



Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOE 2014

Nuevos escenarios
en la enseñanza de la ingeniería

Cartagena de Indias, 7 al 10 de octubre de 2014
Centro de Convenciones Cartagena de Indias

SISTEMA EMBEBIDO ELECTRÓNICO PARA PROTECCIÓN PATRIMONIAL

Juan Carlos Cruz Ardila, Ana Lisbeth Collazos, Ana Lucía Rodríguez

Universidad de San Buenaventura
Cali, Colombia

Resumen

En la Universidad San Buenaventura Cali, se desarrolló un proyecto de investigación denominado: *sistema embebido electrónico para protección patrimonial*. La investigación indaga acerca de un dispositivo electrónico que funciona como una red centralizada domótica, la cual se conforma de un sistema central que administra las señales que llegan de los periféricos considerados esclavos. La metodología de investigación está basada en la construcción del estado del arte, donde se busca identificar el uso de dispositivos y/o sensores que pueden ser utilizados para la protección patrimonial, metodología de diseño que han implementado en diferentes partes del mundo y con base en esto, se diseñó un sistema estable que responda a las necesidades básicas de prevención de intrusos en la vivienda con un presupuesto inferior a los accesibles al mercado.

Como desarrollo parcial del proyecto, desde la ingeniería electrónica se ha implementado un sistema de seguridad basado en una red centralizada utilizando dispositivos de tipo pasivo, de poco consumo, que conforma cada una de las tres zonas de protección. Cada zona se encuentra conectada inalámbricamente al módulo central que es el encargado de administrar las señales y activar las respectivas alarmas. Además el diseño electrónico está orientado a combatir la problemática de inseguridad que se presenta en una vivienda rural y urbana; este sistema esta alimentado a partir de un panel solar, que es parte del proyecto ecosostenible.

Este trabajo interdisciplinario destaca la importancia de un sistema de seguridad enfocado a funcionar de manera preventiva utilizando zonas de protección, abarcando las necesidades básicas de la vivienda; este prototipo se alimenta a partir de una fuente de energía renovable, a través de un panel solar.

Palabras clave: sostenibilidad; zonas de protección; arquitectura centralizada; domótica; seguridad

Abstract

Electronic embedded system for heritage protection: In San Buenaventura Cali University, a research project called developed. The investigation inquires into an electronic device that functions as a centralized network automation, which is made up of a central system that manages the signals coming from the peripheral considered slaves. The research methodology is based on the construction of state of the art, which seeks to identify the use of devices and / or sensors that can be used for asset protection, design methodology They have been implemented in different parts of the world and based on this, design a stable system that meets the basic needs of intrusion prevention housing weighing less than the budget available to the market.

As part of project development, from electronics engineering has implemented a security system based on a centralized network devices using passive type, low consumption, which makes up each of the three zones of protection. Each area is wirelessly connected to the central module that is

responsible for managing the respective signals and activate alarms. Besides electronic design is geared to tackle the problems of insecurity that comes in a rural and urban housing; This system is powered from a solar panel, which is part of ecosostenible project.

This interdisciplinary work highlights the importance of a safety focused work proactively using buffer zones, covering the basic needs of housing; this prototype is fed from a source of renewable energy through a solar panel.

Keywords: sustainability; protection zones; centralized architecture; home automation; security

1. Introducción

Actualmente, la domótica ha contribuido en mayor medida a la introducción real de sistemas de seguridad para las viviendas, tanto del sector urbano como rural. Alvarado y Barajas en uno de los documentos plantean que “la seguridad y el ahorro energético son factores fundamentales para quienes diseñan y adoptan los sistemas domóticos, las innovaciones involucran varias posibilidades que integran tres campos de la seguridad que normalmente están controlados por distintos sistemas: seguridad de los bienes, seguridad de las personas y seguridad ante incendio y averías” (Alvarado Pérez & Barajas Guava 2010). En este orden de ideas el trabajo que aquí se presenta hace parte de un proyecto de carácter multidisciplinar, donde se está diseñando una casa Ecosostenible¹.

Como un desarrollo parcial del trabajo investigativo se muestra el diseño de un sistema embebido de seguridad, aplicando una arquitectura centralizada domótica, que permita la comunicación entre diferentes dispositivos, distribuidos en cada una de las zonas para la protección patrimonial de la vivienda ecosostenible. La cual está soportada por un sistema de transferencia electrónico de potencia eléctrica a partir de energía fotovoltaica que permite un suministro continuo de energía al sistema de seguridad, implementado para una vivienda del sector rural. Donde se pone de manifiesto el uso de la tecnología para protección patrimonial que contribuya al desarrollo sostenible.

Metodológicamente el proyecto se desarrolló por etapas, donde la construcción del estado del arte fue fundamental para seleccionar la tecnología implementada y el diseño del sistema embebido como tal. Adicionalmente, fue necesario construir pruebas de laboratorio para garantizar el funcionamiento de los dispositivos, para finalmente obtener la aplicación definitiva que será validada en la vivienda propiamente dicha.

2. Metodología de trabajo

Se elaboró un estado del arte, en el que fue posible identificar el uso de dispositivos y/o sensores que pueden ser utilizados para la protección patrimonial, aplicaciones electrónicas y metodologías para el control del acceso a intrusos en viviendas que se han implementado en diferentes partes del mundo para combatir esta problemática. Aquí se consultaron fuentes bibliográficas para realizar un análisis acerca de las tendencias tecnológicas más actuales, diseño y metodología, con el propósito de seleccionar dispositivos de bajo consumo, costo moderado y fácil consecución en el mercado. Con base en la información recolectada de autores como Flores y Sanchez quienes plantean las ventajas que nos proporciona la seguridad en un sistema domótico en comparación con otros sistemas, pues logra integrar campos de la seguridad que normalmente están controlados por sistemas distintos: la seguridad de bienes, que gestiona el control de acceso y control de presencia, así como simulación de ella, y seguridad de personas, especialmente se enfoca en adultos mayores y enfermos (Flores Arriaga & Sánchez Álvarez, 2012).

Por otra parte Trujillo se enfoca en la selección de los dispositivos adecuados para la detección de intrusos, estos son de tipo pasivo o PIR que detectan cambios de temperatura dentro del área protegida monitoreando la radiación infrarroja, en el mercado existen diferentes tipos de sensores de movimiento que presentan características como, grado de cobertura, distancia de detección y tiempo de respuesta (Trujillo Ronquillo, 2009).

En el caso de la comunicación interna que permite que la información se intercambie entre los dispositivos distribuidos dentro de la vivienda con el sistema central de control, diferentes autores utilizan un sistema de comunicación ZigBee porque es un sistema ideal para redes domóticas,

¹ En la Universidad San Buenaventura Cali, los grupos de investigación *Biotecnología*, *Laboratorio de Electrónica Aplicada (LEA)* y, *Arquitectura, Urbanismo y Estética*, están desarrollando conjuntamente el proyecto de investigación denominado: *Construcción de un prototipo para una casa de carácter sostenible*.

específicamente diseñado para optimizar la proliferación de sensores/actuadores individuales y sean parte de una red más amplia (Beaskoetxea Gartzia, 2011) , (Reinoso Pérez, 2009), (Zaballos Chong, 2011) y (Lledó Sánchez, 2012).

De igual forma, Martínez destaca la importancia de la telefonía móvil como un medio de comunicación con el usuario fuera de la vivienda a través de mensajes de texto. Esto posibilita el envío de información del estado actual de la vivienda a un usuario que así lo requiera (Martínez Martínez, 2010).

Para las tarjetas de desarrollo en el control central del sistema embebido, con base en la recolección de información, las características técnicas del fabricante, y costo moderado se elaboró un cuadro de comparativo, tal como se muestra en la tabla 1, donde se puede observar que la tarjeta Arduino posee grandes funcionalidades a un costo accesible y es compatible con la mayoría de los Shield para Arduino Uno.

Finalmente se construye un diseño de sistema embebido integrando sensores, actuadores, tarjetas de desarrollo, módulos de comunicación inalámbrica; se realizan pruebas y resultados del desarrollo de la investigación para la implementación en la casa ecosostenible.

Tarjeta de Desarrollo			
Placa electrónica	chipKIT Uno32™ Placa	Arduino Mega 2560	Altera DE2
Micro Controlador	PIC32MX320F128	ATmega2560	Cyclone II EP2C35F672C6
Interfaces E/S	28 (5 PWM)	54 (14 PWM)	40
E/S análogas	12	16	N/A
Memoria	128k	256k	8M
RAM	16k	8K	512k
Velocidad de Reloj	80MHz	16MHz	50 MHz
Voltaje de alimentación (DC)	3,3V	3.3V - 5V	9V
Software de Programación	Microchip's MPLAB	Atmel Studio 6 Arduino	Quartus II
Gama	Media	Media	Alta
Costos	90.000	110.000	490.000

Tabla 1. Comparación entre tarjetas de desarrollo chipKIT Uno32™, Arduino mega 2560 y Altera DE2.

2.1. Selección de la arquitectura

El concepto de domótica está asociado con la intervención de diferentes sistemas orientados a la automatización unido a un conjunto de tecnologías aplicadas al control y supervisión de la vivienda. Existen diferentes tipos de arquitecturas que se pueden implementar en el sector, las cuales son: arquitectura centralizada, arquitectura mixta/híbrida y arquitectura distribuida (Kingland Gonzalez & López Guzmán, 2010). De acuerdo con la revisión teórica de cada uno de los conceptos, la distribución de los sensores en la infraestructura, la cuestión de ahorro energético, la mejora de la seguridad personal y patrimonial en la vivienda, se tomó la decisión de aplicar una red centralizada porque es una estructura sencilla de implementar, es de bajo costo por tener una sola unidad central, es de bajo consumo energético. En la figura 1, se muestra la arquitectura implementada compuesta de un controlador central, interfaces, múltiples sensores y actuadores.

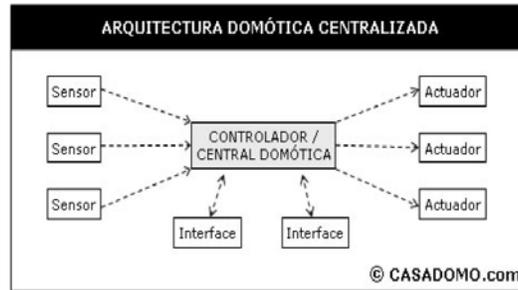


Figura 1. Arquitectura centralizada.

2.2. Selección de los dispositivos

Se seleccionaron dispositivos de tipo pasivo o PIR, en la implementación del sistema de seguridad. Este de sensores de movimiento poseen una gran capacidad de cobertura, debido a la ventaja de cubrir mayores áreas, utilizando menos recursos tipo (Naranjo Cisneros & Gordillo, 2011) y (Alvarado Cadena & Arévalo Coronel, 2010). A partir de estas consideraciones de diseño se logró que el sistema proporcione un ahorro energético, alta sensibilidad y facilidad de instalación.

Para la selección de los módulos de comunicación inalámbrica se utilizó una tecnología ZigBee porque permite la comunicación y información del estado actual de las diferentes zonas comprometidas sin necesidad de hacer uso de extensos cables de comunicación.

Para la comunicación con el usuario, en caso de mantenerse ausente la mayor parte del tiempo, el servicio debe de estar orientado a las tendencias que se presentan en la actualidad como lo son las telecomunicaciones (telefonía celular, internet). La mayoría de los países cuenta con una gran cobertura GSM, lo que convierte la integración de un dispositivo GSM/GPRS ideal para el desarrollo tecnológico como la automatización, que es el tema de discusión (Martínez Martínez, pag 21).

La utilización de la tarjeta de desarrollo Arduino Atmega 2560, permite procesar el número de señales que se administra en el diseño y la compatibilidad de los dispositivos. Además, permite implementar el algoritmo de Protección Patrimonial al sistema, utilizando un software libre Atmel Studio 6.2. aportando a la disminución de costos de la implementación final.

2.3. Diseño

La arquitectura centralizada está conformada por un sistema central y varios periféricos que son considerados esclavos, como se ve en la figura 2. El sistema central se desarrolló en una tarjeta de desarrollo Arduino ATMEGA2560, y para los esclavos se utilizó un procesador ATMEGA 328p, bajo el sistema operativo de "Atmel Studio 6.2". El sistema central verifica permanentemente la información que llega de los módulos inalámbricos Xbee a través del protocolo de comunicación; identifica el estado de los sensores de movimiento y las barreras infrarrojas de las zonas de protección. En caso de alguna activación por detección de movimiento, ya sea por interrupción de los haces infrarrojos de la barrera o interrupción en el área de cobertura de los sensores de movimiento a una distancia máxima de 3metros de la vivienda, se genera una alarma que produce la activación de luces, para la zona 1; sonido y envío de mensaje de alerta, para la zona dos o tres.



Figura 2. Comunicación entre el control central y el esclavo ubicado en un área de detección.

2.4. Pruebas y validación

Para la validación del sistema de seguridad, se realizaron pruebas de los sensores ante posibles intrusos, comunicación entre los módulos inalámbricos XBee y generación de las alarmas, como por ejemplo, envío de mensaje, encendido de luces y activación de sonido.

Finalizando el diseño se realizaron pruebas de funcionamiento siguiendo el siguiente protocolo:

1. Para iniciar las pruebas de funcionamiento, se configuró una comunicación de tipo punto a punto con 2 XBee, uno como central o coordinador y otro como esclavo.
2. Para visualizar la información que se envía a través de un módulo XBee a otro como se utiliza el programa XCTU que brinda la "Digi International".
3. Después de comprobar la comunicación, se adiciona la tarjeta de desarrollo Arduino Mega y el módulo GSM al sistema central. Además del resto de los esclavos o terminales de información.
4. Se valida la comunicación con la red implementada en su totalidad, junto con sensores y actuadores, abarcando la dinámica de configuración de red centralizada de tipo domótico.

3. Resultados

Se obtiene un sistema embebido que es aplicado en la protección patrimonial y presencia de extraños, se alimenta de energía eléctrica a partir de un panel fotovoltaico, de tal manera que le garantiza al usuario la activación de los sensores, comunicación y generación de alarmas de las respectivas zonas, cumpliendo así con su propósito de prevención ante posibles intrusos.

Durante las pruebas de comunicación para la validación de funcionamiento, se logró unificar los protocolos de comunicación de cada uno de los dispositivos que conforman este sistema embebido electrónico.

Se obtuvo la implementación de un sistema de seguridad, con una red centralizada, distribuido por zonas, en la casa ecosostenible de la Universidad San Buenaventura Cali. Se comprobó su correcto funcionamiento y se observó que tan infalible es este sistema para responder ante posibles falsas alarmas relacionado con los sensores de movimiento.

4. Conclusiones

Se logró cumplir con la implementación del sistema embebido electrónico para la protección patrimonial, que es aplicado como un sistema de seguridad conformado por tres zonas de protección que cumplen la función de prevenir que ingrese un posible intruso en una vivienda ubicada en el sector rural.

El sistema embebido de tipo domótico que se ha planteado, presenta una solución integral, que da respuesta a las necesidades básicas de consumo eléctrico y seguridad.

Fue importante la incidencia de la luz solar en la vivienda para ubicar los sensores de movimiento, puesto que, en el día, la luz proyectada por el sol afecta la sensibilidad del sensor, saturando los foto-sensores del sistema de detección generando una falsa alarma la cual se clasifica como ruido.

5. Referencias

Artículos de revista

- Bogado, P. E. (2012). Prototipo de un Sistema Domotico. *15º Concurso de Trabajos Estudiantiles, EST 2012*, 313-343.
- Escalona Franco, G. (2011). Filosofía, Identificación y Racionalización de Alarmas en SCADA Aplicado a la Domótica de un Hotel. *Ciencia en su PC*, 103-117.

- Lee, W., Cheon, M., Hyun, C.-H., & Park, M. (2012). Development of building fire safety system with automatic security. *Fire Safety Journal*, 65-73.
- Naranjo Cisneros, L., & Gordillo, R. (2011). *Diseño de implementación de un sistema de monitorización y control remoto mediante la tarjeta minicore RCM 5600W*. Sangolquí: SANGOLQUI / ESPE / 2011.
- Solberg Hjorth, T., & Torbensen, R. (2012). Trusted Domain: A security platform for home. *Computers and Security*, 940-955.

Libros

- Alvarado Cadena, J., & Arévalo Coronel, C. (2010). *Diseño e Implementación De un Sistema Domótico Para Control y Seguridad en Tiempo Real Vía Teléfono Celular*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica Del Chimborazo.
- Alvarado Pérez, J. D., & Barajas Guava, C. (2011). *Estudio Técnico de Potenciales Aplicaciones Domóticas en Seguridad para el Edificio*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Beaskoetxea Gartzia, U. (2011). *Domótica para Viviendas Cconstruidas*. Pamplona: Universidad Publica de Navarra.
- Flores Arriaga, M., & Sanchez Alvarez, C. A. (2012). *implementacion de un prototipo de arquitectura domotica mixta usando comunicación ZigBee*. MEXICO D.F.: Instituto Politecnico Nacional.
- Kingland Gonzalez, G. L., & López Guzmán, G. M. (2010). *Desarrollo de un Sistema de Televigilancia y Control Domótico en el Departamento de Computación y sistemas de la Universidad de Oriente — Núcleo Anzóategui*. Barcelona: Universidad De Oriente.
- Lledó Sánchez, E. (2012). *Diseño de un sistema de control domótico basado en la plataforma Arduino*. Valencia: Universidad Politecnica de Valencia.
- Reinoso Pérez, E. S. (2009). *Diseño e implementación de un prototipo para una red de domótica y seguridad para un hogar utilizando el estándar IEEE 802.15.4 "ZigBee"*. Quito: Escuela Politécnica Nacional
- Trujillo Ronquillo, D. F. (2009). *Diseño de un sistema de vigilancia no convencional basado en redes ZIGBEE (802.15.4) para realizar un control sobre equipos de video e integración a sistemas de supervisión de mayor jerarquía*. Sangolquí: ESPE.
- Zeballos Chong, A. C. (2011). *Diseño e Implementación de un Sistema Domótico de Seguridad Inalámbrica para un Laboratorio de Telecomunicaciones*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Sobre los autores

- **Juan Carlos Cruz Ardila**. Magister en Ingeniería e Ingeniero Electricista de la Universidad del Valle. Magister en Educación y docente tiempo completo de la Universidad de San Buenaventura Cali. jccruz@usbcali.edu.co
- **Ana Lisbeth Collazos Sinisterra**. Estudiante de último semestre de Ingeniería Electrónica en la Universidad de San Buenaventura Cali. alcslv1401@hotmail.com
- **Ana Lucía Rodríguez Ospina**. Estudiante de último semestre de Ingeniería Electrónica en la Universidad de San Buenaventura Cali. alrodriguez531@hotmail.com

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2014 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)