

Residential Home Automation Console with Wireless Local and Remote Control over the Internet

Sánchez Almeida Tarquino, Ing.¹, Acosta Ulloa Christian, Ing.¹, Tipán Soria Carlos, Ing.¹
¹ Escuela Politécnica Nacional, Ecuador, tarquino.sanchez@epn.edu.ec, acostakhrstian@hotmail.com, ctipan_s@hotmail.com

Abstract— The aim of this project is the implementation of a residential home automation console with local and remote control via the Internet. For the local control a console automation prototype based on an embedded system is built running an HMI interface for the monitoring and control of certain variables and electrical devices at home, which is complemented by a wireless communication system based on ZigBee protocol. For remote control the system includes a server that provides web services and database using an application developed in PHP and SQL Server to get an intuitive interface.

Keywords— simulation, engineering, accreditation

Digital Object Identifier (DOI): <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2015.1.1.099>

ISBN: 13 978-0-9822896-8-6

ISSN: 2414-6668

13th LACCEI Annual International Conference: “Engineering Education Facing the Grand Challenges, What Are We Doing?”
July 29-31, 2015, Santo Domingo, Dominican Republic **ISBN:** 13 978-0-9822896-8-6 **ISSN:** 2414-6668
DOI: <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2015.1.1.099>

Consola Domótica Residencial con Control Inalámbrico Local y Remoto a Través del Internet

Sánchez Almeida Tarquino Ing. MBA. Acosta Ulloa Christian, Ing., Tipán Soria Carlos, Ing.,
Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Quito, Ecuador
tarquino.sanchez@epn.edu.ec
acostakhrstian@hotmail.com
ctipan_s@hotmail.com

Resumen– El objetivo del presente proyecto es la implementación de una consola domótica residencial con control local y remoto a través del internet. Para el control local se construye un prototipo de consola domótica basado en un sistema embebido que ejecuta una interfaz HMI destinado al monitoreo y control de ciertas variables y dispositivos eléctricos de una vivienda, el cual se complementa con un sistema de comunicación inalámbrica basado en el estándar ZigBee. Para el control remoto el sistema dispone de un servidor que provee servicios web y de base de datos mediante una aplicación desarrollada en PHP y SQL Server para obtener una interfaz intuitiva.

Abstract– The aim of this project is the implementation of a residential home automation console with local and remote control via the Internet. For the local control a console automation prototype based on an embedded system is built running an HMI interface for the monitoring and control of certain variables and electrical devices at home, which is complemented by a wireless communication system based on ZigBee protocol. For remote control the system includes a server that provides web services and database using an application developed in PHP and SQL Server to get an intuitive interface.

I. INTRODUCCIÓN

Un sistema domótico se define como un sistema que integra a su vez subsistemas como: comunicaciones, informática, seguridad, iluminación, accesos, ambientación y control de dispositivos y electrodomésticos. El objetivo es brindar a la vivienda beneficios en confort, seguridad y ahorro de energía [1]. Estos sistemas son capaces de automatizar una vivienda, aportando servicios de gestión energética, seguridad, bienestar y comunicación y pueden estar integrados por redes interiores y exteriores cableadas o inalámbricas. Por lo general varios fabricantes ofrecen sistemas libres y propietarios, los cuales tienen en común la discriminación entre sensores y actuadores para una vivienda o edificio. Actualmente se ofrecen varios productos orientados a satisfacer las necesidades requeridas por un hogar inteligente, claro está, no siempre es de bajo costo. Mediante un sistema domótico enfocado hacia los

dispositivos de seguridad básica como alarma, control de iluminación, sensores de movimiento, control de temperatura, humedad, humo y gas entre otros, así como dispositivos de vigilancia, todos estos con supervisión y control vía internet, sería posible diseñar un sistema domótico para los hogares de familias modestas por un bajo costo, reduciendo la cantidad de incidentes, mejorando su seguridad, confort y el ahorro de energía.

Para concretar con esta investigación se utilizó una metodología donde se definieron cuatro objetivos específicos:

- 1) Apropiar y documentar el conocimiento de las tecnologías de automatización de hogares así como también el hardware y software para lograrlo.
- 2) Analizar y definir los requerimientos para el diseño de un sistema domótico de bajo costo.
- 3) Diseñar un sistema domótico que soporte los requerimientos definidos anteriormente
- 4) Validar el correcto funcionamiento del sistema domótico diseñado como un prototipo en un ambiente de pruebas que simule las características de un hogar.

El presente trabajo presenta la implementación de un sistema domótico fundamentado en una consola domótica controladora-actuadora, basada en un sistema embebido, la cual aloja a Windows CE como sistema operativo embebido, y ejecuta una interfaz hombre-máquina HMI desarrollada en lenguaje C Sharp para el control local. El sistema de comunicación inalámbrica se basa en el estándar ZigBee que integra dispositivos XBee los cuales conforman una red WPAN (Wireless Personal Area Network). Para el control remoto se desarrolla un servicio web y la base de datos basado en lenguaje PHP (Hypertext Preprocessor) y SQLServer, con lo cual se obtiene un sistema de código abierto y compatible con las librerías disponibles en Windows CE.

Un sistema embebido es un conjunto de hardware y software diseñado para una función específica, varios de ellos alojan un sistema operativo embebido (SOE) que ofrece gran flexibilidad para adaptarse a la función deseada. Se emplean principalmente en sistemas de tiempo real [2].

El estándar IEEE 802.15.4 es un protocolo de comunicación inalámbrica orientado a aplicaciones que requieren baja tasa de flujo de datos y bajo consumo de energía, lo cual permite implementar sistemas de comunicación WPAN [3].

Un servicio web [4] permite intercomunicar dos sistemas remotos a través de la web, es decir ejecutar un método de manera remota y reflejar el resultado en el sistema como si se tratara de un método local. Estos se basan en protocolos como SOAP (Simple Object Access Protocol) y XML (eXtensible Markup Language), para formalizar dicha intercomunicación.

II. ESTÁNDAR IEEE 802.15.4

El estándar IEEE 802.15.4 define el protocolo para la interconexión inalámbrica de módulos de bajo consumo de energía, bajas tasas de transferencia y facilidad de instalación. Sus principales características son:

- Tasa de transferencia de datos 20-250 Kbps
- Topología punto-punto o estrella
- Direcciones cortas de 16 bits (65536 dispositivos), o extendidas (64 bits) para direcciones IEEE MAC
- Prioriza el bajo consumo de energía.

Los componentes de la red se clasifican de acuerdo a su función dentro de la red:

- *Router*: Repetidor, enruta los mensajes que requieren saltos múltiples.
- *Coordinador*: Inicializa la red, envía los paquetes para sincronización (beacons) y sirve de enlace con otras redes.
- *Dispositivo final*: Componentes básicos de la red, son los sensores o actuadores de la red y sólo se pueden comunicar con un coordinador o router.

De acuerdo a su funcionalidad:

- FFD (Full Function Device): puede operar como coordinador o router.
- RFD (Reduced Function Device): destinado a operaciones simples (control on-off).

A. Topologías

Las topologías empleadas en redes ZigBee son estrella y malla

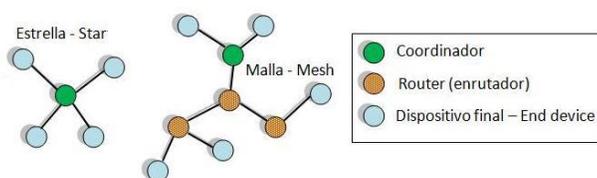


Fig. 1 Topología estrella malla

El protocolo especifica distancias de transmisión y velocidades para las diversas bandas ISM. Por ejemplo para 2.4 GHz se determina una tasa de 250 Kbps, para 915 MHz 40Kbps y para 868 MHz una velocidad de 20 Kbps.

III. SISTEMAS EMBEBIDOS

Un sistema embebido [2] se entiende como un sistema computacional dedicado para aplicaciones específicas, que puede ser un sistema independiente o parte de uno mayor, y debido a que usualmente su software está alojado en ROM (Read Only Memory), no necesita de memoria secundaria. En la Figura 2 se muestra un esquema de un sistema embebido y su arquitectura:

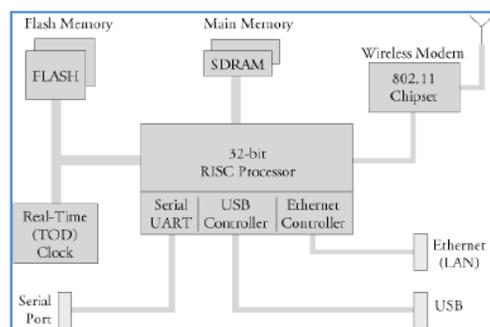


Fig. 2 Esquema Sistema Embebido

Un sistema embebido tiene características propias que las diferencia de un sistema de cómputo general:

- *Funcionamiento específico*: ejecuta continuamente un único programa específico.
- *Limitaciones*: tamaño, costo y consumo de energía
- *Reactivos en tiempo real*: respuesta inmediata ante cambios en el ambiente y capacidad de realizar cálculos en tiempo real.

A. Sistemas Operativos Embebidos (SOE)

Se entiende un SOE como un programa que se encarga de la gestión eficaz de recursos y responsable de la comunicación hardware-software de un sistema embebido.

Un SOE [5] se ejecuta sobre un sistema embebido, usualmente con características de sistemas en tiempo real, y a la vez con restricciones en tamaño, memoria y consumo de energía. Se los encuentra en electrodomésticos, teléfonos móviles, radios, televisores, automóviles, PDA (Personal Digital Assistant).

Un SOE puede variar desde un sistema desarrollado para un fin específico, hasta una versión reducida de un sistema empleado en un computador de propósito general.

B. Microsoft Windows CE

Es un sistema operativo de Microsoft incrustado modular de tiempo real para dispositivos móviles de 32 bits, con compatibilidad para múltiples arquitecturas de CPU, orientado a dispositivos con acceso a internet, computadores de bolsillo y demás dispositivos incrustados.

Se lo considera como la base de la familia de sistemas operativos destinados a satisfacer las necesidades de los usuarios de dispositivos informáticos pequeños y móviles, típicamente alimentados por baterías y con un uso unipersonal, llamados dispositivos empotrados embebidos, suelen ser PDAs, Pocket PC y Smartphones [6].

Windows CE soporta una gran variedad de procesadores para ser implementado en el máximo número de dispositivos existentes en el mercado, entre ellos: ARM, X86, PowerPC, MIPS, Xscale y Renesas SuperH; su arquitectura se muestra en la Fig. 3:

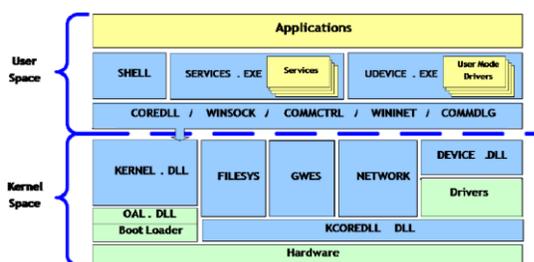


Fig. 3 Arquitectura Windows CE

C. .NET Compact Framework (NETCF)

Es un subconjunto de la biblioteca de clases .NET Framework y también contiene clases diseñadas expresamente para él. Hereda la arquitectura .NET Framework completa de Common Language Runtime (CLR) y la ejecución de código administrado [7].

.NETCF es un entorno independiente del hardware para la ejecución de programas en dispositivos de computación con limitaciones de recursos, entre ellos PDAs, teléfonos móviles, y dispositivos embebidos personalizados. Ofrece las siguientes ventajas:

- Ejecución de programas independiente del hardware y sistema operativo.
- Admisión de protocolos de red y conexión con servicios web
- Facilita el diseño en cuanto a optimización de recursos.

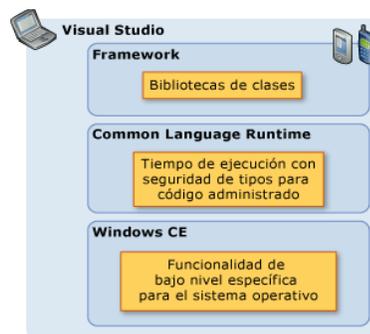


Fig. 4 Esquema .NET Compact Framework

IV. SERVICIOS WEB

Es una tecnología que utiliza un conjunto de protocolos y estándares que sirven para intercambiar datos entre aplicaciones. Estos servicios proporcionan mecanismos de comunicación entre diferentes aplicaciones, que interactúan entre sí para presentar información dinámica al usuario. Para proporcionar interoperabilidad entre aplicaciones, y que al mismo tiempo sea posible su combinación para realizar operaciones complejas es necesario una arquitectura de referencia estándar.

Un servicio web es un componente de software que se comunica con otras aplicaciones codificando mensajes y enviando los mismos a través de protocolos de internet [4].

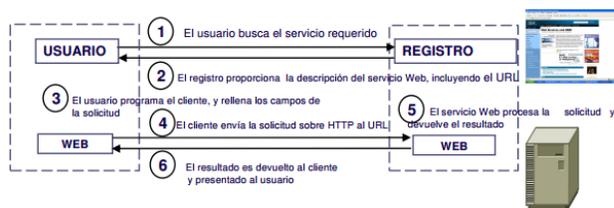


Fig. 5 Esquema de un servicio web

A. Sistemas Gestores de Bases de Datos (SGBD)

Las bases de datos permiten almacenar y gestionar la información de un sitio web, además:

- Proporciona información actualizada
- Facilita la realización de búsquedas
- Almacena preferencias y perfiles de usuarios

Un SGDB es una colección estructurada, organizada y relacionada entre sí, y un conjunto de programas que los administran. Está además diseñado para gestionar grandes bloques de información de manera segura y eficiente.

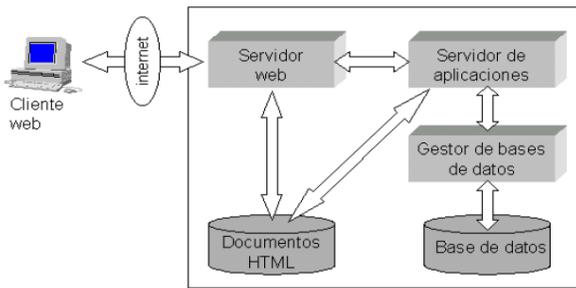


Fig. 6 Esquema aplicación web con base de datos

V. COMPONENTES DEL SISTEMA

La Fig. 7 muestra el esquema general del sistema:



Fig. 7 Esquema sistema de control doméstico

El sistema consta esencialmente de tres bloques:

- Comunicación inalámbrica (red de nodos)
- Control local (sistema embebido con interfaz HMI)
- Control remoto (servidor web)

La red de nodos es la encargada de sensar las variables y actuar sobre los dispositivos, el sistema local se comunica con la red y con el servidor para gestionar y mostrar los datos mediante una interfaz HMI. Finalmente el sistema servidor permite realizar el control remoto por medio de una aplicación web y de base de datos.

A. Control Local

El control local del sistema está basado en un sistema embebido FriendlyARM Mini2440 [8], consta de una placa de desarrollo con un procesador ARM9, memoria RAM, ROM, interfaces de comunicación (RS232, Ethernet, USB, GPIO, etc.), y una pantalla táctil de 7". Soporta la instalación de varios SOE.



Fig. 8 Kit Friendly ARM Mini2440

El sistema de comunicación inalámbrica consta de una red de dispositivos XBee serie 1 con antena incorporada, los cuales ofrecen un alcance promedio de 30 m. con línea de vista y 10 m. con obstáculos.

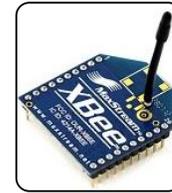


Fig. 9 XBee Serie 1

Se implementa una red tipo estrella la cual integra un nodo coordinador alimentado por una fuente de energía permanente, y varios nodos que constituyen los dispositivos finales, los cuales pueden ser alimentados por baterías.

El procesamiento de datos de cada nodo se realiza mediante un microprocesador ATmega164P, que junto con los módulos inalámbricos forman el nodo para control inalámbrico del sistema.

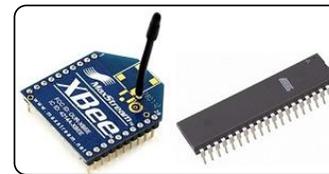


Fig. 10 Nodo control inalámbrico

Se implementan tres nodos: temperatura, iluminación y acceso-alarma, los cuales se comunican de forma inalámbrica únicamente hacia el coordinador, y de este a su vez por interfaz serial RS232 al sistema embebido.

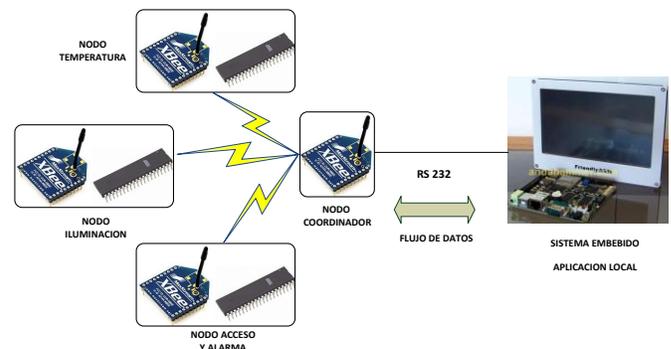


Fig. 11 Sistema de comunicación inalámbrico

A.1 Nodo iluminación

Está formado por una salida PWM del microcontrolador ATmega164P, un transistor MOSFET, un relé y un puente de diodos que permiten realizar el control ON-OFF de lámparas

fluorescentes y dimmer de lámparas incandescentes. Todos los nodos están alimentados por una batería de 12Vdc.

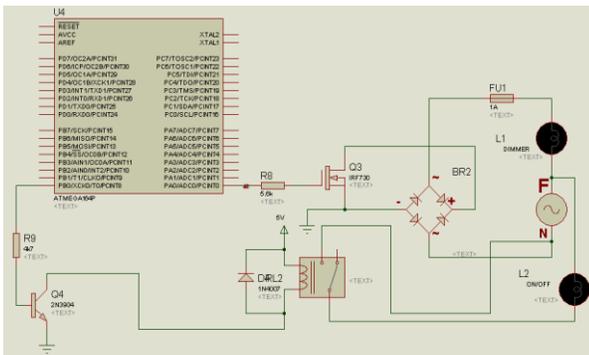


Fig. 12 Nodo Iluminación

A.2 Nodo temperatura

Está integrado por el ATMega164P, un módulo LCD de 16x2 líneas y el circuito integrado DS1621 capaz de sensar valores de temperatura y enviarlas por protocolo I2C mediante petición.

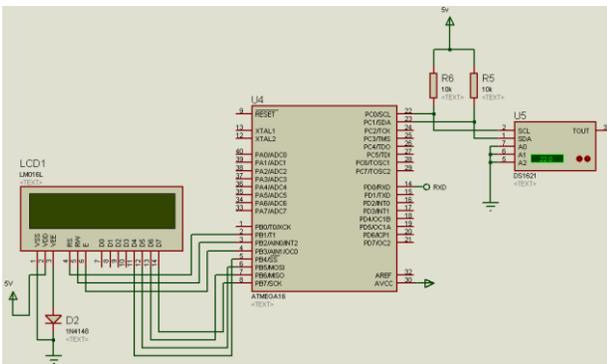


Fig. 13 Nodo temperatura

A.3 Nodo Acceso y Alarma

Está formado por el ATMega164P, un transformador 120:12 Vac, un puente de diodos y dos relés que controlan la apertura de una puerta y el encendido y apagado de una sirena a 12Vdc.

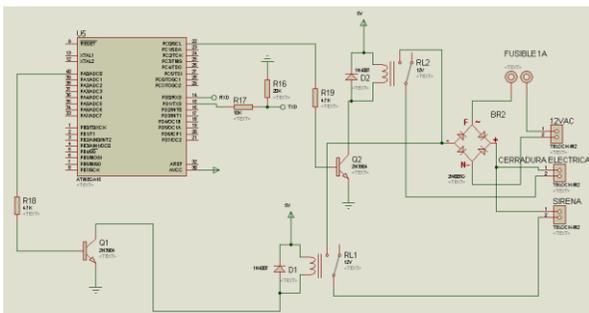


Fig. 14 Nodo Acceso y Alarma

A.4 Interfaz HMI

La interfaz HMI está desarrollada mediante el paquete Microsoft Visual Studio 2008 en la aplicación “Smart device” en el cual se configuran el SOE, .NETCF y lenguaje de programación sobre el cual se ejecutará la aplicación. La misma se encarga de configurar e iniciar la comunicación serial entre la Mini2440 y el nodo coordinador y de red con el servidor.

Una vez completada esta tarea se configura los parámetros para que los diferentes nodos puedan enlazarse con el coordinador y estén operativos para cuando el mismo requiera establecer comunicación con ellos. De igual manera establece parámetros de conexión con el servidor e interfaz serial.

La interfaz de control y monitoreo está dividida en formularios de presentación, registro y comunicaciones (Fig. 15, 16).



Fig. 15 Formulario registro

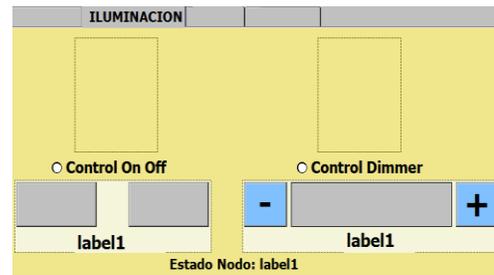


Fig. 16 Formulario comunicaciones

B. Control Remoto

El control remoto se realiza mediante una PC que a través del paquete de software WAMPServer actúa como un servidor web y de base de datos como se muestra en la siguiente figura (Fig. 17).



Fig. 17 Paquete WAMPServer

WAMPServer se basa en Apache, MySQL y PHP (Hypertext Preprocessor), o PEARL, lo cual permite servir paginas HTML mediante internet y gestionar datos entre ellas. Por medio del paquete de software Dreamweaver se desarrolla una aplicación web basada en lenguaje PHP, que es el más utilizado y de código abierto.

B.1 SQL Server Management Studio

SQL Server [9] es el sistema de gestión de bases de datos de Microsoft basado en el modelo relacional cuya función es almacenar y consultar datos solicitados por otras aplicaciones, sin importar si están en la misma computadora, si están conectadas a una red local o a través de internet (Fig. 18).

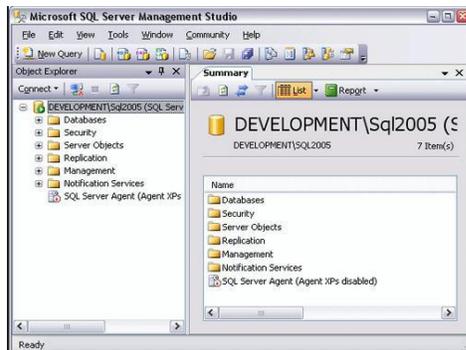


Fig. 18 SQL Server Management Studio

Se creó una base de datos con varias tablas que permiten gestionar información de usuarios, nivel de acceso, estados de dispositivos e históricos de eventos (Fig. 19, 20).

ID	Dispositivo	Estado	FechaModificacion	Atencion
1	Acceso	Abierta	25/07/2013 21:...	A
2	Foco	Apagado	06/08/2013 9:4...	A
3	Alarma	Activada	25/07/2013 21:...	A
4	Temperatura	25	14/01/2013 0:0...	A

Fig. 19 Tabla estados de dispositivos

id_usuario	tx_nombre	tx_apellidoPaterno	tx_apellidoMaterno	tx_correo	tx_username	tx_password	id_TipoUsuario
1	Carlos	Tipan	Soria	ctipan_s@hotmail...	carlin	1234	1
3	Christian	Acosta	Ulloa	acosta@christian@...	lhris	5678	1
4	Santiago	Cruz	Acosta	santibetter19@h...	santy	2357	2
5	Marcelo	Mora	Mora	marcelomorai@h...	marce	1357	2

Fig. 20 Tabla usuarios

B.2 Aplicación web

La aplicación web permite al usuario iniciar una sesión y realizar las mismas tareas que con el control local. Cabe destacar que la sesión web se inicia únicamente cuando el sistema embebido esté conectado al servidor y ejecutando la interfaz HMI.

Para el desarrollo de la aplicación web se dividió la misma en formularios, los cuales permiten realizar acciones como conexión con la base de datos, editar el estado de los dispositivos, gestionar información y sesiones de usuario, y mostrar históricos.

Ésta diferencia entre nivel acceso de usuario común o administrador, permitiendo el monitoreo y control respectivamente del estado de dispositivos y la información de usuarios. La Fig. 21 muestra el formulario principal de presentación y login.



Fig. 21. Formulario principal

Un usuario con nivel administrador puede visualizar y/o editar datos de usuarios, monitorear y/o controlar estados de dispositivos e históricos de operación del sistema (Fig. 22, 23, 24).



Fig. 22. Formulario administrador



Fig. 23. Formulario monitoreo dispositivos



Fig. 24 Formulario histórico

VI. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

El funcionamiento del sistema se basa en dos tipos de comunicación (aplicación local y aplicación web).

Se debe considerar los dos extremos como iniciadores de eventos de modificación: el primero se da cuando desde la aplicación local se altera el estado de los dispositivos y la otra cuando por medio del sitio web se requieren los mismos cambios.

A. Aplicación local

Si los cambios se producen desde la aplicación local, se ejecutan los mismos (encender una luz, abrir la puerta, etc.), y se notifican los mismos hacia el servidor en forma inmediata por medio de un servicio web, el cual actualiza la base de datos del servidor. El esquema se muestra en la Fig. 25.



Fig. 25 Aplicación local

B. Aplicación web

Si los cambios se realizan desde la página web, hay leves diferencias, principalmente porque el sitio web no se comunica con la aplicación local que se ejecuta en el sistema embebido. De hecho, la aplicación local es la que se comunica con la aplicación web, y esta particularidad es la que permite que el sistema pueda ser utilizado desde una red privada.

El acceso unidireccional es además seguro y simple para un hogar promedio. El esquema se muestra en la Fig. 26.



Fig. 26 Aplicación web

Si el usuario modifica el estado de algún dispositivo, este 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.

Esta consulta periódica se realiza desde la aplicación local por medio de temporizadores, y desde arreglos de datos (arrays) comunes para la aplicación local y web.



Fig. 27 Consulta periódica de cambios

C. Implementación

La implementación de la aplicación local se realizó mediante Visual Studio 2008 con su aplicación para “Smart devices” destinado a un dispositivo que aloje como SOE a Windows CE 6.0 que incluya .NETCF 3.5 y con lenguaje de programación Visual C Sharp (C#), íntegramente orientado a objetos.

Para el sistema de comunicación inalámbrica se eligió microprocesadores Atmel programados en lenguaje C, dispositivos XBee serie 1 configurados mediante el paquete de software XCTU para que conformen una red ZigBee tipo estrella con un nodo concentrador.

Finalmente para la aplicación web se utilizó una PC que ejecuta el paquete WAMP Server (Windows, Apache, PHP), con la particularidad que se configuró para conectarse con Microsoft SQL Server 2005, debido a que Visual Studio incluye las librerías necesarias y a que SQL Server es la aplicación nativa de .NETCF 3.5 para gestión de bases de datos.

Durante la implementación del sistema domótico se evidenció que si bien resuelven algunos problemas como: la seguridad de las viviendas, la disminución del consumo de energía y otros recursos; es posible imaginarnos que se incrementará la dependencia tecnológica de los habitantes en el hogar y si estos no están provistos de suministros continuos de energía eléctrica, es posible que los sistemas domóticos colapsen ante un posible corte de energía y se tenga que depender de un técnico especializado para su restitución.

La posibilidad de experimentar en nuevos prototipos más robustos para la consola domótica controladora-actuadora, basada en un sistema embebido, en el futuro permitirá contar con otras aplicaciones para el control web de nuevas aplicaciones como el reconocimiento de voz para la domótica.

D. Conclusiones y recomendaciones

- 1) El prototipo implementado propone a una vivienda promedio la incorporación de una mínima tecnología que permita gestionar de manera eficiente e intuitiva para el usuario, los distintos equipos eléctricos e instalaciones domésticas (iluminación, acceso, alarmas, etc.), con el fin de obtener mayor confort y ahorro de energía.
- 2) Se ha puesto especial énfasis en la consola de control local y en el servidor web, de manera que el sistema sea escalable, es decir que exista una consola por vivienda y un servidor centralizado que almacene la información de usuarios y dispositivos.

En el presente proyecto se propone un sistema cliente-servidor, es decir la consola realiza consultas periódicas a la base de datos del servidor en busca de cambios en los campos de las tablas de la base de datos. Esto sugiere la implementación de una base de datos local que sea consistente con la base remota, lo cual supone la sincronización de bases de datos, que está fuera del alcance del presente proyecto.

- 3) En el Ecuador según el Consejo Nacional de Electricidad (CNE) el 45.6% es energía renovable y el restante 54.4% proviene de fuentes de energía no renovable. Para el año 2014 el consumo de energía eléctrica para el servicio público residencial fue de 6330 GWh. [10]. Si se estimula la instalación de sistemas domóticos en viviendas a nivel residencial, y de sistemas inmóticos en edificaciones los ahorros alcanzables por monitorización y gestión del consumo energético permitirá disminuir aproximadamente un 25% de la factura y alrededor de un 8 % del consumo de energía eléctrica [11].

Si se considera que en el Ecuador el 45.6 % es energía limpia según el CNE, la disminución del 8% del consumo energético se traducirá en un ahorro del 3.65% ($8\% \cdot 0.456 = 3.65\%$) de la energía renovable del país.

- 4) En la tabla I, se muestran los precios en promedio de los equipos domóticos para diferentes tipos de vivienda con equipamiento estándar, lujoso y tipo Premium, estos costos no incluyen la instalación ni el IVA.

El costo estimado de una consola domótica residencial con control inalámbrico local, estará en promedio en el 4% del costo de la residencia dependiendo de los elementos de control y de las aplicaciones web disponible como se puede apreciar en la Tabla II [12].

TABLA I
PRECIOS EN PROMEDIO DE EQUIPOS DOMÓTICOS

Tipo de vivienda	Equipamiento Estándar USD	Equipamiento Lujoso USD	Equipamiento Premium USD
Departamento 2 habitaciones	2.200	5.900	8.800
Unifamiliar 3 habitaciones	4.200	8.900	12.700
Casa con 4 habitaciones	9.000	12.600	18.700

TABLA II
PORCENTAJES EN RELACIÓN AL PRESUPUESTA DE LA VIVIENDA

Tipo de vivienda	Equipamiento Estándar (%)	Equipamiento Lujoso (%)	Equipamiento Premium (%)
Departamento 2 habitaciones	1,7	4,5	6,8
Unifamiliar 3 habitaciones	1,6	3,6	5,1
Casa con 4 habitaciones	1,5	2,1	3,1

- 5) La construcción de una consola domótica mediante el desarrollo de aplicaciones web y la adaptación de tecnología en nuestro país, permitirá la producción de soluciones tecnológicas para gestionar elementos de control que contribuyen al ahorro de agua, electricidad y combustibles, notándose sus efectos tanto en el aspecto económico (ahorro de energía para el usuario), como ecológico (disminución del impacto negativo sobre su entorno).

REFERENCIAS

- [1] Muñoz, J., Fons, J., Pelechano, V., & Pastor, O. (sf). Hacia el modelo Conceptual de Sistemas Domoticos. (U. d. Valencia, Ed.) Valencia, España.
- [2] Pérez A, D. A. (2009). Sistemas Embebidos y Sistemas Operativos Embebidos. Caracas: Lecturas en Ciencias de la Computación ISSN 1316-6239. Universidad Central de Venezuela Facultad de Ciencias Escuela de Computación.
- [3] ZigBee alliance www.zigbee.org
- [4] Web Services Architecture. W3C Working Group. Editado por David Booth, Hugo Haas et al. Artículo on-line. <http://www.w3.org/TR/ws-arch/>.
- [5] Tanenbaum, S. Sistemas Operativos Modernos, 3ra edición, Vrije Universiteit, Amsterdam, Holanda, 2009
- [6] Andahammer. (2011). WinCE 6.0. Recuperado el 1 de Enero de 2012, de www.andahammer.com
- [7] Microsoft. (s.f.). .Net Compact Framework Architecture. Recuperado el 10 de octubre de 2012, de <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/9s7k7ce5%28v=vs.90%29.aspx>
- [8] FriendlyARM. (2012), Mini2440. Recuperado el 15 de enero de 2012, de www.friendlyarm.net
- [9] SQL Server Management Studio (2012), Recuperado el 20 de febrero de 2012 <http://msdn.microsoft.com/es>
- [10] Consejo Nacional de Electricidad. <http://www.conelec.gob.ec>
- [11] <https://www.construible.es/comunicaciones/ii-congreso-gestion-control-control-y-monitorizacion-de-la-energia>
- [12] <http://www.domintell.es/presupuesto>