

Implementación de Sistema Inmótico: Estudio de Protocolos de Comunicación

Implementation of an Inmotic System: A Communication Protocol Study

Mónica Flores Marín / Gabriel Cantos Medina / Jorge Monard Grijlava

Resumen

A través de la presente investigación se propone realizar un análisis del protocolo de comunicación inalámbrico procedente para aplicar al diseño de un sistema inmótico a implementarse en una Facultad de Sistemas, Telecomunicaciones y Electrónica. Mediante una investigación bibliográfica exploratoria y de recolección documental, se realizó un estudio para comparar las ventajas y desventajas de cada uno de los protocolos inmóticos de comunicación. Los resultados obtenidos proyectaron que el protocolo idóneo a ser usado para la implementación es el Z-Wave, que entre sus ventajas destacables se describe que al ser inalámbrico no hace uso de una red física para poder operar, es muy fiable, el consumo de energía es mínimo, y el consumo de ancho de banda es muy bajo.

Palabras Clave:

Inmótico, Protocolo, Comfort, Z-Wave, costes.

Abstract

This research proposes an analysis of an appropriate wireless communication protocol, to apply to the design of a Building Automation system to be implemented in a Faculty of Systems, Telecommunications and Electronics. Through an exploratory literature research and documental data collection, an investigation was performed to compare the advantages and disadvantages of each building automation communication protocol. The results projected that the ideal protocol to be used for implementation is the Z-Wave, which among its notable advantages are: being wireless, does not use a physical network to operate, very reliable, energy consumption is minimal, and bandwidth consumption is very low.

Keywords:

Building Automation, Protocol, Comfort, Z-Wave, costs.

*Fecha de recepción: 23 de agosto del 2016
Fecha de aceptación: 20 de septiembre del 2016*

Introducción

La inmótica es una tecnología relativamente nueva en nuestro medio. Sin embargo, en países desarrollados tuvo sus inicios en la década de los 70s en el área industrial y en los 80s en el área residencial, empero, a pesar de tener popularidad y difusión en los medios de comunicación, los altos precios y la baja calidad de los sistemas frenaron su penetración en la sociedad y su evolución (Muñoz, Fons, Pelachano, & Pastor, 2007). El desarrollo de esta tecnología se fundamenta en automatizar dispositivos electrónicos en edificios que permitieran un mejor control de periféricos eléctricos.

Es así, como esta tecnología, busca la integración y regulación de ambos sistemas, eléctricos y electrónicos, para que la aplicación de cualquier módulo logre cierto grado de autonomía tales como detectar movimiento de personas, niveles de temperatura, nivel de luz, entre otros para así ejecutar acciones por sí mismo, y que permita a su vez comunicarse e interactuar con los usuarios a través de pantallas táctiles, computadores y demás (Tejani, Al-Kuwari, & Potdar, 2011).

En los inicios del desarrollo de esta tecnología el reconocimiento de los dispositivos se realizaba localmente a través de un tipo de control central, pero con el auge del desarrollo informático y telecomunicaciones a gran escala, es posible tener el control total de cualquier ambiente, prácticamente desde cualquier parte del mundo. Este tipo de sistemas han logrado dar un paso gigante en su aplicación en el área industrial para luego darse paso a ser utilizado en lo que hoy comúnmente se conoce como ambientes inteligentes.

En años recientes, la introducción en casas y ambientes pequeños, como oficinas, se ha expandido rápidamente debido a las ventajas que presta, resultado de la interconectividad entre distintos tipos de

dispositivos que permite la automatización de procesos regulares en diferentes sitios, y los bajos costos de los mismos (Felix & Raglend, 2011).

Los objetivos fundamentales de un sistema inmótico son: confort, seguridad, comunicación y sobre todo ahorro energético, por esta razón, el término ha evolucionado, al punto de que podemos escucharlo en algunos casos como Smart Environments¹, debido a la aplicación del mismo concepto en edificios y oficinas y no solo para los hogares o Smart Homes (Bolzani, 2000).

Marco Teórico

Introducción a la inmótica.

La palabra inmótica es una variación de la domótica que está compuesta por domo proveniente del latín *domus* cuyo significado es casa, y, tica, que algunos la relacionan con automática proveniente del griego y otros con la palabra informática (De Russis, 2011). Aunque no exista una definición exacta de la inmótica el concepto en general se relaciona con que funcionamiento de un edificio o ambiente automatizado. Por este motivo la inmótica es una tecnología inteligente escalable a diferentes entornos (Bticino, 2012).

El término inmótica representa o se utiliza para denominar varios subconceptos relacionados a esta tecnología por ejemplo, la fusión entre la electrónica y la informática para integrar el control y supervisión de dispositivos existentes en un ambiente laboral, como edificios y oficina "Smart Environment", o también, como para cualquier tipo de viviendas donde se utiliza el nombre de "Home Automation" (Ryan, 1988). Otros, al hablar de inmótica lo relacionan con el término de edificio inteligente, un término

¹ Smart Environment: entorno virtual informático, donde los diferentes tipos de dispositivos inteligentes están constantemente trabajando para facilitar la vida de los usuarios.

que tiende a ser aplicado en el ámbito de los grandes bloques de oficinas, bancos, universidades y edificios industriales (Delgado, Moreno, Véliz, & Leyton, 2007).

Si bien es cierto, el término inmótica engloba de manera general la posibilidad de automatizar procesos habituales y tener control sobre ellos, la misma como tal no logró desarrollarse fiablemente hasta la introducción gradual y acelerada de la informática y las telecomunicaciones en ambientes frecuentes para la gente común (Sandetel, 2011). La introducción de las TIC's, en procesos de automatización es la que ahora permite dotar de "inteligencia" a cualquier ambiente que el usuario desee.

El trabajo conjunto entre la automatización tradicional y las TIC's permite tener servicios necesarios en la vivienda, estos son realizados por sistemas que ejecutan varias funciones; los sistemas pueden estar interconectados entre sí a través de redes interiores y exteriores de comunicación, debido a estas razones se logra un notable ahorro de energía, una eficaz administración de la vivienda, buena comunicación con el exterior y un alto nivel de seguridad (Aguirre & Mogollón, 2011). Por lo tanto la inmótica busca la manera de simplificar o ayudar a las personas a tener mejor control sobre lo que ellos consideran importante, la tendencia actual se concentra en la construcción de casas, oficinas, campus universitarios y hasta ciudades inteligentes donde las personas puedan maximizar su autonomía (Sarasúa, 2011).

En la planificación de un sistema inmótico se deben considerar los siguientes aspectos o áreas donde se espera optimizar los recursos (Gómez & Paradells, 2010): disminuir los costos energéticos mediante la automatización, adquirir información para toma de decisiones en el área de seguridad, optimizar el confort

utilizando el control de climatización e iluminación, integración con la nube y nuevas tecnologías y monitorización en diferentes medios y tiempo real de las instalaciones.

Esto significa que desde un punto de vista general, los sistemas inteligentes, con el fin de lograr los objetivos de automatización, requieren tener acceso y controlar las siguientes aéreas críticas de la infraestructura del ambiente donde se instalará: sistema de iluminación, sistema de climatización, el suministro de energía, accesos a los locales, circuitos de video, sensores de incendio, sistema de seguridad accesos y antirrobo y seguridad informática (Bticino, 2012; Junestrud, Assare, & Vasquez, 2005).

Con respecto al suministro de energía, con estos sistemas podemos optimizar el uso del mismo en función de las cargas necesarias de acuerdo al tipo de ambiente donde se implementará, ya que no será lo mismo instalar en una casa versus un edificio; y por otro lado, tenemos la seguridad física donde se pueden usar controles de accesos y sistemas de circuito cerrado de video, todo a ser controlado remotamente para que sus usos no sean innecesarios (Ahmad, 2011). Para los casos detectados como conatos de incendios a través de sensores de humo, es fundamental integrar los sensores al sistema domótico así como debe considerarse la integración tecnológica de todos los dispositivos electrónicos a instalarse en el hogar, sobre todo si son de diferentes fabricantes ya que en algunos casos no se ha podido materializar por numerosos problemas y situaciones del mercado, como ausencia o incompatibilidad de protocolos de comunicación unificados, ausencia de demanda significativa, dificultad del sector inmobiliario en la adaptación de estas tecnologías, entre otras (Junestrud, Assare & Vásquez, 2005).

Características que debe tener un sistema inmótico.

Hernández (2010) describe como las principales características generales de un ambiente inteligente a las siguientes variables:

Comunicación confiable.

En toda red inmótica, sea esta alámbrica o inalámbrica, es necesario que la comunicación entre dispositivos sea efectiva para que lleguen a su destino los paquetes y sean confirmados al transmisor.

Comunicaciones seguras.

La información que fluya por la red inmótica no puede ser interceptada por terceros, vulnerando la seguridad o privacidad de los usuarios.

Baja frecuencia.

Debido a que la instalación se realiza en viviendas o edificios con alto tráfico de personas que permanecen en el sitio durante largas jornadas de tiempo, las emisiones electromagnéticas generadas por la red inmótica y sus dispositivos adjuntos no deben estar en un rango que ponga en peligro la salud de las personas.

Fácil implementación y utilización.

El objetivo que ve una instalación inmótica es mejorar la calidad de vida de quienes la utilicen, y no generar problemas por la difícil utilización, administración y manejo de los usuarios.

Bajos costos

La disminución de los costos de los dispositivos que conforman una red inmótica es necesaria para su implementación y para que llegue a todas las personas.

Protección de inversión.

El ciclo de vida de los dispositivos y los componentes de la red inmótica debe

ser acorde con los dispositivos del hogar como electrodomésticos y dispositivos electrónicos.

Interoperabilidad

Las diferentes funciones domésticas son compatibles con los estándares de la red inmótica entre distintos fabricantes, procurando que esta tecnología sea independiente del productor.

Aspectos técnicos a tomar en cuenta para la implementación de un sistema domótico.

Hidalgo (2011) manifiesta que para adentrarnos en el mundo de la inmótica, es determinante tener claro los siguientes aspectos técnicos más importantes para implementar un sistema de estos:

Tipo de arquitectura (centralizado o distribuido), la velocidad de transmisión, los medios de transmisión y el tipo de protocolo.

Tipos de Arquitectura de Control

La arquitectura de un sistema inmótico, como la de cualquier sistema de control, especifica el modo en que los diferentes elementos de control del sistema se van a ubicar. Existen dos arquitecturas básicas: la arquitectura centralizada y la distribuida (Silva, 2011).

Arquitectura centralizada.

En este tipo de arquitectura tiene una topología de interconexión tipo estrella. Así, el sistema inmótico posee un elemento de control central que es el encargado de manejar todas las señales de control de los diversos dispositivos y a su vez todos los dispositivos están conectados hacia él, por tanto si este elemento central falla o simplemente deja de funcionar, todo el sistema de control colapsa en su totalidad; generalmente en este tipo de arquitectura el elemento central no tiene un elemento central redundante (Reinisch, Kastner, Neugschwandtner, & Granzer, 2007).

Arquitectura distribuida.

Para esta arquitectura, el sistema de control se sitúa próximo al elemento a controlar dando al sistema inmótico gran flexibilidad, puesto que si uno de los dispositivos no puede ser controlado no significa que otros no. Los factores más influyentes para la utilización de este tipo de arquitectura son los medios de Atrasmisión, la velocidad en las comunicaciones, y el tipo de protocolo por lo tanto estas son algunas características a tener en cuenta si se quiere implementar una arquitectura de esta índole (Xi, 2003).

Medios de transmisión.

En el uso de medios de transmisión es necesaria la definición del sistema, si este se interconectará mediante medios cableados que de acuerdo a las distancias, se deberá tomar en cuenta que la inversión podría ser alta, o bien, lo realizamos inalámbricamente con la ayuda de tecnologías como WIFI, irdA, GSM y otras que han ido apareciendo, la cual es la tendencia hoy en día, ya que sobre este tipo de infraestructura de telecomunicaciones nos permite evitar instalar cableado con sus consecuentes dificultades, sobre todo en ambientes ya hechos que implicaría inclusive romper paredes, además de ahorrarnos costos significativos (Zúñiga, 2005).

Se considera que los principales medios de transmisión son:

Líneas de distribución de energía eléctrica.

También conocidas como Powerline, las líneas usan el cable de alimentación de los aparatos para enviar la señal de control. Esta opción es muy válida para comunicaciones domésticas ya que el costo de implementarla es bajo debido a que se realiza en una instalación existente pero siempre y cuando los requerimientos no sean muy exigentes en cuanto a velocidad de transmisión. Los elementos básicos para transmitir por medios eléctricos son el relé y el

contactor, adicionalmente, hay que tomar en cuenta la función de la unidad de control que es la encargada de gestionar el protocolo, almacenar las órdenes y transmitir las a la red; la interface permite la conexión de los equipos y es el elemento que recibe las órdenes de la unidad de control para ejecutarlas, y finalmente el filtro que evita que las señales puedan dañar la red eléctrica exterior a la casa (Mahmood, Aamir & Anis, 2008). Aunque las líneas de distribución eléctricas aparentan ser la mejor opción para ambientes pequeños como casas u oficinas es importante considerar los inconvenientes que comúnmente se presente para estos casos:

La identificación y reparación de daños con alta complejidad de detección y soporte, el sistema se vuelve complejo de controlar, los dispositivos a acoplar ocupan grandes espacios, la poca fiabilidad en la transmisión de datos, la baja velocidad de transmisión.

Ajustado a la realidad de nuestro país, transmitir por este medio no es fiable del todo ya que en la propia línea de baja tensión comúnmente se presenta problemas de distorsión por picos de tensión o similares que afectarán la confiabilidad de nuestros equipos y de la información (Amaro, Cortesao, Landeck, & Santos, 2011).

Como cada aparato que se quiere controlar esta alimentado, en principio puede parecer el mejor sistema para el control, pero por el contrario la inestabilidad de la señal que alimenta los aparatos, a pesar de los filtros que se les pone para reducirla, hace que se produzcan fallos o falsos positivos: órdenes que da el sistema de forma aleatoria y sin control produciendo una mala calidad en el servicio (Henty, 2001).

Para Ryan (1988) este tipo de sistemas solo se deberían usar para cubrir servicios poco críticos como mediciones o controles

donde los sistemas de cable dedicado o de radiofrecuencia no pueden aplicarse, o en instalaciones donde usar otro tipo sistema dispara el presupuesto y lo hacen inviable.

Par Trenzado.

Este tipo de medio de transmisión se trata de un cable que está formado por varios alambres conductores de material de cobre que tienen la cualidad de transmitir y transportar señales de corriente, e inclusive voz y datos (Akyildiz, Su, Sankarasubramaniam, & Cayirci, 2002).

En la transmisión por par trenzado se utiliza un bus de 2 cables, estos son de uso exclusivo para la información transferida y para la alimentación eléctrica de los dispositivos (28V), con las ventajas de fiabilidad que esto conlleva. Se tiene como referencia que este tipo de medio de transmisión es robusto por la poca sensibilidad al ruido sin embargo, su costo está relacionado al costo del cobre que puede variar de un momento a otro a escala mundial (Pei, Deng, Yang, & Cheng, 2008).

A través de este medio de transmisión los dispositivos se comunicarán con el protocolo escogido para indicar las órdenes que se desea. Esto lo hace través de un cable dedicado (BUS) que permite garantizar la calidad de la señal, por lo que es importante acotar que siempre se recomendará al implementar un sistema inmótico que los servicios críticos, definidos por el cliente o usuario estén bajo este cable dedicado (Wacks, 2002).

Una complicación al utilizar par trenzado, a parte del alto costo en comparación con radiofrecuencia, es pasar el cable dedicado hasta los dispositivos deseados, que en medianas distancias ya no es tan efectivo más aún cuando se pueda volver necesario realizar alguna modificación civil para llegar al punto deseado (Felix & Raglend, 2011).

Medios o conexiones Inalámbricas (Radiofrecuencias).

Este medio de transmisión que trabaja sobre el espectro electromagnético, emplea ondas de radiofrecuencia (RF), que a través de emisores y receptores permite transmitir e interpretar las órdenes entre dispositivos (Chati & Salem, 2006).

Por lo general los dispositivos realizados para trabajar bajo RF tienen la cualidad de poder ser instalados de manera independiente entre ellos es decir, que no necesitan tener total comunicación entre todas para poder ejecutar las tareas requeridas, por lo que los hace idóneos para implementar de una obra nueva o una ya realizada (Jing, Shengwei, Bing & Shilong, 2010).

Otra característica de trabajar en RF es que los dispositivos ofrecidos en el mercado en la actualidad trabajan de emisor y receptor, dando la ventaja de producir redundancia en el sistema y la transmisión, lo que genera garantías de que los mensajes enviados lleguen a su destino (Tejani, Al-Kuwari, & Potdar, 2011).

La introducción de las radiofrecuencias como soporte de transmisión en los ambientes inteligentes, ha venido precedida por la proliferación de los teléfonos inalámbricos (Knight, 2006); este medio de transmisión puede parecer en principio idóneo para el control a distancia de los sistemas inmóticos, dada la gran flexibilidad que supone su uso. Sin embargo, resulta particularmente sensible a las perturbaciones electromagnéticas producidas tanto por los medios de transmisión, como por los equipos domésticos. Debido a la alta sensibilidad a las interferencias y la fácil intervención de las comunicaciones. Además por la dificultad para la integración de las funciones de control y comunicación, en su modalidad de transmisión analógica.

Por medio de la tabla 1 se puede observar un cuadro comparativo de los distintos protocolos o tecnologías para la transmisión de datos inalámbricos tradicionales

Tabla 1.

Comparativo de medios de transmisión inalámbricos antiguos

Tecnología	Tasa de datos (Mb/s)	Potencia (mW)	Alcance (m)	Frecuencia (Ghz)
Bluetooth	1-2	2.5	10	2.4
IrDA	4	100	1	infrarrojo
UWB	100-500	1	10	3.1-10.6
IEEE 802.11a	54	40-800	20	5
IEEE 802.11b	11	200	100	2.4
IEEE 802.11g	54	65	50	2.4

Por medio de la Tabla 2 se observa la comparación de los protocolos o tecnología para la transmisión de datos de

manera inalámbrica que han ido apareciendo y evolucionando en los últimos años.

Tabla 2.

Comparativo de medios de transmisión inalámbricos actuales

Tecnología	Red	Topología	Consumo Energético	Velocidad Mbps	Distancia mts.	Aplicaciones	Costo
Nfc	PAN	P2P	Muy bajo	0.4	0.1	trazabilidad	Bajo
Rfid	PAN	P2P	Muy bajo	0.4	3	Trazabilidad	Bajo
Bluetooth	PAN	P2P	Bajo	0.7	0.3	dispositivos	Bajo
Wifi	LAN	Estrella	Medio	11-100	43922	internet	Medio
2.5-3.5g	MAN	Mesh-estrella	alto	1.8-7.2	Celular	internet	Alto
Wimax	WAN	Mesh	alto	11-100	50000	internet	alto

Modelo General de Capas para comunicaciones inalámbricas.

Los sistemas de comunicación inalámbricos son complejos y consisten de una enorme cantidad de funciones. Para estructurar todas esas funciones de comunicación, se recomienda agrupar estas en una pila de capas o pila de protocolos. La idea de usar este método es que una capa use los servicios de la capa inferior y a la vez proporcione una función a la capa superior. De esta forma cada capa tiene sus funciones bien definidas, y gracias a esto al presentarse algún error en una implementación se puede identificar el problema rápidamente y reemplazar o corregir de mejor forma lo suscitado. Para redes de comunicación en implementaciones de inmótica la estructura

de cuatro capas es muy útil (Paetz, 2015).

Capa de Radio.

Esta capa define el camino por el cual la señal intercambiará la información entre un transmisor y un receptor. Esto incluye problemas de frecuencia, codificación, acceso a hardware. El servicio de la capa de radio es el encargado de proveer y transportar los diferentes bits y bytes desde un dispositivo a otro (Henty, 2001).

Capa de Red.

Esta capa es la encargada de asegurar que los datos transmitidos son seguros y fiables desde la fuente hacia el destino. En una red de radio inalámbrica se podría requerir el uso de ciertos dispositivos como repetidores inalámbricos. La función de esta

capa incluye la organización de la red (quién entra, quién sale), direccionamiento, ruteo, encriptación, retransmisión de los datos y los datos como tal (Silva, 2011).

Capa de Aplicación.

La capa de aplicación define el significado de los datos transmitidos por la capa de red de lo que previamente fue recibido por la capa de radio. La capa de red solo conoce bytes pero la capa de aplicación define el significado de los bytes y cómo ellos forman un comando. La capa de aplicación define el formato de la medición y los valores medidos, y los diferentes comandos usados para realizar ciertas acciones (Zhenzhou, 2004).

Capa de Interfaz de Usuario.

La capa de interfaz de usuario actúa como interfaz para el usuario final. Esto quiere decir que esta capa delimita como se mostrará la información, tal y como el estado de la red, el estado de la información y la información como tal, que luego son presentados en diferentes interfaces de usuario como teléfonos móviles, tablets o pantallas táctiles de pared. Esta capa le permite definir al usuario cosas como el significado de los íconos, el parpadeo de luces LED, configuración y comportamiento de equipos y dispositivos, etc. (Torreblanca, 2015).

La estructura de las cuatro capas se muestra en la Figura 1.

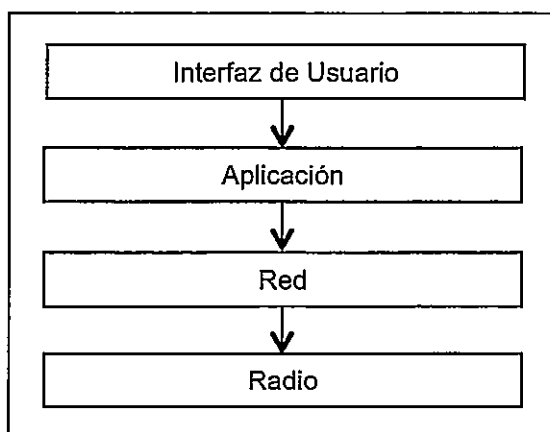


Figura 1. Estructura de modelos de capas para comunicaciones inalámbricas.

Metodología

El presente artículo está orientado a realizar una investigación enmarcada como un proyecto factible, el cual se fundamenta en la investigación bibliográfica exploratoria mediante un enfoque comparativo-cualitativo.

Esta investigación bibliográfica exploratoria estudia y analiza la documentación (textos, ensayos, revistas, internet) existentes del tema; pues de acuerdo con Withanage (2014) en la actualidad existen pocas maneras de evaluar las tecnologías para la implementación de sistemas inmóticos, debido a estas razones es necesario considerar algunos requerimientos antes de realizar el análisis correspondiente para determinar cuál es el sistema (protocolos, medios de transmisión, etc.) que conviene al contexto del proyecto (Baena, 1986). Lo importante de este tipo de investigación es la originalidad que se debe reflejar en el enfoque crítico, conceptualizado, reflexiones, conclusiones y recomendaciones en el pensamientos de los autores.

Análisis de Resultados

Para determinar las características de la red y la tecnología a aplicarse, fue fundamental escoger el estándar domótico a adoptar. Para esto se analizaron las diferentes alternativas y se consideró factores tales como el costo y funcionalidad de los dispositivos, interoperabilidad, facilidad de implementación así como la difusión que tenga la tecnología al momento, la posibilidad de interactuar con la red de datos a partir del protocolo IP, en otras palabras debe ser compatible con el modelo general de capas de comunicaciones inalámbricas, así como el tipo de equipos y aplicaciones que se van a instalar. Como consecuencia de este análisis los resultados en este método de comparación permitieron conocer el estándar más conveniente para las aplicaciones domóticas.

En la Tabla 3 se observa las diferencias entre los protocolos acuerdo a las principales características que debe cumplir un sistema inmótico según lo descrito en el marco teórico.

Tabla 3.
Comparativo de protocolos de comunicación para inmótica

Item	Zigbee	En ocean	Dect ule	Z-Wave
Fiabilidad de de la comunicación	Generalmente si	No	Si	Si
Seguridad de la comunicación	Si	No	Si	Si
Baja emisión de radio	Si	Si	Si	Si
Soporte técnico local	Si	No	No	No
Uso sencillo	No	Si	Se desconoce	Si
Protección de la inversión	No	Si	No	Si
Interoperable	No en la capa de aplicación	Si	Se desconoce	Si

En las Tablas 4 y 5 se puede observar las diferencias entre las tecnologías en puntos específicos.

Tabla 4.
Comparativa de Protocolos: Z-wave y Zigbee

	Protocolos	
	Z-wave	Zigbee
Fiabilidad	✓	✓
Seguridad	✓	✓
Emisión baja frecuencia	✓	✓
Simpleza	✓	✗
Coste	Bajo	Medio
Protección de inversión	✓	✗
Interporalidad	✓	✓
Tasa de transferencia	9.6kbit/s	250kbit/s
Alcance	30 a 50 metros	10 a 70 metros
Conexión inalámbrica	✓	✓
Protocolo	Propietario (alianza)	Abierto
Ahorro de energía	✓	✓
Topología	Tree, mesh	Star, mesh y tree
Cantidad de nodos	232 dispositivos	Hasta 65.000 nodos en una red.
Modulación	Codificación de canal gfsk manchester, narrowband	Bpsk, dsss, oqpsk
Latencia	< a 10 segundos en redes mesh	< a 15 segundos
Encriptacion	Wep, wpa	128-bit aes de cifrado – provee conexiones seguras entre dispositivos.

Tabla 5.
Comparativa de Protocolos: Dect ule y EnOcean

	Protocolos	
	Dect ule	EnOcean
Fiabilidad	✓	✗
Seguridad	✓	✗
Emisión baja frecuencia	✗	✓
Simpleza	✗	✓
Coste	Alto	Medio
Protección de inversión	Parcial	✓
Interporalidad	✗	✓
Tasa de transferencia	300-500 kbit/s	125 kbit/s
Alcance	100 a 300 metros	300 metros
Conexión inalámbrica	✓	✓
Protocolo	Abierto	Abierto
Ahorro de energía	✓	✓
Topología	Mesh	No existen datos
Cantidad de nodos	Hasta 400	No existen datos
Modulación	No existen datos	Ask
Latencia	< a 15 segundos	No existen datos
Encriptacion	128 bits aes	No existen datos

Sobre el soporte técnico, en el caso de los protocolos Dect Ule y EnOcean, no se encontraron casos de éxitos en la implementación de esta tecnología en el país, esto debido a que no existen empresas que tengan la disponibilidad de equipos localmente y que cuenten con profesionales calificados para brindar el soporte a este tipo de tecnología.

En el caso del protocolo Zigbee, al ser un estándar abierto, existen en el mercado local empresas que importan tarjetas arduino que trabajan con esta tecnología, para así realizar nuevos desarrollos y sus propias programaciones de automatización acorde a las necesidades del cliente, lo que conlleva a que la implementación tenga un costo

medio-alto y no sea fácil para personas con conocimiento básicos sobre tecnología. No existen representantes oficiales de esta tecnología en el país y el soporte lo dan las empresas que elaboraron el desarrollo por costos adicionales.

En el caso del protocolo Z-wave, tiene varias representaciones en el país, lo que brinda el soporte ante cualquier novedad que se pueda presentar, esto con personal certificado de las marcas más importantes que trabajan con este protocolo, tales como Honeywell, Yale, General Electric, entre otras. La disponibilidad de los equipos está garantizada en caso de necesitarse algún reemplazo por daños de algún componente. Zwave es un protocolo muy amigable y de

fácil implementación por lo que puede ser instalado por personas con conocimientos básicos tecnológicos y los equipos tienen precios más asequibles que los de Zigbee.

Casos de éxito con el protocolo Z-wave.

La implementación del protocolo Z-wave ha tenido gran aceptación para la implementación de sistemas inmóticos, entre algunos casos de estudio se pueden citar los siguientes:

La compañía iBilinds, implemento un controlador en dispositivos móviles a través del protocolo Z-Wave, para garantizar la interoperabilidad que le permite a su sistema intercambiar información entre dispositivos. iBilinds integro su solución con la automatización del hogar lo que resultó la solución ganadora en el concurso Z-Wave Labs realizada en octubre del 2015, actualmente el uso del Z-wave les ha permitido planear en convertirse en fabricantes de productos de domótica mediante el uso del Z-wave (iBilinds, 2015).

La compañía BeONHome, se enfoca en la protección del hogar, creando una solución que hace que la seguridad esté disponible y accesible para todos los miembros de una familia en cualquier momento, a través de un módulo inteligente que se encuentra escondido dentro de las bombillas. A la presencia de sonido la bombilla se enciende en la secuencia donde se presente el sonido, el comportamiento de los interruptores es el mismo y las nuevas características inteligentes son operadas con una aplicación móvil y mediante el uso del protocolo Z-wave que ha permitido la interoperabilidad de este sistema. Al ser compatible la solución de BeONHome con Z-Wave se determinó que los recursos de la Alianza en el espacio de seguridad harían una gran diferencia en su negocio, además de ser la primera compañía en ofrecer un Z-Wave basada sistema de seguridad preventiva (BeONhome, 2015).

Según Erchak (2016), la integración de la tecnología Z-Wave en el sistema de protección del hogar es el plan de productos de BeONhome, ya que el producto fue diseñado para evolucionar a través de nuevas características desbloqueables y nuevos tipos de módulos inteligentes.

Dentro del campo de automatización de hogares con tecnología inmótica se encuentra el producto VeraEdge, un producto diseñado por Digital Home System es compatible con Z-wave, permite controlar los productos de un hogar inteligente desde una aplicación móvil o un ordenador, permite también programar eventos para activar sensores de movimientos o Luz, el control de estos sensores se realiza a través del controlador Central VeraeDge que utiliza el protocolo Z-wave (Digital Home Sytems, 2016).

Conclusiones

Al iniciar este trabajo se realizó una investigación bibliográfica para comparar los protocolos más conocidos al implementar un sistema Inmótico que se ajuste al área y necesidades de un decanato de la facultad de sistemas, telecomunicaciones y electrónica. Es así como se determinó que el protocolo que más se ajusta fue el Z-Wave, debido al bajo costo de implementación por ser inalámbrico, bajo consumo energético de sus equipos, y por trabajar en baja frecuencia que no genera interferencia con la red inalámbrica del campus universitario.

Con el protocolo escogido como línea base para realizar una implementación Inmótica, se decidió utilizar como cerebro central del sistema un dispositivo que permite la integración de hasta 232 dispositivos Z-Wave de las diferentes marcas adheridas a la Z-wave Alliance y los demás dispositivos con los que se controla puertas, persianas, luz, video, temperatura, etc. Por consiguiente al instalar el sistema completo, se pudo comprobar y concluir con respecto a los equipos que se integraron al cerebro central, que el protocolo Z-Wave es el más

viable ya que consume menos recursos y de esta manera se evitan mantenimientos constantes.

En la capa de interfaz de usuario, el cerebro central cuenta con una aplicación web para poder manipular la operación de los dispositivos sincronizados, esto siempre y cuando la PC o dispositivo móvil se encuentre dentro del mismo rango de red de área local que el cerebro central y para realizarlo de manera remota fuera de la LAN se puede hacer uso de una VPN.

En resumen, Z-wave, debido a que es escalable, interoperable, presenta bajo porcentaje de caducidad tecnológica, los costes son los más bajos, la disponibilidad en el mercado local está garantizada, el soporte frente a eventuales problemas está disponible en horarios laborales y es fácil de implementar. En términos de funcionalidad, ayuda en: ahorro y eficiencia energética con el uso de termostatos; control de persianas que permiten mejor iluminación que se refleja en ahorros muy significativos; seguridad de bienes y personas haciendo uso de alarmas técnicas y alarmas de intrusión con integración de video-vigilancia con cámaras IP.

Recomendaciones

Este sistema puede ser adaptado a las demás áreas cerradas como decanatos, sala de profesores, sala de reuniones, etc., debido a que los dispositivos operan de manera inalámbrica, proporcionando así flexibilidad con respecto a su implementación, instalación y ubicación. A su vez, se puede utilizar de manera provechosa la red inalámbrica de la universidad para tener control del sistema desde cualquier lugar del campus.

Como recomendación para la implementación de una conexión VPN es necesario tener en cuenta que los puertos 1723 y 47 deben estar abiertos para permitir el tráfico y la conexión a los equipos por parte del proveedor de servicio de internet, así como no tener restringidos los mismos en el firewall por temas de seguridad perimetral.

Referencias

- Aguirre, S., Mogollón, E. (2011). Diseño e implementación del sistema inmótico para el control de iluminación en el aeropuerto de Latacunga basado en la tecnología Lonworks. (Tesis de Pregrado). Escuela Politécnica del Ejército. Sangolquí - Ecuador.
- Ahmad, S. (2011). Smart metering and home automation solutions for the next decade. 200-204.
- Akyildiz, I. F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y., & Cayirci, E. (2002). Wireless sensor networks: a survey. *Computer networks*, 38, 393-422.
- Amaro, P., Cortesao, R., Landeck, J., & Santos, P. (2011). Implementing an Advanced Meter Reading infrastructure using a Z-Wave compliant Wireless Sensor Network. *Proceedings of the 2011 3rd International Youth Conference on Energetics (IYCE)* (págs. 1-6). Leiria: IEEE.
- Anónimo. (2015). Z-Wave enabled products remote controllable. BNP Media, 104.
- Baena, P. (1986). Instrumentos de la Investigación. Editoriales Mexicanos unidos. México.
- Bolzani, C. (2000). Desmitificando a Domótica. Sao Paulo.
- Bticino. (2012). What is domotics?. 2015, de BTICINO Sitio web: <http://www.bticino.com/>.
- Chati, H. D., & Salem, F. M. (2006). Sensing and feedback stimulation via the wireless ZigBee protocol. In *Proceedings of the 28th Annual International Conference of the IEEE* (pp. 6237-6240). IEEE.

- Danhke, L. B. (1989). *Investigación y comunicación*. Mexico: McGraw-Hill.
- De Russis, L. (2011). Domotics, an open approach. 2015, de Slide Sitio web: <http://www.slideshare.net/luigidr/domotics-an-open-approach>.
- Delgado, L., Moreno, W., Veliz, N., & Leyton, E. (2007). *Diseño para el control de un hogar inteligente mediante el uso de un sistema domotico x-10 por medio de la red electrica*. Guayaquil, Ecuador.
- Felix, C., & Raglend, I. J. (2011). Home automation using GSM. In *Proceedings of the 2011 International Conference on Signal Processing, Communication, Computing and Networking Technologies* (pp. 15-19). IEEE.
- Gomez, C., & Paradells, J. (2010). Wireless home automation networks: A survey of architectures and technologies. *Communications Magazine, IEEE*, 92-101.
- Henty, B. E. (2001). A Brief Tutorial on the PHY and MAC layers of the IEEE 802.11 b Standard. *White paper, Intersil*.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2003). *Metodología de la investigación*. 3ra ed. México, DF: Editorial Interamericana Mc Graw Hill.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la Investigación*. 4ta. Edición. Mexico DF: Editorial Interamericana Mc Graw Hill.
- Hernández, S. P. (2010). Consideraciones para la aplicación de la domótica desde la concepción del diseño arquitectónico. *Revista Arquitectura*, 6, 63-75.
- Hidalgo, M. E. (2011). *Diseño del sistema de iluminación automatizado para una oficina en un edificio inteligente, basado en tecnología inalámbrica Zigbee*. (Tesis de Pregrado). Pontificia Universidad Católica de Perú. Perú.
- Junestrada, S., Assare, X., & Vásquez, D. (2005). *Domotica y hogar digital*. Editorial Paraninfo, Madrid.
- Knight, M. (2006). Wireless security - How safe is Z-wave? *Computing & Control Engineering Journal*, 17(6), 18-23.
- Libertador, U. P. (2006). *Manual de Trabajos de grado de especialización y maestría y tesis Doctorales*. Venezuela: Fedupel.
- Mahmood, A., Aamir, M., & Anis, M. I. (2008, October). Design and implementation of AMR smart grid system. In *Proceedings of the Electric Power Conference, EPEC 2008*. (pp. 1-6). IEEE.
- Martínez, M. (1989). *Comportamiento humano: nuevos métodos de investigación*. Trillas. México.
- Muñoz J., Fonz J., Pelachano V. & Pastor O. (2007). Hacia el modelado conceptual de sistemas domóticos, recuperado el 5 de mayo del 2015, de Universidad Politecnica de Valencia: <http://pegasus.javeriana.edu.co/CIS-0810SD03/Hacia%20el%20Modelado%20Conceptual%20de%20Sistemas%20Domoticos.pdf>.
- Paetz, C. (2013). *Z-Wave Basics: Remote Control in Smart Homes*. CreateSpace Independent Publishing Platform. New Jersey - Estados Unidos.

- Pei, Z., Deng, Z., Yang, B., & Cheng, X. (2008). Application-oriented wireless sensor network communication protocols and hardware platforms: A survey. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Industrial Technology, ICIT 2008*. (pp. 1-6). IEEE.
- Reinisch, C., Kastner, W., Neugschwandtner, G., & Granzer, W. (2007). Wireless technologies in home and building automation. In *Proceedings of the 5th IEEE International Conference on Industrial Informatics*. (Vol. 1, pp. 93-98). IEEE.
- Ryan, J. L. (1988). Home automation. *IEE Review*, 34(9), 355-358.
- Sandetel. (2011). Recuperado el 7 de febrero del 2015, de: http://www.junta-deandalucia.es/export/drupaljda/Las_TIC_aplicadas_edificacion_inteligente.pdf.
- Sarasúa, J. C. (2011). Dómotica, un factor importante para la arquitectura sostenible. Modulo, 5.
- Silva, L. C. (2011). iHotel – An Hotel Room Controller Using the Z-Wave Protocol. Universidade do Minho.
- Tejani, D., Al-Kuwari, A. M. A., & Potdar, V. (2011). Energy conservation in a smart home. In *Proceedings of the 5th IEEE International Conference on Digital Ecosystems and Technologies Conference (DEST)* (pp. 241-246). IEEE.
- Torreblanca, J.M. (2015). *Domótica para ingenieros*. Ediciones Paraninfo. España.
- Wacks, K. (2002). Home systems standards: achievements and challenges. *Communications Magazine, IEEE*, 40, 152-159.
- Withanage, C., Ashok, R., Chau, Y., & Otto, K. (Mayo, 2014). A comparison of the popular home automation technologies. *Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT Asia)*, 2014 IEEE, 600-605. doi: 10.1109/ISGT-Asia.2014.6873860.
- Xi, C. (2003). The Design and Implement of Intelligent Home Control System. *International Electronic Elements*, 11, 001.
- Zhenzhou, L. (2004). ZigBee, a Global Standard towards Low-rate Applications. *Modern Science & Technology of Telecommunications*, 12, 2-5.
- Zúñiga, V. (2005). Redes de transmisión de datos. Tesis. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Hidalgo. México.

Mónica Flores Marín

Magister en Administración de Empresas. Docente de la Facultad de Sistemas, Telecomunicaciones y Electrónica, Universidad Espíritu Santo – Ecuador.

E-mail: mfloresm@uees.edu.ec

Gabriel Cantos Medina

Ingeniero en Telecomunicaciones, Universidad Espíritu Santo - Ecuador.

E-mail: gcantosm@gmail.com

Jorge Monard Grijlava

Ingeniero en Telecomunicaciones, Universidad Espíritu Santo - Ecuador.

E-mail: jorgemonard@gmail.com