador
2. Dispositivos finales

3.1. Dispositivo Central o Concentrador.-

Es el dispositivo que contiene al microcontrolador principal, o cerebro del sistema que es el encargado de recibir peticiones de control o acción por parte de la aplicación Androide y retransmitirla al o los dispositivos finales que hicieron la petición de acción. Este dispositivo también será el encargado de entregar información por parte de los sensores a la aplicación, para luego realizar una petición de acción con respecto a la información recibida y procesada.

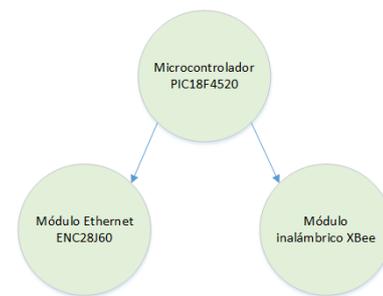


Figura 5. Diagrama de componentes de Dispositivo Central

Para lograr los propósitos inalámbricos del sistema domótico, el dispositivo final se formó con el microcontrolador PIC18F4520, para llevar a cabo los procesos del sistema; el módulo Ethernet ENC28J60, para la comunicación con la aplicación Control Home; el módulo inalámbrico XBee, para la comunicación con los dispositivo finales. Una vez establecidos los componentes del dispositivo central, se procedió con el diseño de un circuito en Proteus.

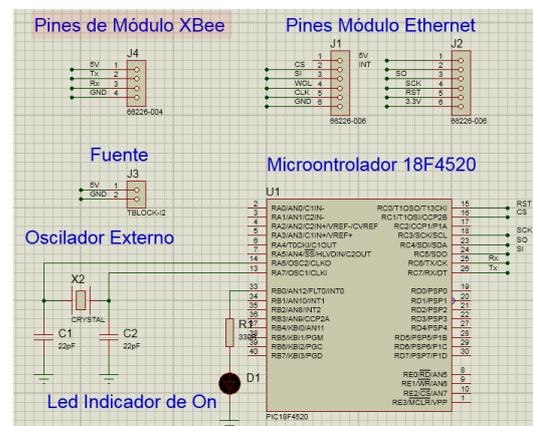


Figura 6. Diagrama esquemático del Dispositivo Central.

3.2. Dispositivos Finales.- Son los dispositivos a los que se ejercen acciones desde la aplicación Control Home, en este caso tenemos dos tipos: los módulos actuadores y los módulos sensores.

- **Módulos Actuadores:** es un dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o “actuar” otro dispositivo mecánico. Con este fin se usaron módulos Idetec como el módulo puente H, módulo dimerizador de carga, módulo activador de relé.



Figura 7. Módulo Idetec sensor de temperatura

- **Módulos Sensores:** Son módulos que contienen un sensor, que es un dispositivo electrónico, el cual convierte un parámetro físico, en señales eléctricas. En el sistema domótico los sensores son fundamentales para la automatización de ciertas tareas e incluso para la seguridad, mediante la información que éstos proveen. Los módulos Idetec usados con este fin son: módulo sensor de temperatura, módulo sensor de humedad, módulo sensor piroeléctrico.



Figura 8. Módulo Idetec sensor de temperatura

Además de actuadores y sensores los dispositivos finales se forman con un microcontrolador PIC16F886 y un módulo inalámbrico XBee, estos con el fin de lograr la característica inalámbrica del sistema domótico.

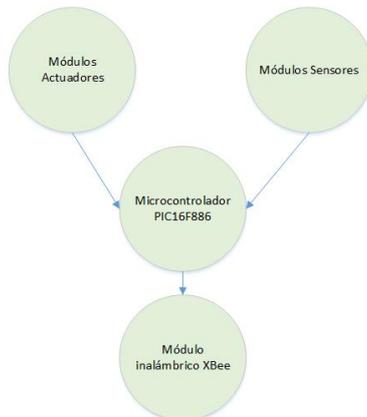


Figura 9. Diagrama de componentes de Dispositivos Finales

3.3. Módulos inalámbricos XBee.- Los módulos inalámbricos XBee son módulos de radio frecuencias, que pueden trabajar en la banda libre de 2.4 GHz con protocolo de comunicación 802.15.4, fabricados por Digi.



Figura 10. Módulo inalámbrico XBee

Los módulos tienen 6 convertidores analógico-digitales y 8 entradas digitales además de pines Rx y Tx, para comunicación serial, se comunican a una velocidad de 256 Kbps y su consumo de potencia es bajo, estas características hacen que sean ideales para los fines del sistema domótico planteado.

4. Integración de Software y Hardware

En la Figura 11 podemos observar cómo se comunican cada parte del sistema domótico, se usan distintos protocolos de redes inalámbricas, dependiendo el tramo de comunicación.



Figura 11. Esquema completo de comunicación del sistema domótico inalámbrico

La aplicación Control Home se comunica con el dispositivo central mediante WiFi y usando datagramas UDP, teniendo como intermediario al router o módem del hogar que está conectado al dispositivo central mediante el módulo Ethernet ENC28J60 que éste contiene.

La comunicación entre el dispositivo central con los dispositivos finales, es mediante el puerto serial de los microcontroladores 18F4520 y 16F886 que contienen respectivamente los dispositivos mencionados, que en ambos casos están conectados al módulo inalámbrico XBee que es el que permite la comunicación inalámbrica, mediante el protocolo ZigBee con uso de tramas de datos.

5. Pruebas

Las pruebas que se realizaron al sistema, pensando siempre en la buena experiencia del usuario, esto con lleva a un análisis no solo por parte del hardware, sino también por parte de la aplicación “Control Home” que maneja el usuario. Se realizaron cuatro pruebas

importantes e indispensables para un sistema domótico.

5.1. Pruebas de consumo de recursos del Smartphone.- Esta sección detalla el nivel de consumo de recursos, generados por la aplicación Control Home.

Dado que la aplicación “Control Home” tiene 2 servicios ejecutándose todo el tiempo en background en el Smartphone, se procedió a realizar una prueba de consumo de batería, por parte de la aplicación, esto dado que al usuario siempre busca las aplicaciones que le consuman menos recursos en su dispositivo móvil.

El consumo de paquetes de datos debe ser mínimo, ya que el usuario buscará siempre la aplicación que menos paquetes use, esto con motivo de ahorrar dinero para el mismo.

5.2. Pruebas de alcance y funcionamiento de Hardware.- Uno de los aspectos importantes de todo sistema domótico es generar confort al usuario, referente a las automatizaciones de ciertas tareas, por lo que se realizó pruebas sobre los elementos agregados al hogar y las tareas automatizadas que estos podrían realizar. También el hecho de poder ejercer control sobre un elemento del hogar sin tener que estar cerca del mismo, por lo que se realizó una prueba con la finalidad de asegurar al usuario el alcance del sistema domótico inalámbrico, esto con respecto a que tan lejos del concentrador podrá ejercer control sobre los elementos del hogar.

6. Resultados

Se detallará los resultados obtenidos a nivel de consumo de recursos de la aplicación y alcance y funcionamiento del Hardware.

6.1. Resultados de consumo de recursos del Smartphone.- En la Figura 12 se muestra una imagen con los datos de consumo de recursos por parte de la aplicación, estos resultados son obtenidos directamente por parte del sistema operativo Android. Se puede apreciar que el consumo de la batería llega a un 2%, que la cantidad de bytes usado no llega ni a un 1KB.



Figura 12. Servicios de Control Home

Las pruebas de consumo de batería se las realizo durante una semana, obteniendo los siguientes resultados. En la Figura 13 se visualiza un gráfico, donde se puede apreciar un mayor uso de la aplicación los fines de semana, esto se debe a que en estos días, las familias hace un mayor control de los dispositivos o artefactos en su hogar, y por ende mayor uso en la aplicación.

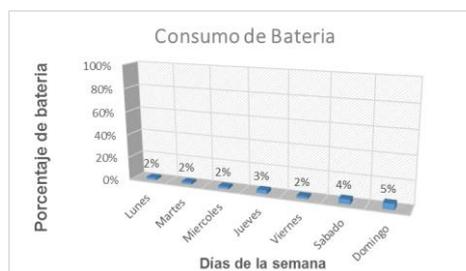


Figura 13. Resultados consumo de batería del Smartphone.

En la figura 14 se muestra el grafico estadístico del consumo de datos por parte de la aplicación. En este grafico se puede apreciar que el consumo de datos no llega ni a un 1 MB por semana, esto siendo un gran beneficio y ventaja para el usuario.



Figura 14. Resultados consumo de Paquete de datos (bytes).

En la figura 15 se muestra una imagen donde se aprecia el consumo de memoria RAM en el dispositivo móvil, por parte de la aplicación Control Home. Según esta figura se aprecia que Control Home usa a penas 8 MB de la memoria RAM del móvil, mucho menos que otras aplicaciones que el usuario usa más a menudo, como Facebook, WhatsApp o Line.

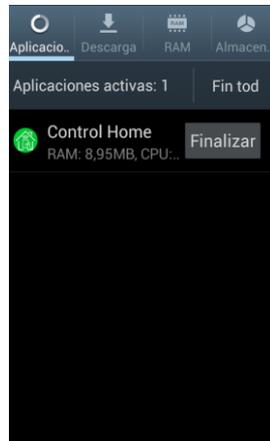


Figura 15. Uso de memoria RAM del Smartphone, por parte de la aplicación.

A nivel de dispositivos finales se realizaron medidas de consumo energético desde la aplicación “Control Home”, dándole una opción muy útil al usuario, que implica poder elegir la cantidad en dólares que desea pagar por el consumo energético del mes, respecto a los dispositivos conectados al sistema. Esto se logra con un servicio que se ejecutando en background, todo el tiempo, contabilizando la cantidad de KWh que se está consumiendo en el hogar, notificándole al usuario a manera de alarma, cuando ya se acerque límite del pago que programó. Esto se calculó en base a la tasa actual de pago de consumo energético, que es \$ 0.089 aproximadamente por 1KWh.

En la Figura 16 se muestra una imagen de la aplicación que corresponde a la actividad donde se informa al usuario sobre el consumo energético en tiempo real, así como el estimado a pagar.



Figura 16. Resultados consumo energético desde la aplicación Control Home.

6.2. Resultados de funcionamiento y alcance del Hardware.-

Es muy importante asegurar al usuario, que si su vivienda es amplia y no todos los elementos que desee controlar se encuentren cerca del concentrador, aun así podrá agregarlos y ejercer control sobre ellos. Se realizó una prueba con la finalidad de asegurar al usuario el alcance del sistema domótico inalámbrico, esto con respecto a que tan lejos del concentrador podrá ejercer control sobre los elementos del hogar.

En la Figura 17 podemos observar un plano del hogar donde se realizó la prueba de alcance, nótese que el dispositivo final actuador se encuentra en la planta alta a una distancia de 35 metros del concentrador, que se encuentra en la planta baja. Aun así el elemento fue agregado exitosamente al sistema.



Figura 17 Prueba de alcance entre dispositivo central y dispositivos finales.

Algo que ayuda a sentir confort es que todo lo que debe funcionar, funcione bien, para lo cual realizamos una prueba de conexión entre la aplicación y el concentrador, así el usuario confirmará que la comunicación con el cerebro de su sistema es correcta, caso contrario al menos tendrá esa información disponible y podrá consultar con los desarrolladores.

En la Figura 18 se puede observar el mensaje después de la prueba de conexión le indica al usuario, la comunicación y el concentrador es correcta.

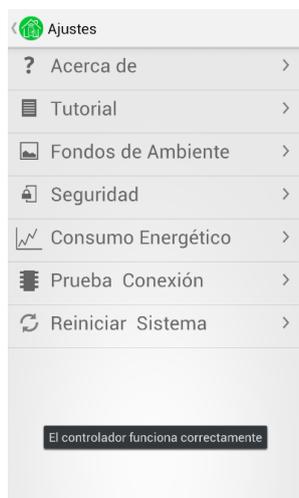


Figura 18 Prueba de conexión al concentrador

7. Conclusiones

- 1) El sistema domótico inalámbrico diseñado, dará las principales facilidades de ejecución de tareas automáticas, generando confort, así como también generará el consumo óptimo de energía como base mínima de todo sistema domótico.
- 2) Las medidas de seguridad que brinda el sistema, tales como acceso al sistema, detección de intrusos en el hogar, han sido controlados a través de accesos autenticados a la aplicación y alarmas de notificación al usuario.
- 3) Se pudo demostrar que, para implementar el sistema domótico planteado, no es necesario realizar grandes cambios en la infraestructura del hogar, esto referente a usuarios que deseen adquirir el sistema y ya tengan su hogar establecido.
- 4) Debido a la versión 2.3.3 (Gingerbread) mínima requerida para la instalación de la aplicación Control Home y según las estadísticas brindadas por Google, se concluye que el 99.6% de los usuarios de Android podrían adquirir la aplicación, lo que genera un mayor alcance del sistema domótico planteado.

8. Recomendaciones

- 1) Para generar mayores alcances a nivel de usuarios por sistema y mayor ejecución de tareas por parte del microcontrolador, se recomienda usar tecnología un tanto más avanzada, tales como sistemas embebidos o

un procesador de mayor potencia y mejores características, como Arduino en conjunto con su Ethernet Shield.

- 2) Se recomienda implementar la seguridad que brindan los módulos XBee, esto referente a la configuración de un PAN ID y/o una contraseña de 32 dígitos para la red de módulos que forman parte del sistema, ya que con esto evitamos confusiones de tramas o ataques de intrusos, debido a que otros módulos externos al sistema puedan escuchar las tramas enviadas, si no se implementan estas medida.
- 3) Por motivos de seguridad, se recomienda el uso de Web Services, para la comunicación entre la aplicación y la base de datos, debido a que un usuario no debe tener acceso directo a los parámetros de conexión de la misma.
- 4) Se recomienda elegir adecuadamente los canales de frecuencia de trabajo, para los módulos inalámbricos XBee, esto con el fin de evitar interferencias con el router o módem del hogar.

9. Referencias

- [1] Rodríguez María, Hardware para domótica, Tema II Sensores y Actuadores, fecha de consulta diciembre 2014.
- [2] Idetec, Catálogo de productos, <http://www.ideastechnology.com/?q=portfolio-4>, fecha de consulta noviembre 2014.
- [3] Fiori Santa María, Sistema operativo Android, <http://blog.staffcreativa.pe/android-ventajas-desventajas/http://blog.staffcreativa.pe/android-ventajas-desventajas/>, febrero 2014.
- [4] WiFiClub, WiFi: historia, evolución, aplicaciones, <http://www.wificlub.org/featured/wifi-historia-evolucion-aplicaciones-desarrollos/#>, enero 2010.
- [5] Trujillo P., Conexión módulo Ethernet y microcontrolador, <http://www.mipsandchips.com.es/2012/09/servidor-web-desde-cero-placa-v.html>, septiembre 2012.