



Red inalámbrica de sensores de presencia

José Ignacio Vega, Gerardo Salgado, Mario A. Lagos, Víctor N. Tapia, Francisco J. Sánchez

vlji@correo.azc.uam.mx, gsg@correo.azc.uam.mx, mlagos@correo.azc.uam.mx,
vtapia@correo.azc.uam.mx, fjsr@correo.azc.uam.mx

Área de Sistemas Digitales, Dpto. de Electrónica, Universidad Autónoma Metropolitana-
Azcapotzalco

Av. San Pablo 180, Col. Reynosa Tamps. C.P. 02200, México D.F., México

RESUMEN

En este trabajo se presenta el diseño y construcción de una red monitoreo remoto de sensores de presencia localizados en distintos puntos de un centro de datos. La ubicación del sensor activado es mostrada en una interfase de usuario en una computadora personal.

PALABRAS CLAVE: ZigBee, Xbee, centro de datos, sensor PIR.

1 INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años la creciente demanda de poder de cómputo y capacidad de almacenamiento por parte de las aplicaciones cada vez más orientadas a la multimedia, han originado que muchas empresas e instituciones hayan creado grandes centros de datos o bien han modernizado en tecnología los ya existentes. Han aparecido también empresas que proporcionan servicios propios de los centros de datos, equipados con las últimas tecnologías de cómputo, almacenamiento, seguridad, telecomunicaciones, redes de datos e infraestructura de alimentación eléctrica y enfriamiento. De manera paralela ha surgido la necesidad de automatizar los procesos usados para implantar tales servicios, así como medir su rendimiento para hacerlos más eficientes y proporcionar servicios seguros y confiables a sus clientes y usuarios. Uno de los temas importantes es el acceso controlado y seguridad en ciertas áreas del centro de datos. Por otra parte, las tecnologías inalámbricas han hecho que la forma de usar de muchos dispositivos sea más fácil, segura, cómoda y rápida. Actualmente existen tres principales tecnologías de transmisión de datos: WiFi, Bluetooth y ZigBee cuyas características principales se indican en la Tabla 1. La tecnología WiFi es el estándar usado en el protocolo de comunicaciones en redes de computadoras WLAN y consume mucha potencia en las aplicaciones de monitoreo remoto como la realizada en el trabajo aquí presentado [1][2]. La tecnología Bluetooth es mejor que WiFi en lo referente a consumo de energía y distancia alcanzada, sacrificando velocidad de transmisión de datos y es limitada en términos de la cantidad de nodos que soporta [3]. Finalmente, la tecnología ZigBee (IEEE 802.15.4, grupo de trabajo 4 del IEEE 802.15), a pesar de ser de la misma familia de Bluetooth (802.15 WPAN-Personal Area Network), es de bajo consumo de energía, relativamente sencilla de usar, alcanza distancias grandes, soporta una gran cantidad de dispositivos conectados en red, pero no alcanza grandes velocidades de transmisión. Además de leer datos desde dispositivos remotos, con este protocolo se les puede enviar también comandos a estos dispositivos para la realización de aplicaciones de automatización y monitoreo que incluyan implantar redes de gran tamaño de sensores ZigBee [4][5]. Debido a que ZigBee usa un protocolo seguro de enrutamiento de paquetes, se pueden implantar técnicas de enrutamiento de tráfico para mejorar el rendimiento de las redes ZigBee [6][7], así como usar algoritmos de encriptación y autenticación. Adicionando a los dispositivos ZigBee un microprocesador o microcontrolador, se

pueden llevar a cabo distintas aplicaciones donde la información leída desde ellos sea enviada a una computadora central de un operador para ser procesada, almacenada y desplegada, o bien se puede usar un gateway que transmita esa información a la computadora central [8][9][10].

	WiFi IEEE 802.11	Bluetooth IEEE 802.15.1	ZigBee IEEE 802.15.4
Aplicaciones	Internet, redes empresariales	Periféricos, reemplazo de cables	Sensores, automatización
Distancia	50 m	10 a 100 m	650 a 100 m
Velocidad	54 Mbps, 540 Mbps	750 Kbps	250 Kbps
Nodos en la red	32	7	65,000
Tiempo de batería	Horas	Días	Años
Uso	Alto	Medio/alto	Bajo
Frecuencia	2.4 GHz., 5 GHz.	2.4 GHz.	900 MHz., 2.4 GHz.
Seguridad	Excelente	Buena	Muy buena

Tabla 1. Tecnologías de comunicación inalámbrica

En cuanto a los sensores de movimiento y presencia, existen de varios tipos y tecnologías, uno de ellos es el sensor de movimiento pasivo infrarrojo también conocido como sensor PIR (Passive Infra Red) como el mostrado en la Figura 1. Es un dispositivo que mide cambios en los niveles de radiación infrarroja emitida por un objeto localizado a una distancia máxima de 5 metros como se indica en la Figura 2. Detecta movimiento usando el promedio del calor irradiado en el tiempo. Como respuesta al cambio, el sensor cambia el nivel lógico de su línea de salida (0-1). Es de bajo costo y tamaño y se utiliza en sistemas de alarmas, iluminación y robótica. Sus características principales son las siguientes: voltaje de alimentación de 5 VDC; distancia máxima de medida de 5 metros; voltaje de salida con niveles TTL y tiempo de calibración pequeño. El sensor PIR tiene 3 terminales, 2 para alimentación y una de salida (detección de movimiento). La conexión a un dispositivo digital se realiza por medio de esta última terminal, está fabricado de un material cristalino que genera carga eléctrica cuando se expone a la radiación infrarroja y contiene filtros especiales llamados lentes Fresnel que enfocan las señales infrarrojas sobre un elemento sensor. Los cambios en la cantidad de radiación producen cambios de voltaje que son medidos por un amplificador integrado al sensor.

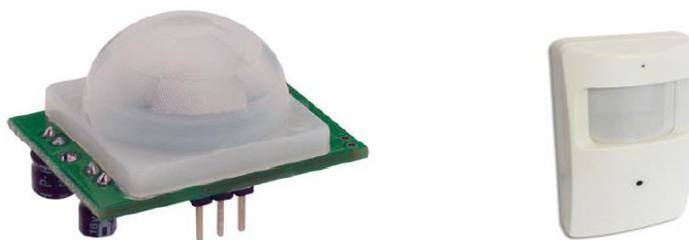


Figura 1. Detector de movimiento PIR

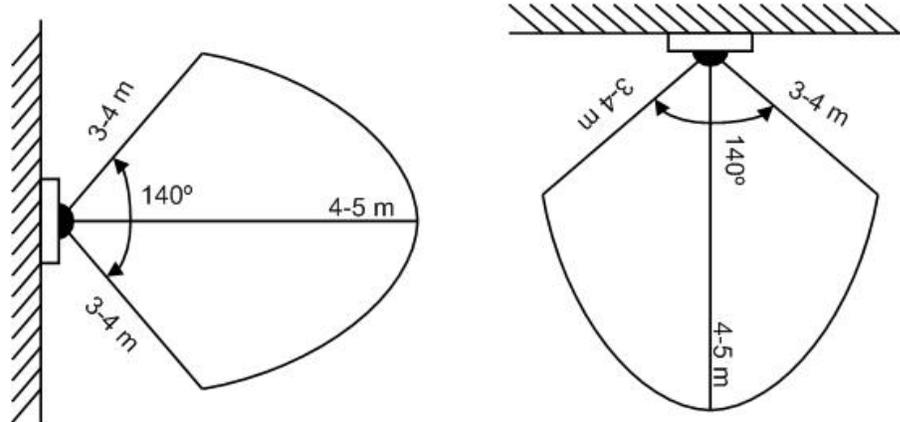


Figura 2. Alcance del sensor PIR

Cuando las señales infrarrojas del ambiente donde está ubicado el sensor cambian, el amplificador activa su salida para indicar movimiento. La salida permanece activa durante unos segundos lo que permite a un dispositivo digital conectado a su salida determinar que existe movimiento. El espectro electromagnético de la radiación infrarroja tiene una longitud de onda mas grande que la luz visible por lo que no puede ser vista pero si puede ser detectada y los objetos que generan calor generan radiación infrarroja. En la Figura 3 se muestran los valores de longitud de onda para los diferentes tipos de luz incluyendo la infrarroja. El sensor PIR esta ajustado desde su fabricación para la detección del cuerpo humano, funciona detectando cambios en el promedio de captura de calor irradiado cerca al infrarrojo (5 metros radio) y si la persona permanece quieta frente al sensor no lo detecta más. En teoría, si un objeto que no emite calor se mueve, el sensor no lo detecta. Al alimentar el sensor, el dispositivo al cual se conecta debe esperar un tiempo de 10 a 60 segundos para que el sensor realice una captura del lugar sin personas dentro de su rango.

			Longitud de onda (μm)	Longitud de onda (A°)
Luz ultravioleta (UV)			< 0.4	< 4000
Luz visible	Violeta		0.46	4600
	Azul		0.5	5000
	Verde		0.56	5600
	Amarillo		0.59	5900
	Naranja		0.61	6100
	Rojo		0.66	6600
Luz infrarroja (IR)			> 0.7	> 7000

Figura 3. Longitud de onda de los diferentes tipos de luz

Este tiempo de espera le permite al sensor PIR adaptarse a las condiciones propias de operación del ambiente donde trabajará. Durante esta acción, el sensor reconoce el estado de reposo del ambiente cuando no hay movimiento alguno a su alrededor.



2 METODO USADO

La metodología usada en el diseño del trabajo aquí presentado se dividió en tres módulos hardware/software: el primero de ellos es el módulo sensor, el cual consiste de un sensor del tipo PIR y un circuito RF XBee Serie 2, el cual envía a un módulo base su posición e identificador (número de serie) cuando el sensor PIR ha detectado movimiento alguno. El segundo es el módulo base, el cual se contiene también un circuito RF XBee Serie 2 y una interfase de conexión USB que le permite comunicarse con la computadora personal. El circuito XBee Serie 2 es un dispositivo compatible con el protocolo ZigBee 802.15.2, cuenta con antena integrada que puede transmitir información inalámbrica a una distancia máxima de 300 pies en interiores, trabaja a una frecuencia de 2.4 GHz. y usa los protocolos de red y ruteo del estándar ZigBee. Se alimenta con una fuente de voltaje de 3.3 V y puede configurarse para trabajar en una red de malla, lo que le permite extender su rango de transmisión usando ruteadores. El tercer módulo es la interfase de usuario residente en la computadora personal.

El circuito XBee Serie 2 se puede configurar en uno de tres modos de operación según su función en la red: modo coordinador, modo ruteador o modo dispositivo terminal (end device) y en uno de dos modos para transmitir información: modo transparente y modo API. Una red ZigBee debe contar al menos con un nodo coordinador y un nodo ruteador. En el trabajo aquí presentado, se conformó una red de monitoreo remoto de sensores con dispositivos ZigBee con un nodo coordinador y tres nodos ruteadores. La manera como fue configurada la red y cada uno de los elementos se describe a continuación.

2.1 El módulo sensor

En cada uno de estos módulos se conectó el sensor PIR a una línea del circuito XBee Serie 2 configurada como entrada digital que se muestrea 100 veces por segundo. El circuito XBee se configuró en modo transparente y como ruteador. En el modo transparente o AT, el circuito XBee funciona como una línea serie, de manera que la información que recibe por su entrada digital la transmite por su antena hacia el módulo base. El circuito XBee envía también al módulo base su número de serie, lo cual permite al software de la interfase de usuario de la computadora personal determinar la posición del sensor activado. En la Figura 4 se indican los módulos que integran la red de sensores de presencia. Adicionalmente, configurado como ruteador, un circuito XBee Serie 2 retransmite en toda la red los paquetes de información que recibe de otro nodo XBee para extender el alcance de la misma, es decir, actúan como lo indica el nombre, como ruteadores o intermediarios de la red

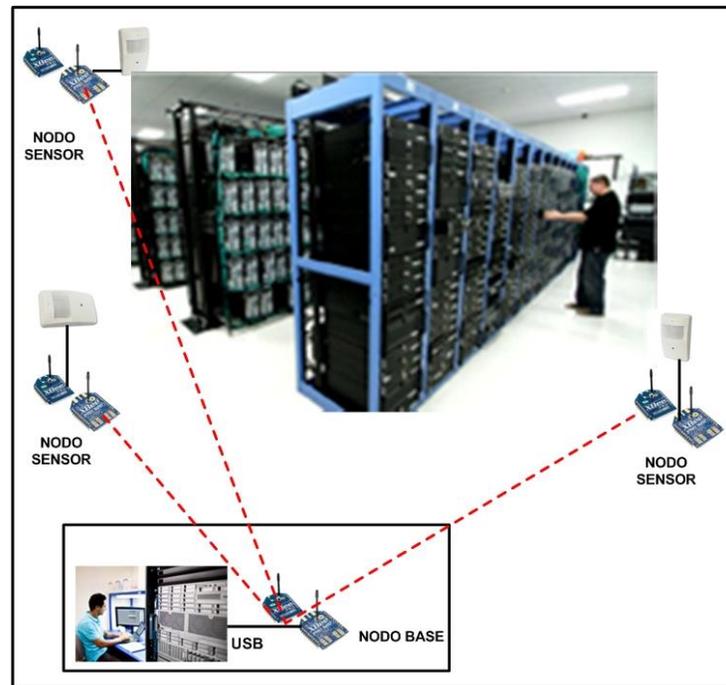


Figura 4. Módulos que componen a la red de sensores de movimiento

2.2 El módulo base

El circuito XBee Serie 2 usado en el módulo base se configuró en modo API y como coordinador. En el modo API (Application Programming Interface), el circuito XBee recibe y transmite información usando tramas con un formato establecido. En el campo de datos de la trama puede enviarse información, de sensores por ejemplo, o comandos para que los nodos de la red realicen ciertas actividades. Es en este modo en el que realmente el circuito XBee explota las cualidades del protocolo ZigBee aprovechando todas sus funciones y permitiendo al diseñador implantar redes inalámbricas inteligentes. En una red de dispositivos ZigBee el nodo coordinador es el más importante y poderoso, ya que controla la actividad al interior de la red e interactúa con el exterior de la misma. Los nodos restantes de la red, los ruteadores en este trabajo, le reportan al coordinador. Para configurar un circuito XBee Serie 2 en modo transparente o API y para operar como coordinador, ruteador o dispositivo terminal, es necesario cargarle el firmware correspondiente. No se puede conmutar entre modo transparente y API empleando el mismo firmware, el cual también es específico para que un nodo trabaje como coordinador, ruteador o dispositivo final. Esta configuración se lleva a cabo usando el software X CTU proporcionado por el fabricante. Este software permite conectar un circuito XBee Serie 2, vía un puerto USB, a una computadora personal y enviarle una serie de comandos para inicializarlo. El módulo base recibe continuamente información de los módulos sensores que indican si su sensor PIR ha sido activado. De la misma forma, el módulo base entrega esta misma información, usando tramas en formato API, a la computadora personal.



2.3 La interface de usuario

En la computadora personal se realizó la programación necesaria, en lenguaje Visual Basic, para implantar la interfase de usuario. La programación de esta interfase lleva cabo la comunicación con el nodo base conectado a un puerto USB. La computadora personal recibe continuamente tramas API del módulo base que contienen el identificador de cada circuito XBee Serie 2 y el estado de su sensor asociado. Esta interfase muestra al usuario un mapa de localización y estado de los diferentes módulos sensores en el centro de datos.

3 RESULTADOS OBTENIDOS

En la implantación de este trabajo se realizaron tres módulos sensores, localizados a diferentes distancias del modulo base. La distancia máxima a la que se pudo ubicar el modulo sensor más lejano del modulo base y computadora personal fue a 90 metros con línea de vista sin tener problemas de comunicación, una distancia un poco menor a la máxima especificada por el fabricante del circuito XBee Serie 2 y de 40 metros sin línea de vista. La transmisión inalámbrica de información se realizó a una velocidad aproximada de 250 Kbps., tal como lo especifica el fabricante. Las pruebas de funcionalidad consistieron básicamente en activar uno o los tres sensores.

4 CONCLUSIONES

Uno de los siguientes objetivos a corto plazo es usar la red construida empleando sensores de humedad y temperatura, ya que son dos de las variables más medidas en prácticamente cualquier ambiente, no solo en centros de datos. Por otra parte, tomando en cuenta que en trabajos previos, los autores de este trabajo usaron la tecnología ZigBee con otro tipo de sensores (nivel, presión y ultrasónicos) [11][12][13], se concluyó que los sensores PIR son más confiables, económicos y flexibles que otros de su tipo. Además, se tiene planeado también adicionarle a cada módulo sensor una cámara de video que se active cuando detecte movimiento, donde ahora el reto será transmitir la señal de video al nodo base para poder mostrarla en la computadora personal y aún más, otro reto es adicionarle al sistema actual un circuito Xbee Gateway que pueda enviar la información a la computadora personal localizada en cualquier punto de la Internet.

REFERENCIAS

- [1] Gal Z., Balla T., Karsai A. On the WiFi interference analysis based on sensor network measurements. IEEE 11th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics. September 26-28, 2013, Subotica, Serbia.
- [2] Yantao L., Ge P., Xin Q. X. IEEE 7th International Conference on Towards Energy Optimization Using Joint Data Rate Adaptation for BSN and WiFi Networks. Networking, Architecture and Storage (NAS). Page(s): 235-244. 2012.
- [3] McDermott-Wells P. What is Bluetooth?. IEEE Potentials, 2005. Dec. 2004-Jan. 2005. Volume: 23, Issue: 5. Page(s): 33-35.



- [4] Li J., Zhu X., Tang N. Study on ZigBee network architecture and routing algorithm. 2010 2nd International Conference on (Volume:2) Signal Processing Systems (ICSPS). 5-7 July 2010. Page(s): V2-389-V2-393 E-ISBN: 978-1-4244-6893-5 Print ISBN: 978-1-4244-6892-8.
- [5] Chen C., Lin H., Huang Y. Power management system based on ZigBee. 2012 International Conference on Security and Identification (ASID). 24-26 Aug. 2012. Page(s): 1–5. ISSN: 2163-5048 E-ISBN: 978-1-4673-2143-3 Print ISBN: 978-1-4673-2144-0.
- [6] Hirakata Y., Nakamura A., Ohno K. Navigation system using ZigBee wireless sensor network for parking. 2012 12th International Conference on ITS Telecommunications (ITST). Page(s): 605-609.
- [7] Shahraki Kia A. Zigbee Wireless Mesh Network for Building Automation and Control: Monitoring and control the real time temperature, power, intruder security using zigbee technology. LAP LAMBERT Academic Publishing. USA. ISBN-10: 3659244929. ISBN-13: 978-3659244926. 2012.
- [8] Elahi A. ZigBee Wireless Sensor and Control Network. Edition: 1. Prentice Hall. USA. ISBN-10: 0137134851. ISBN-13: 978-0137134854. 2009.
- [9] Wang W., He G. Research on Zigbee wireless communication technology. 2011 International Conference on Electrical and Control Engineering (ICECE). 16-18 Sept. 2011. Page(s): 1245-1249.
- [10] Zhao Gang. Geographic Routing in Wireless Sensor and Ad Hoc Networks. Lambert Academic Publishing 2010. ISBN-10: 384337547X. ISBN-13: 9783843375474.
- [11] Vega J. I., Salgado G., Lagos M. A. Monitoreo de nivel en tanques de agua usando una red ZigBee. Memorias de la XV Convención y Feria Internacional Informática 2013-IV Simposio Internacional de Electrónica: Diseño, Aplicaciones, Técnicas Avanzadas y Retos Actuales. La Habana, Cuba. 18-22 de Marzo de 2013.
- [12] Vega J. I., Salgado G., Lagos M. A. Monitoreo de temperatura multipunto usando el protocolo 1-wire. Memorias de la XV Convención y Feria Internacional Informática 2013-IV Simposio Internacional de Electrónica: Diseño, Aplicaciones, Técnicas Avanzadas y Retos Actuales. La Habana, Cuba. 18-22 de Marzo de 2013.
- [13] Vega J. I., Salgado G., Lagos M. A. Medidor de energía eléctrica consumida usando dispositivos Xbee. Memorias del 35º. Congreso Internacional de Ingeniería Electrónica ELECTRO 2013. Chihuahua, Chih., México. 9-11 de Octubre de 2013.