

DISEÑO DE UN DISPOSITIVO LOCALIZADOR
POR MEDIO DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA

LEMUS CORDERO MIGUEL ANGEL

UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ELECTRÓNICA
BOGOTÁ D.C
2008

DISEÑO DE UN DISPOSITIVO LOCALIZADOR
POR MEDIO DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA

LEMUS CORDERO MIGUEL ANGEL

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electrónico

TUTOR

Ingeniero Jaime Ramírez

UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ELECTRÓNICA
BOGOTÁ DC
2008

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	2
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1 ANTECEDENTES	4
1.1.1 Tecnología inalámbrica en el hogar	5
1.1.2 Tecnología inalámbrica en clínicas	5
1.1.3 Tecnología inalámbrica en seguridad	6
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	6
1.3 JUSTIFICACIÓN	7
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	8
1.4.1 Objetivo general	8
1.4.2 Objetivos específicos	8
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL PROYECTO	9
2. MARCO DE REFERENCIA	10

2.1 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	10
2.1.2 Tipos de redes inalámbricas	11
2.1.3 Redes de área extensa (WAN)	11
2.1.4 Redes de área local (LAN)	12
2.1.5 Redes de área personal (PAN)	13
2.2 ESTUDIO Y SELECCIÓN TECNOLOGÍA INALÁMBRICA	14
2.2.1 Bluetooth	14
2.2.2 Infrarrojo IRDA	16
2.2.3 Radiofrecuencia RF	18
2.3 ZIGBEE	19
2.3.1 Características	20
2.3.2 Tipos de dispositivos	21
2.3.3 Arquitectura	21
2.3.4 Empaquetamiento y direccionamiento	23
2.4 MÓDULOS XBEE	25

3. METODOLOGÍA	29
3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	29
3.2 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DE USB	29
3.3 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	30
3.4 POBLACIÓN Y MUESTREO	30
3.5 HIPÓTESIS	31
3.6 VARIABLES	31
3.6.1 variables independientes	31
3.6.2 Variables dependientes	31
4. DESAROLLO INGENIERIL	32
4.1 DETERMINACIÓN DE MÓDULOS A IMPLEMENTAR	32
4.1.1 Características Xbee serie 1	32
4.2 MONTAJE TARJETA INTERFAZ	35
4.3 INTERFAZ MÓDULOS XBEE	38
4.3.1 Desarrollo programa para el microcontrolador	38

4.3.2 Diagrama de flujo XBEE zona	39
4.3.3 Conexión Xbee a los microcontroladores	41
4.4 INTERFAZ MÓDULO REMOTO	43
4.4.1 Desarrollo programa para módulo remoto	43
4.4.2 Diagrama de flujo XBEE remoto	44
5. PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS	46
5.1 COMUNICACIÓN PUNTO A PUNTO	46
5.2 PRUEBA DE ALCANCE DE MÓDULOS XBEE	50
5.3 MONTAJE RED FINAL	54
5.3.1 Diagrama de flujo de la red	55
6. CONCLUSIONES	58
7. RECOMENDACIONES	59
BIBLIOGRAFÍA	60
GLOSARIO	62
ANEXOS	65

ANEXO A	66
ANEXO B	70
ANEXO C	71

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Pila de protocolos para ZigBee	22
Figura 2. Paquetes básicos de ZigBee	24
Figura 3. Vista frontal Xbee/Xbee-Pro	28
Figura 4. Vista lateral Xbee/Xbee-Pro	28
Figura 5. Modulo Xbee serie1	33
Figura 6. Tarjeta interfaz PC/ módulos remotos	36
Figura 7. Plano esquemático tarjeta interfaz	37
Figura 8. Programa microcontrolador de la bases	40
Figura 9. Tarjetas para módulo Xbee	41
Figura 10. Plano eléctrico tarjeta de cada zona	42
Figura 11. Plano eléctrico tarjeta remoto	43
Figura 12. Programa Xbee remoto	45
Figura 13. Conexión Xbee-QT1	45

Figura 14. Comunicación Punto a Punto	46
Figura 15. Configuración transmisor Punto a Punto	47
Figura 16. Configuración receptor Punto a Punto	48
Figura 17. Range Test de comunicación Punto a Punto	49
Figura 18. Plano locación de pruebas	52
Figura 19. Fotos locación de pruebas	53
Figura 20. Fotos locación de pruebas	53
Figura 21. Configuración final de la red	55

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Especificaciones módulos Maxstream	26
Tabla 2. Configuración pines Xbee Serie 1	34
Tabla 3. Prueba con línea de vista	50
Tabla 4. Prueba fuera de línea de vista	52

Nota de aceptación:

Firma del presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá, 12 de Junio de 2008

AGRADECIMIENTOS

A Dios por la fortaleza que me brindó para salir adelante en los momentos difíciles de mi vida. Mi papá, por el ejemplo de perseverancia y constancia que lo caracterizan, por los consejos y valores brindados que me permitieron crecer como persona, por su confianza en mí y ante todo por su amor. Mi mamá, por su apoyo y amor. Luís Fernando mi hermanito menor, por la colaboración en respuesta a mis dificultades. Miriam, por su confianza y apoyo cada vez que necesité algo. Mauro por brindarme su tiempo, colaboración, por ser la imagen a seguir y mi mejor amigo. A mi novia Natalia por sus consejos y comprensión, por todo lo que hemos compartido en estos años A mis asesores el ingeniero Jaime Ramírez y Patricia Carreño por estar siempre prestos a corregir mis errores y guiarme durante cada entrega.

A todas aquellas personas que de una u otra forma me acompañaron durante mi proceso de formación profesional.

Miguel Angel Lemus Cordero

INTRODUCCIÓN

Dado el avance de la tecnología, y en particular el de las comunicaciones, es importante desarrollar un mecanismo eficaz de comunicación entre personas, dispositivos y sistemas en general.

Para lograr la eficacia de la comunicación se están implementando estrategias con el fin de brindar una mejor comunicación entre dispositivos externos por medio de tecnología inalámbrica. La comunicación inalámbrica facilita la operación donde la computadora no puede estar y evita el cableado que en la mayoría de ocasiones es dispendioso, debido a que implica modificaciones estructurales que generan un gasto mayor de tiempo y costos.

Gracias a características como movilidad, escalabilidad, evolución y que no requiere de cables para su comunicación, han nacido en torno a estas tecnologías aplicaciones con múltiples ventajas, optimizando así procesos en empresas y el comercio en general. Es así como vemos en el mercado un sin número de dispositivos que basan su funcionamiento en tecnologías como IEEE 802.11, Bluetooth, HomeRF, IrDA, Zigbee.

Es necesario tener en cuenta que las redes inalámbricas presentan todavía algunas desventajas con respecto a las redes cableadas, esto ha propiciado la creación de grupos de investigación que tienen como objetivo mejorar las tecnologías ya existentes con el fin de crear nuevas aplicaciones y así obtener una

participación en un sector en el que la calidad y la economía cuentan como el factor principal en la selección de dispositivos y tecnología.

La importancia que se ha dado a la seguridad de las personas, ha generado la creación de sistemas que permitan optimizar y complementar esta rama para responder a las necesidades de las grandes plataformas comerciales e institucionales que cada vez demandan más y mejores servicios. **Un sistema de comunicación que sería de gran ayuda para garantizar la seguridad de ciertas personas es aquel que permita conocer la ubicación de personas en una zona específica.**

Por esta razón se inició la búsqueda de opciones tecnológicas prácticas y económicas para plantear una solución al problema mencionado. Se determinó diseñar un dispositivo inalámbrico que permita por medio de una emisión de señales conocer la ubicación de personas a través de dispositivos Xbee bajo la plataforma de la tecnología Zigbee.

Zigbee debe su origen a la alianza sin ánimo de lucro de más de cien empresas importantes en el sector de los semiconductores y las telecomunicaciones, que tienen como fin auspiciar el desarrollo e implementación de una tecnología inalámbrica de bajo costo y cubrir el vacío que se produce por debajo de Bluetooth. El objetivo principal de la alianza se centró en crear un sistema estándar de comunicaciones bidireccional vía radio, para implementarlo dentro de dispositivos en aplicaciones como domótica, control industrial, periféricos de PC y sensores en general.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES

La tecnología inalámbrica está basada en la transmisión de ondas electromagnéticas, que son emitidas a través de antenas hacia todas las direcciones y debido a esto se sacrifican factores importantes en la transmisión como la calidad de la señal o la fuerza con que se emiten las ondas.

La utilización de la tecnología inalámbrica al máximo permite obtener y comunicar información desde y hacia cualquier dispositivo móvil de comunicaciones, como es el caso de routers, celulares, etc.

Sobre la estandarización de las normas de esta tecnología se ha centrado una discusión, debido a que cada país maneja diferentes configuraciones y canales de transmisión. En Colombia el rango de frecuencia de espectro radioeléctrico de 2400 a 2483.5 MHz es de uso libre, es decir que no requiere de una licencia para su operación; debido a esto hay varios instrumentos y electrodomésticos que utilizan esta frecuencia como el Horno Microondas, los teléfonos inalámbricos, etc.¹

El problema que suscita la aplicación de la tecnología inalámbrica en dicha banda, se hace evidente debido a que algunos otros tipos de tecnología poseen la misma frecuencia para su transmisión de datos lo que genera un problema en la calidad de transmisión de datos. También ocasionan una baja calidad en la señal transmitida los obstáculos físicos como el tránsito vehicular, de personas, los muros, etc..

¹ MINISTERIO DE COMUNICACIONES DE COLOMBIA. Normatividad para comunicaciones inalámbricas. Ver anexo A.

1.1.1 Tecnología inalámbrica en el hogar. La tecnología inalámbrica aparece en el hogar como una alternativa para el Home Networking, es decir su utilización permite la interconexión de diferentes dispositivos domésticos de forma inalámbrica bajo un mismo estándar y de una forma sencilla y económica.

A medida que el acceso a Internet en banda ancha se desarrolla, el hogar se presenta como un espacio de ocio y trabajo. De esta forma, el acceso a Internet se hace más necesario y la posibilidad de compartir el mismo acceso entre varios ordenadores y de forma simultánea será una necesidad creciente.²

Cada día son más los hogares que disponen de varios ordenadores y donde diversos dispositivos deben ser compartidos como es el caso de las impresoras, discos duros, etc. No es tan necesaria la interacción de dispositivos como el acceso a contenidos digitales: música, vídeo, fotografía.

1.1.2 Tecnología inalámbrica en clínicas. Actualmente se han realizado varios estudios con los equipos médicos y han arrojado varios informes que han demostrado la no interferencia de los equipos de tecnología inalámbrica con los equipos de instrumentación médica, así es posible la incorporación de dispositivos inalámbricos en el entorno médico. A continuación se enuncian algunas de sus aplicaciones:

- La tecnología en equipos instrumentales hace posible su movilidad, localización, uso compartido de instrumentación, etc., así como la conexión directa con los elementos de gestión médica junto con la mejor integración de las pruebas clínicas con la historia del paciente.

² CEDITEC, Las tecnologías WIFI: Aplicaciones , modelos de negocio y tendencias, disponible en internet, <http://www.ceditec.etsit.upm.es>, Consultado en: 14-06-08: 10:15

- Aplicaciones como la de vías clínicas incorporan el uso de terminales portátiles tipo “Tablet PC”, permitiendo al personal medico la conectividad directa con la historia clínica del paciente al tiempo que facilitan la movilidad en el acceso, tanto para su consulta, como para la actualización e incorporación de resultados.³

1.1.3 Tecnología inalámbrica en seguridad. Otros ámbitos de aplicación adicionales a la conexión de ordenadores a Internet o a la LAN de la empresa son el sector de seguridad. Esta tecnología permite la interconexión inalámbrica de dispositivos de seguridad como son sensores remotos, cámaras de vídeo vigilancia. Algunas empresas de seguridad comienzan a desarrollar ofertas de vídeo vigilancia a través de conexiones de banda ancha.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La seguridad en cualquier tipo de ambiente resulta tan importante, que en ocasiones el gasto para este tipo de sistemas está por encima de otros gastos en la construcción de grandes infraestructuras. La evolución de las tecnologías y dispositivos es cada vez mayor, de igual manera la utilización de estos en la optimización de los sistemas de seguridad.

Con mucha frecuencia es necesario conocer la ubicación de las personas que se encuentran dentro de una zona de identificación. Al conocerse esta ubicación sería posible evitar extravíos de personas, evitar que los empleados de una compañía dejen su lugar de trabajo, no permitir el acceso de personal no

³ CEDITEC, Las tecnologías WIFI: Aplicaciones , modelos de negocio y tendencias, disponible en internet, <http://www.ceditec.etsit.upm.es>. Consultado en: 14-06-08: 10:15

autorizado a lugares restringidos y en determinadas situaciones conocer con qué número de personas se cuenta.

¿Cómo diseñar e implementar un dispositivo de localización con comunicación inalámbrica?

1.3JUSTIFICACIÓN

El campo a desarrollar en el presente proyecto es el de las comunicaciones, teniendo en cuenta el gran interés que hay actualmente por mejorar y lograr una movilidad total e interconexión de muchos sistemas en pocos dispositivos; y más importante aún eliminar totalmente los cables para realizar una conexión, superando las limitaciones de espacio y tiempo

La evolución de las tecnologías inalámbricas con el desarrollo de dispositivos que presentan una respuesta cada vez mejor, contribuyen al nacimiento de nuevas aplicaciones que permiten mejorar el desempeño de los procesos. El aporte del proyecto es la implementación que se puede realizar con nuevas tecnologías aplicadas a campos como el de la seguridad. Sin embargo, la tecnología Zigbee, en nuestro país es muy reciente e igualmente los dispositivos que se utilizan, no son tan comerciales y su costo es relativamente elevado.

Es preciso en los sistemas de seguridad, tener una completa información a cerca de la ubicación de las personas dentro de infraestructuras comerciales e institucionales. Para solucionar este problema se podría instalar un sistema de cámaras de video que permitiría la supervisión de todas las áreas de la institución o aumentar el personal del cuerpo de seguridad; pero al optar por estas soluciones acarrearía mayores costos, adquirir nuevos equipos y un estudio para

conocer las zonas vulnerables donde es necesario ubicar las cámaras y las personas encargadas de seguridad.

Una solución a lo anterior, es crear un sistema que por medio de un dispositivo inalámbrico permita localizar a una persona y mejore las falencias nombradas anteriormente. El desarrollo e investigación de la tecnología Zigbee permite el uso de métodos distintos para el desarrollo y construcción de nuevas aplicaciones que pueden dar solución a problemas cada vez más complejos en el área de las telecomunicaciones.

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo general

Diseñar un dispositivo que permita la localización de personas en un área determinada.

1.4.2 Objetivos específicos

- Analizar el desempeño y modos de operación de los módulos Xbee de la empresa Maxstream.
- Diseñar y Desarrollar la red inalámbrica entre los módulos Xbee para la recolección de los datos remotos.
- Diseñar la interfaz que permitirá la comunicación entre el módulo Xbee y el microcontrolador.
- Desarrollar el hardware que permitirá visualizar en qué zona se encuentra el dispositivo.

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL PROYECTO

Debido al costo relativamente alto de los módulos Xbee en el mercado colombiano, no es factible económicamente adquirir demasiados módulos. Por esta razón el sistema estará compuesto por: Tres módulos Xbee; de los cuales dos son los encargados de realizar la localización de un tercer módulo, que permitirá ubicar a la persona. La visualización y adquisición de los datos en el computador será por medio del puerto serial a través de una interfaz.

La comunicación se realizará en una habitación, teniendo en cuenta las especificaciones técnicas de los módulos en cuanto alcance para ambientes interiores, los resultados obtenidos en las pruebas realizadas previamente y el limitante del número de módulos.

Teniendo en cuenta los objetivos del proyecto, se diseñará y se desarrollará la parte ingenieril es decir, lo que implica el diseño de la red y la comunicación entre los módulos Xbee y el computador. El diseño del aparato que portará la persona y este como tal, está por fuera del alcance previsto del proyecto, por lo tanto el modulo que emite la señal no tendrá ningún encapsulamiento.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

El nacimiento de las WLAN se remonta hacia el año de 1979, según los resultados de un experimento realizado por ingenieros de IBM en Suiza, que tenía como fin el de utilizar enlaces infrarrojos para la creación de una red local de una fábrica.

Las investigaciones siguieron adelante tanto con infrarrojos como con microondas, donde se utilizaba el esquema del "spread-spectrum", siempre a nivel de laboratorio. En mayo de 1985, y tras cuatro años de estudios, el FCC (Federal Communications Commission), la agencia federal del Gobierno de Estados Unidos encargada de regular y administrar en materia de telecomunicaciones, asignó las bandas IMS (Industrial, Scientific and Medical) 902-928 MHz, 2,400-2,4835 GHz, 5,725-5,850 GHz a las redes inalámbricas basadas en "spread-spectrum". IMS es una banda para uso comercial sin licencia: es decir, el FCC simplemente asigna la banda y establece las directrices de utilización, pero no se involucra ni decide sobre quién debe transmitir en esa banda.⁴

La asignación de una banda de frecuencias propició una mayor actividad en el seno de la industria: ese respaldo hizo que las WLAN empezaran a dejar ya el laboratorio para iniciar el camino hacia el mercado. Desde 1985 hasta 1990 se siguió trabajando ya más en la fase de desarrollo, hasta que en mayo de 1991 se publicaron varios trabajos referentes a WLAN operativas que superaban la velocidad de 1 Mbps, el mínimo establecido por el IEEE 802 para que la red sea considerada realmente una LAN.

⁴ UNIVERSIDAD INCCA DE COLOMBIA [Documento en línea] [Colombia]. Redes locales inalámbricas, <http://www.unincca.edu.co/boletin/>. Consultado en: 14-06-08: 10:15.

2.1.2 Tipos de redes inalámbricas. Existen tres categorías de tecnologías inalámbricas principales:

- Redes de área extensa: Se utilizan para el servicio de tecnología móvil.
- Redes de área local: Se utilizan para conectar varios computadores entre sí en un ambiente de oficina.
- Redes de área personal: Se utilizan para conectar entre sí dos o más dispositivos portátiles.

2.1.3 Redes de área extensa (WAN). La revolución más grande de la comunicación sin cables se inició con los teléfonos móviles, los cuales han sido el producto electrónico con mayor éxito de todos los tiempos. Inicialmente sólo ofrecían comunicación por voz, ahora con baterías de mayor duración interfaces inteligentes, reconocimiento de voz y mayor velocidad, su uso futuro estará relacionado más con sus nuevos servicios inalámbricos y cada vez menos con los fines que llevaron a su invención.

Métodos de Acceso. Los usuarios que ocupan un área geográfica deben disputarse un número limitado de canales y existen varios métodos de dividir el espectro para proporcionar acceso de forma organizada:

El FDMA (Frequency Division Multiple Access)

El TDMA (Time Division Multiple Access)

El GSM (Global System for Mobile Communications)

El CDAM (Code Division Multiple Access)

Existen dos tipos principales de señales la analógica y la digital, la analógica puede tomar cualquier valor en un rango determinado, la señal digital sólo puede tomar ciertos valores de un conjunto llamados símbolos que pueden representar números o caracteres.

La tendencia es a utilizar la señal digital, pues es más inmune al ruido y su manipulación o procesamiento es más sencillo que el de una señal analógica.

Los factores contribuyentes al incremento del uso de WAN son:

- Cobertura de mayores áreas y precios más bajos.
- Integra llamadas locales y a larga distancia sin cargo extra por itinerancia.
- Mayor uso de servicios prepago.
- Mayor digitalización de redes inalámbricas.
- Movilidad, comodidad y accesibilidad.

2.1.4 Redes de área local (LAN). Una red de área local es un grupo de computadores y otros equipos relacionados que comparten una línea de comunicación y un servidor común dentro de un área geográfica determinada como un edificio de oficinas.

Es normal que el servidor contenga las aplicaciones y controladores que cualquiera que se conecte a la LAN pueda utilizar.

Redes de área local sin cables (WLAN'S). Ofrece acceso sin cables a todos los recursos y servicios de una red corporativa (LAN) en un edificio o todo un campus.

Proporciona más libertad en el ambiente de trabajo. A través de una red sin cables los trabajadores pueden acceder a la información desde cualquier lugar de la compañía, no están limitados a puntos de acceso a través de cables fijos para acceder a la red. Lo cual ofrece numerosas ventajas:

- Acceso fácil y en tiempo real para realizar auditorías y consultas desde cualquier lugar.
- Acceso mejorado a la base de datos para supervisores itinerantes, como auditores de almacén, arquitectos o directores de cadenas de producción.
- Configuración de red simplificada con mínima implicación MIS para instalaciones en crecimiento o emplazamientos de acceso público, como aeropuertos, centros de convenciones y hoteles.
- Acceso más rápido a la información del cliente para vendedores, minoristas y servicios de mantenimiento.
- Acceso independiente de la localización para administradores de redes, para facilitar la resolución de problemas locales y facilitar el soporte.

2.1.5 Redes de área personal (PAN). Existe dentro de un área relativamente pequeña y conecta dispositivos electrónicos con ordenadores, impresoras, escáner, aparatos de fax, PDAs y ordenadores notebook, sin la necesidad de cables ni conectores para que sea efectivo el flujo de información

Anteriormente para conectar estos dispositivos era necesario el uso de gran número de cables conectores y adaptadores, la existencia de diferentes opciones de puerto incompatibles (USB, serie, paralelo) tenía limitaciones y problemas de fiabilidad además de ser incómoda.

El estándar de comunicaciones sin cables WPAN se centra en temas como el bajo consumo (para alargar la vida de los dispositivos portátiles), tamaño pequeño

(para que sean más fáciles de llevar) y costos bajos (para que los productos puedan llegar a ser de uso masivo).

Una aplicación de las WPANs la ubicamos en la oficina donde los dispositivos electrónicos de su espacio de trabajo estarán unidos por una red sin cables.

Actualmente sólo son limitadas por la distancia geográfica, el futuro ofrece atractivas posibilidades para las WPANs, con aplicaciones al rededor de la oficina y dentro de ella, el automóvil, la casa o el transporte público.

2.2 ESTUDIO Y SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA INALÁMBRICA

2.2.1 Bluetooth

La tecnología Bluetooth es una especificación abierta para la comunicación inalámbrica (WIRELESS) de datos y voz. Está basada en un enlace de radio de bajo costo y corto alcance, implementado en un circuito integrado de 9 x 9 mm, proporcionando conexiones instantáneas (ad hoc) para entornos de comunicaciones tanto móviles como estáticos. En definitiva, Bluetooth pretende ser una especificación global para la conectividad inalámbrica.

En el aspecto técnico, Bluetooth opera en la llamada banda de aplicaciones industriales, científicas y médicas (ISM, por sus siglas en inglés), con una frecuencia de 2.45GHz, dividiendo esta banda en 79 canales de 1MHz, permitiendo transmisiones a velocidades de hasta 2.1Mbps, para la versión 2.0 de este protocolo.⁵

⁵ HAARTSEN, JAAP. "BLUETOOTH – The universal radio interface for ad hoc, wireless connectivity".

Disponible en Internet: www.zonablueetooth.com/que_es_bluetooth.htm. Consultado en: 14-06-08:10.50

El principal objetivo de esta tecnología, es la posibilidad de reemplazar los muchos cables propietarios que conectan unos dispositivos con otros por medio de un enlace radio universal de corto alcance. Por ejemplo, la tecnología de radio Bluetooth implementada en el teléfono celular y en el ordenador portátil reemplazaría el molesto cable utilizado hoy en día para conectar ambos aparatos. Las impresoras, las agendas electrónicas, los PDA, los faxes, los teclados, los joysticks y prácticamente cualquier otro dispositivo digital son susceptibles de formar parte de un sistema Bluetooth.

Pero más allá de reemplazar, los con frecuencia incómodos cables, la tecnología Bluetooth ofrece un puente a las redes de datos existentes, una interfaz con el exterior y un mecanismo para formar en el momento, pequeños grupos de dispositivos conectados entre sí de forma privada fuera de cualquier estructura fija de red.

Aplicación de Bluetooth. Dentro del campo de la tecnología su aplicación es inmediata ya que permite una comunicación: fácil, instantánea, en cualquier lugar y su coste es bajo. Sin olvidar su impacto en la forma de realizar los procesos, al sustituir los medios convencionales y posibilitar nuevos negocios y aplicaciones.⁶ Del mismo modo, su aplicación será amplia y fructífera en los Sectores Industriales de:

- Automoción, Aeronáutico, Naval, otros transportes.
- Bienes de equipo mecánico / eléctrico / Electrodomésticos.
- Ordenadores, Equipos de oficina / hogar.
- Telecomunicaciones y Equipos electrónicos.

⁶ HAARTSEN, JAAP. "BLUETOOTH – The universal radio interface for ad hoc, wireless connectivity". Disponible en Internet: www.zonablueetooth.com/que_es_bluetooth.htm. Consultado en: 14-06-08:10.50

Ventajas y desventajas de Bluetooth. La ventaja más evidente es que permite conectar entre sí todo tipo de dispositivos electrónicos (teléfonos, ordenadores, impresoras, faxes, etc.) situados dentro de un radio limitado de 10 metros (ampliable a 100, aunque con mayor distorsión) sin necesidad de utilizar cables. Bluetooth pretende ser una especificación global para la conectividad inalámbrica. La interoperabilidad con redes WLAN y el estándar 802.11 es uno de los problemas en los cuales se ha centrado el estudio de un grupo de IEE 802.

Además, el espectro de radiofrecuencia en el que opera no está abierto al público en todos los países. En lugares como Francia o España el uso del espectro está restringido y se requiere la aprobación explícita del gobierno.

La interoperabilidad, pilar sobre el que se sustenta Bluetooth, es uno de los factores que se someterán a tensiones en el largo plazo. Con miles de compañías diseñando productos y aplicaciones Bluetooth, será difícil mantenerlas a todas bajo el mismo manto.⁷

2.2.2 Infrarrojo IrDA

El conjunto de especificaciones que actualmente constituyen el estándar internacional para el desarrollo de sistemas de comunicaciones a través de rayos infrarrojos adopta el mismo nombre de la asociación que los produce:

IrDA "Infrared Data Association, IrDA", la cual está patrocinada por más de 160 industrias y fue establecida en 1993 con el objetivo de crear las especificaciones y estándares para los equipos y protocolos empleados en este tipo de enlaces.

⁷ Especificación Bluetooth. "Specification of the Bluetooth System. Covered Core package version: 2.0 + EDR" 2004. Disponible en Internet: www.bluetooth.org/spec. Consultado en: 20-06-08: 12:30

Los estándares de IrDA definen comunicaciones bidireccionales punto a punto empleando un haz de luz infrarroja que requiere línea de vista, un ángulo no mayor de 30 grados y una distancia que no excede un metro para obtener tasas de transmisión de datos entre 9.6Kbps y 16Mbps dependiendo del entorno. No obstante, es oportuno aclarar que estos estándares están divididos en dos segmentos diferentes para satisfacer las necesidades del mercado.

Dentro de las aplicaciones de los infrarrojos se encuentra:

- Controles remotos
- Comunicaciones de dispositivos
- Envío de datos

Ventajas y desventajas. La optima implementación de los infrarrojos se debe en mayor parte al tipo de aplicación en la cual se van utilizar por eso es necesario realizar con anticipación un estudio de la zona y que posibles obstáculos se puedan presentar.

- Requerimientos de bajo voltaje por lo tanto es ideal para Laptops, teléfonos, etc.
- Circuito simple: no requiere hardware especial, puede ser incorporado en el circuito integrado de un producto.
- Alta seguridad debido a que los dispositivos deben estar frente a frente.
- Se bloquea la transmisión con obstáculos comunes: personas, paredes, etc.
- Velocidad: la transmisión de datos es baja con respecto a las redes cableadas.

2.2.3 Radiofrecuencia RF

El término radiofrecuencia, también denominado espectro de radiofrecuencia o RF, se aplica a la porción del espectro electromagnético en el que se pueden generar ondas electromagnéticas aplicando corriente alterna a una antena.

Cuando se habla de radiofrecuencia es necesario mencionar que se requieren de módulos un modulo emisor (El que emite o lleva una señal o mensaje al receptor) y un modulo receptor (El que recibe), los cuales tienen un número de canales para el control de las diferentes tareas que puede variar de 1 a 16 canales y obviamente una frecuencia para su alcance, que puede ser entre 400Mhz – 600Mhz.

Algunas aplicaciones de los módulos RF son:

- Automatización industrial
- Domotica
- Comunicación

Ventajas y desventajas.

- Bajo voltaje
- Alto alcance
- Costo bajo
- Cómoda manipulación
- Interferencias si hay otro medio de radio por la misma frecuencia

2.3 ZIGBEE

ZigBee es un estándar de comunicaciones inalámbricas diseñado por la ZigBee Alliance.⁸ No es una tecnología, sino un conjunto estandarizado de soluciones que pueden ser implementadas por cualquier fabricante, está basado en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (WPAN) y tiene como objetivo las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías. Este estándar utiliza la banda ISM (Industrial, Scientific & Medical) para usos industriales, científicos y médicos; en concreto, 868 MHz en Europa, 915 en Estados Unidos y 2,4 GHz en todo el mundo.

ZigBee Alliance es una comunidad internacional de más de 100 compañías como Motorola, Mitsubishi, Philips, Samsung, Honeywell, Siemens, entre otras; cuyo objetivo es habilitar redes inalámbricas con capacidades de control y monitoreo que sean confiables, de bajo consumo energético y de bajo costo, que funcione vía radio y de modo bidireccional; todo basado en un estándar público global que permita a cualquier fabricante crear productos que sean compatibles entre ellos. Cuando se concibió este estándar, los primeros nombres que sonaron fueron: PURLnet, RF-Lite, Firefly, y HomeRF Lite, finalmente se escogió el término ZigBee, sin embargo, el origen de este nombre es aún oscuro, pero la idea surgió de una colmena de abejas zumbando alrededor de su panal y comunicándose entre ellas.

La especificación 1.0 de ZigBee se aprobó el 14 de diciembre de 2004 y está disponible a miembros del ZigBee Alliance. Desde sus anuncios ha gozado de

⁸ ZIGBEE.ORG, Latest ZIGBEE SPECIFICATION including the PRO Feature Set, disponible en internet, http://www.zigbee.org/en/spec_download/zigbee_downloads.asp. Consultado en: 14-06-08: 10:45.

gran expectativa, incluso corrían los rumores que se trataba del reemplazo de Bluetooth, y no es para menos pues por ejemplo, el nodo ZigBee más completo requiere en teoría cerca del 10% del software de un nodo de Bluetooth o Wi-Fi típico; esta cifra baja al 2% para los nodos más sencillos, no obstante, el tamaño de código en sí es bastante mayor y se acerca al 50% del tamaño del de Bluetooth; no obstante, este estándar ha surgido no para reemplazar a Bluetooth, pues sus campos de acción son distintos.⁹

2.3.1 Características. Algunas de las características que hacen de este estándar son:

- Es un protocolo de comunicación multi-salto, es decir, que se puede establecer comunicación entre dos nodos aún cuando estos se encuentren fuera del rango de transmisión, siempre y cuando existan otros nodos intermedios que los interconecten, de esta manera, se incrementa el área de cobertura de la red.
- Capacidad de operar en redes de gran densidad, esta característica ayuda a aumentar la confiabilidad de la comunicación, ya que entre más nodos existan dentro de una red, entonces, mayor número de rutas alternas existirán para garantizar que un paquete llegue a su destino.
- Cada red ZigBee tiene un identificador de red único, lo que permite que coexistan varias redes en un mismo canal de comunicación sin ningún problema. Teóricamente pueden existir hasta 16 000 redes diferentes en un mismo canal y cada red puede estar constituida por hasta 65 000 nodos, obviamente estos límites se ven truncados por algunas restricciones físicas (memoria disponible, ancho de banda, etc.).

⁹ SEC PERU, El estándar inalámbrico Zigbee, disponible en internet, <http://www.seccperu.org/>. Consultado en: 12-06-08: 10:50

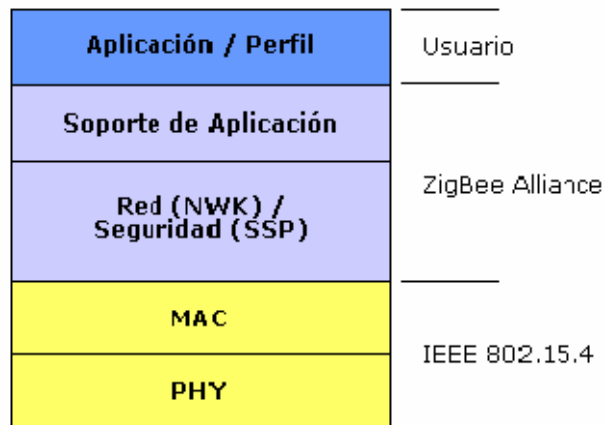
- A pesar de coexistir en la misma frecuencia con otro tipo de redes como WiFi o Bluetooth su desempeño no se ve afectado, esto debido a su baja tasa de transmisión y, a características propias del estándar IEEE 802.15.4.

2.3.2 Tipos de dispositivos. Existen tres tipos de dispositivos diferentes en este estándar según el papel que cumpla en la red:

- **Coordinador ZigBee (ZigBee coordinator, ZC).** Es el tipo de dispositivo más completo. Puede actuar como director de una red en árbol así como servir de enlace a otras redes. Existe exactamente un coordinador por cada red, que es el nodo que la comienza en principio. Puede almacenar información sobre la red y actuar como centro de confianza en la distribución de claves de cifrado.
- **Router ZigBee (ZR).** Además de ofrecer un nivel de aplicación para la ejecución de código de usuario, puede actuar como router interconectando dispositivos separados en la topología de la red.
- **Dispositivo final (ZigBee end device, ZED).** Posee la funcionalidad necesaria para comunicarse con su nodo padre (el coordinador o un router), pero no puede transmitir información destinada a otros dispositivos. De esta forma, este tipo de nodo puede estar dormido la mayor parte del tiempo, aumentando la vida media de sus baterías. Un ZED tiene requerimientos mínimos de memoria y es por tanto significativamente más barato.

2.3.3 Arquitectura. ZigBee es una pila de protocolos, que de manera similar al modelo OSI está constituido por diferentes capas, las cuales son independientes una de la otra. En la figura 1 se muestran las diferentes capas que conforman la pila de protocolos.

Figura1. Pila de protocolos para ZigBee



Fuente. Zigbee org

La capa de más bajo nivel es la capa física (PHY), que en conjunto con la capa de acceso al medio (MAC), brindan los servicios de transmisión de datos por el aire, punto a punto. Estas dos capas están descritas en el estándar IEEE 802.15.4–2003. El estándar trabaja sobre las bandas ISM de uso no regulado, donde se definen hasta 16 canales en el rango de 2.4 GHz, cada uno de ellos con un ancho de banda de 5 MHz. Se utilizan radios de espectro disperso de secuencia directa, lográndose tasas de transmisión en el aire de hasta 250 Kbps en rangos que oscilan entre los 10 y 75 m, los cuales dependen bastante del entorno.

La capa de red (NWK) tiene como objetivo principal permitir el correcto uso del subnivel MAC y ofrecer una interfaz adecuada para su uso por parte de la capa de aplicación. En esta capa se brindan los métodos necesarios para: iniciar la red, unirse a la red, enrutar paquetes dirigidos a otros nodos en la red, proporcionar los medios para garantizar la entrega del paquete al destinatario final, filtrar paquetes recibidos, cifrarlos y autentificarlos. Es en esta capa en donde se implementan las distintas topologías de red que ZigBee soporta (árbol, estrella y malla).

La siguiente capa es la de soporte a la aplicación que es el responsable de conservar el rol que el nodo juega en la red, filtrar paquetes a nivel de aplicación, mantener la relación de grupos y dispositivos con los que la aplicación interactúa y simplificar el envío de datos a los diferentes nodos de la red. La capa de Red y de soporte a la aplicación, son definidas por la ZigBee Alliance.

En el nivel conceptual más alto se encuentra la capa de aplicación que no es otra cosa que la aplicación misma y de la que se encargan los fabricantes. Es en esta capa donde se encuentran los ZDO (ZigBee Device Objects) que se encargan de definir el papel del dispositivo en la red, si el actuará como coordinador, enruteador o dispositivo final; la subcapa APS y los objetos de aplicación definidos por cada uno de los fabricantes.

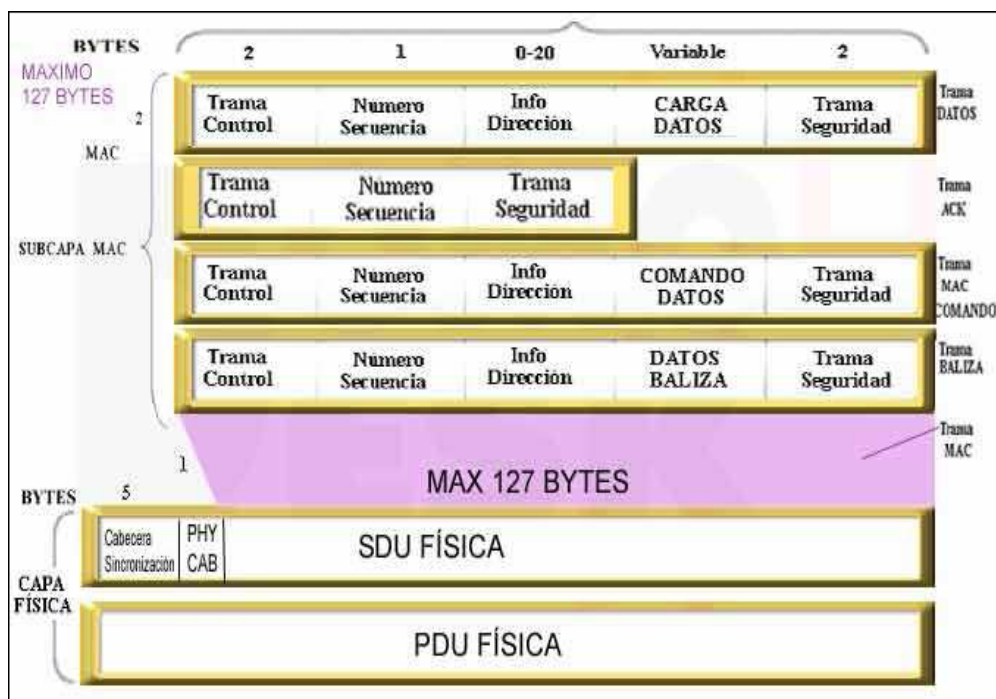
Cada capa se comunica con sus capas subyacentes a través de una interfaz de datos y otra de control, las capas superiores solicitan servicios a las capas inferiores, y éstas reportan sus resultados a las superiores. Además de las capas mencionadas, a la arquitectura se integran otro par de módulos: **módulo de seguridad**, que es quien provee los servicios para cifrar y autenticar los paquetes, y el **módulo de administración** del dispositivo ZigBee, que es quien se encarga de administrar los recursos de red del dispositivo local, además de proporcionar a la aplicación funciones de administración remota de red.¹⁰

2.3.4 Empaquetamiento y Direccionamiento. En ZigBee, el empaquetamiento se realiza en cuatro tipos diferentes de paquetes básicos, los cuales son: datos, ACK, MAC y baliza. En la figura 2 se muestra los campos de los cuatro tipos de paquetes básicos.

¹⁰ SEC PERU, El estándar inalámbrico Zigbee, disponible en internet, <http://www.seccperu.org/>. Consultado en: 12-06-08: 10:50

El paquete de datos tiene una carga de datos de hasta 104 bytes. La trama esta numerada para asegurar que todos los paquetes llegaran a su destino. Un campo asegura que el paquete se ha recibido sin errores. Esta estructura aumenta la fiabilidad en condiciones complicadas de transmisión.

Figura 2. Paquetes básicos de ZigBee



Fuente: Zigbee.org

La estructura de los paquetes ACK, llamados también paquetes de reconocimiento, con los cuales se realiza una realimentación desde el receptor al emisor, permite confirmar que el paquete se ha recibido sin errores. Se puede incluir un tiempo de silencio entre tramas, para enviar un pequeño paquete después de la transmisión de cada paquete

Por otra parte, el direccionamiento es, a su vez, parte del nivel de aplicación. Un nodo está formado por un transceptor de radio compatible con el estándar 802.15.4 dónde se implementan dos mecanismos de acceso al canal y una o más descripciones de dispositivo (colecciones de atributos que pueden consultarse o asignarse, o se pueden monitorizar por medio de eventos). El transceptor es la base del direccionamiento, mientras que los dispositivos dentro de un nodo se identifican por medio de un endpoint numerado entre 1 y 240.

Los dispositivos se direccionan empleando 64-bits y un direccionamiento corto opcional de 16 bits. El campo de dirección incluido en MAC puede contener información de direccionamiento tanto de origen como de destino (necesario para operar punto a punto). Este doble direccionamiento es usado para prevenir un fallo dentro de la red

2.4 MÓDULOS XBEE

ZigBee es un estándar de comunicaciones creado por la Alliance ZigBee, la cual está constituida por más de cien compañías y cada una ofrece en el mercado su producto a base de la pila de protocolo Zigbee. La compañía MaxStream proporciona un transceptor de nombre Xbee que opera en la banda de 2,4GHz, para la integración de los sistemas que buscan transmitir información de RF. Los módulos Xbee pueden ser configurados externamente y llevar a cabo acciones de comandos AT y específicos de control. Debido a esto están diseñados para interactuar con micro controladores, a través de una interfaz SPI, con un máximo de recepción y transmisión de datos.

Tabla 1. Especificaciones módulos Maxstream

Especificaciones	XBee	Xbee-PRO
Desempeño		
Indoor / Rango Urbano	Hasta 100 ft (30m)	Hasta 300ft (100m)
Outdoor RF línea de Vista	Hasta 300ft (100m)	Hasta 1 milla (1500m)
Potencia de Transmisión	1mW (0 dBm)	60mW (18 dBm) guiado, 100mW (20 dBm) EIRP
Vel de Datos RF	250.000 bps	250.000 bps
Vel de Datos con la Interfaz (elegible por Software)	1,200-115,200 bps (también soporta velocidades de baudios no estándares)	1,200-115,200 bps (también soporta velocidades de baudios no estándares)
Sensibilidad del Receptor	-92 dBm (1% de promedio de error)	-100 dBm (1% de promedio de error)
Requerimientos de Energía		
Voltaje de Alimentación	2.8 ~ 3.4V	2.8 ~ 3.4V
Corriente (típica) del Transmisor	45mA (@3.3V)	270 mA (@3.3V)
Corriente (típica) del Receptor	50 mA (@3.3V)	55 mA (@3.3V)
Corriente de Apagado	< 10 μ A	< 10 μ A
General		
Frecuencia de Operación	ISM 2.4 GHz	ISM 2.4 GHz
Dimensiones	0.960" x 1.087" (2.438cm x 2.761cm)	0.960" x 1.297" (2.438cm x 3.294cm)
Temperatura de Operación	-40° a 85 °C (industrial)	-40° a 85 °C (industrial)
Opciones de Antena	Conector U. FL , antena de circuito o antena Whip.	Conector U. FL , antena de circuito o antena Whip.
Red y Seguridad		
Topologías de red soportadas	Punto a punto, punto a Multipunto, Peer-to-peer, y Malla (próximamente)	Punto a punto, punto a Multipunto, Peer-to-peer, y Malla (próximamente)
Número de Canales (elegibles por software)	16 Canales de Secuencia Directa	13 Canales de Secuencia Directa
Opciones de Filtrado	PAN ID; Canal y Fuente / Dirección Destino	PAN ID; Canal y Fuente / Dirección Destino

Fuente: Datasheet

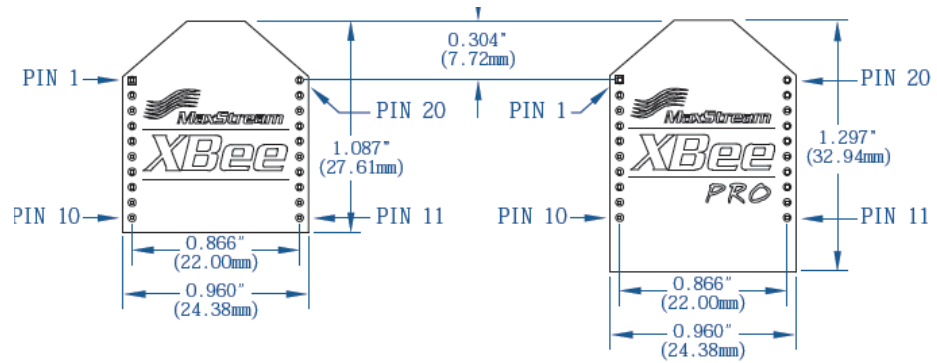
Los módulos Xbee físicamente son pequeños (Ver Figuras 3 y 4) y se encuentran en dos versiones diferentes (Xbee / Xbee-Pro), dependiendo del poder de transmisión. Al mercado actualmente se encuentra la serie 2 que ha mejorado sus características técnicas, pero su costo es alto.

En cuanto a la potencia de los módulos se asocia un valor de 1mW lo que permite alcanzar una distancia entre 30m y 100m (exterior / interior). En cuanto al consumo, estos dispositivos tienen un consumo muy bajo (inferior de 10 μ A) cuando se encuentra en estado de reposo.

En los módulos Xbee se encuentran tres opciones diferentes según el tipo de antena Whip antenna, Chip antenna y U.FL.RF connector. En el proyecto se utilizarán los módulos con antena Whip debido a que para este tipo de red (bajo techo) mejora el rendimiento de la red. Debido a las innovaciones realizadas en los dispositivos se ha logrado aumentar la calidad final del producto del rango de 2 ó 3 veces sobre los módulos que igualmente trabajan sobre el estándar de Zigbee.

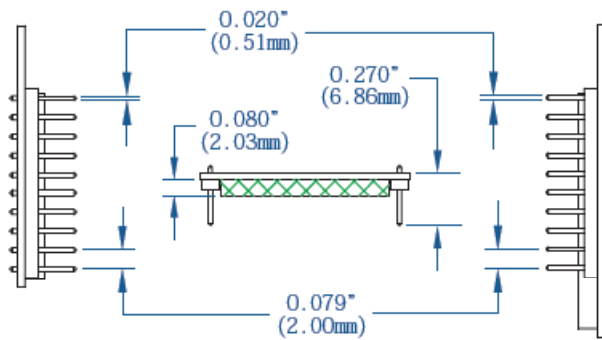
Son muchas las aplicaciones en las que se ha podido implementar estos módulos, gracias a las especificaciones y características técnicas, es el caso de automatización de casas (domotica), sistemas de seguridad y controles de iluminación, monitorización de sistemas remotos, colección de datos de datos de un sensor en sistemas incorporados.

Figura 3. Vista frontal Xbee/Xbee-Pro



Fuente: Datasheet.

Figura 4. Vista lateral Xbee/Xbee-Pro



Fuente: Datasheet.

3. METODOLOGÍA

3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

Empírico-analítico: cuyo interés es el técnico, orientado a la interpretación y transformación del mundo material; proporciona una estructura particular a la metodología de investigación en tanto que orienta el trabajo a la contrastación permanente de las aseveraciones teóricas con la verificación experimental, de manera que los cálculos generados a través de modelos matemáticos y simulaciones computacionales se deben retroalimentar con la experimentación, en la búsqueda de información cada vez más confiable y práctica para la solución del problema.

3.2 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DE USB / SUB-LÍNEA DE FACULTAD / CAMPO TEMÁTICO DEL PROGRAMA

La línea de investigación en la cual se suscribe el proyecto es Tecnologías actuales y sociedad, precisamente dado al avance que se han tenido las tecnologías inalámbricas.

La sub-línea de investigación de la facultad es Sistemas de información y comunicación debido a que el proyecto contribuirá al mejoramiento y optimización de sistemas de comunicaciones y todo lo que comprende su campo de investigación.

Según los campos temáticos propuestos por el nodo para la facultad, el proyecto se encuentra en Comunicaciones, ya que se implementa la transmisión de señales mediante un código común al emisor y receptor. Igualmente el proyecto contribuirá, mediante la adaptación de tecnología, al desarrollo social y al mejoramiento de los sistemas de comunicación

3.3 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.

El sistema de comunicación con los módulos XBee se diseñará de acuerdo a los resultados obtenidos en las pruebas de ensayo y error con el que se pretende alcanzar los objetivos propuestos y los parámetros de la red.

Se determinarán los parámetros básicos con los cuales la red se comportará de manera óptima al identificar y ubicar el módulo remoto, así se procederá al diseño circuital, estructural y posteriormente al montaje de la red.

Para alcanzar los objetivos propuesto se utilizarán los siguientes instrumentos:

- Multímetro
- Programador de Microcontroladores

En cuanto al diseño de la red se llevarán a cabo las siguientes etapas:

- Modelo piloto de comunicación entre un módulo XBee y el computador.
- Diseño circuital de tarjetas para cada módulo XBee.
- Diseño de un hardware, que permita la visualizar la zona en que se encuentra el módulo a ubicar.

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

No aplica

3.5 HIPÓTESIS

A través de las etapas enunciadas es posible medir la sensibilidad de recepción en cada módulo con el fin de comparar los valores obtenidos para determinar a qué distancia que se encuentran separados y así determinar la ubicación del módulo remoto.

Según las características de los módulos a usar en la red inalámbrica (Xbee) se debe utilizar una configuración punto a multipunto, debido a que la característica principal es la de recolección de datos remotos. Este es el caso más simple debido a que se tiene una serie de aplicaciones remotas que reportan información a un punto central.

3.6 VARIABLES

3.6.1 Variables independientes

- Radio de alcance
- Potencia de transmisión
- Sensibilidad del receptor

3.6.2 Variables dependientes

- Distancia para enviar datos
- Compatibilidad

4. DESARROLLO INGENIERIL

Es necesario analizar y determinar cuál de las dos referencias ofrecidas por la empresa Maxstream de los módulos Xbee, se usaran en la implementación y en el desarrollo de la red inalámbrica para el proyecto.

4.1 DETERMINACIÓN DE MÓDULOS A IMPLEMENTAR

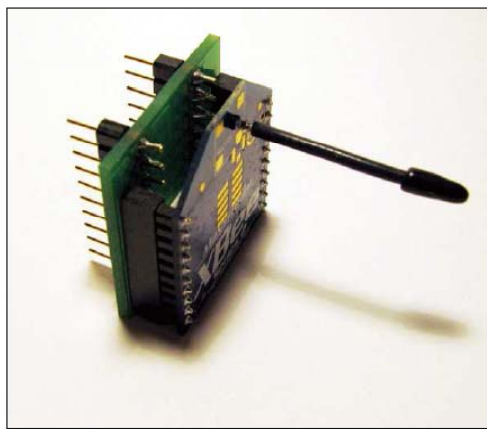
Teniendo en cuenta las características técnicas mostradas en la Tabla 1 la diferencia entre las dos versiones se observa en la potencia de salida de transmisión que se ve directamente reflejado en el factor del alcance y la corriente de transmisión/recepción. De acuerdo con las necesidades del proyecto de cubrir la mayor área posible con el menor número de requerimientos y equipos, se deberían emplear los módulos Xbee-Pro.

Sin embargo, el desarrollo de un proyecto es de vital importancia el factor económico, precisamente este es el inconveniente principal al emplear los módulos Xbee-Pro, otro factor importante a tener en cuenta es la posibilidad de encontrar el modulo en el mercado. Por estas razones, en la red se utilizarán los módulos Xbee serie1.

4.1.1 Características Xbee Serie 1. El XBee Serie 1 OEM RF (Figura 5) de referencia XB24-AWI-001 es un módulo compatible con el estándar IEEE 802.15.4 que satisface las necesidades únicas de bajo costo y baja potencia, en una red de sensores inalámbricos. Es fácil de usar, requiere de poca energía y ofrece la entrega confiable de datos críticos entre varios dispositivos. Gracias a su tamaño puede ser usado en diversas aplicaciones.

La configuración del módulo Xbee por defecto es compatible con una amplia gama de datos de las aplicaciones del sistema. Si se requiere de una avanzada configuración se puede realizar por medio de comandos AT

Figura 5. Módulo Xbee serie1



Los módulos permiten cambiar cada uno de los parámetros en los pines que vienen configurados por defecto como Output/Input, para funcionar como entradas analógicas. Existen además dos pines (6-7) salidas PWM, en uno de los cuales se puede obtener la intensidad de la señal recibida (ver Tabla 2). Cada uno de los pines DIOx que puede ser configurado para su operación como entrada analógica, entrada digital, o salida digital, posee un comando ATDx que permite operar sobre esta selección.

Debido a que el estándar de funcionamiento es el 802.15.4 puede operar en uno de los siguientes modos:

- Punto a punto
- Con coordinador

En el modo punto a punto, cada módulo habla con cualquiera de los módulos existentes dentro de la red o la WPAN, emitiendo broadcast o direccionando un módulo remoto. Para esto se requiere que todos los módulos mantenga su receptor constantemente encendido, dado que cualquiera puede recibir mensajes en cualquier momento, permitiendo además mantener el envío de mensajes entre todos los módulos.

Tabla 2. Configuración pines Xbee Serie 1

Pin #	Name	Direction	Description
1	VCC	-	Power supply
2	DOUT	Output	UART Data Out
3	DIN / CONFIG	Input	UART Data In
4	DO8*	Output	Digital Output 8
5	RESET	Input	Module Reset (reset pulse must be at least 200 ns)
6	PWM0 / RSSI	Output	PWM Output 0 / RX Signal Strength Indicator
7	PWM1	Output	PWM Output 1
8	[reserved]	-	Do not connect
9	DTR / SLEEP_RQ / DI8	Input	Pin Sleep Control Line or Digital Input 8
10	GND	-	Ground
11	AD4 / DIO4	Either	Analog Input 4 or Digital I/O 4
12	CTS / DIO7	Either	Clear-to-Send Flow Control or Digital I/O 7
13	ON / SLEEP	Output	Module Status Indicator
14	VREF	Input	Voltage Reference for A/D Inputs
15	Associate / AD5 / DIO5	Either	Associated Indicator, Analog Input 5 or Digital I/O 5
16	RTS / AD6 / DIO6	Either	Request-to-Send Flow Control, Analog Input 6 or Digital I/O 6
17	AD3 / DIO3	Either	Analog Input 3 or Digital I/O 3
18	AD2 / DIO2	Either	Analog Input 2 or Digital I/O 2
19	AD1 / DIO1	Either	Analog Input 1 or Digital I/O 1
20	AD0 / DIO0	Either	Analog Input 0 or Digital I/O 0

Fuente: Product manual for XBee OEM RF Modules - 802.15.4 protocol

Con coordinador, uno de los módulos tiene como rol el de ser coordinador, teniendo como función alertar dispositivos, permitiendo a los demás permanecer en un estado de bajo consumo en un tiempo determinado. Todas las comunicaciones de los remotos son hacia el coordinador. Este puede almacenar hasta dos mensajes al tiempo para un remoto, hasta que este entre a su funcionamiento normal y así interroga al coordinador si tiene algún mensaje para él.

La configuración de los módulos Xbee se realiza por medio de comandos AT y pueden operar en modo transparente, que es el que viene por defecto o en modo API. En el modo transparente, el módulo envía al remoto configurado como destinatario, lo que recibe y además, presenta los mensajes recibidos del remoto. Los cambios de configuración se realizan ingresando comando AT o por medio del software que brinda Maxstream X-CTU.

El modo API, es la configuración recomendada para el módulo que cumple el rol de coordinador. Tanto comandos como mensajes y respuestas viajan dentro de un framing documentado, permitiendo de esta manera enviar y recibir mensajes de múltiples módulos remotos.

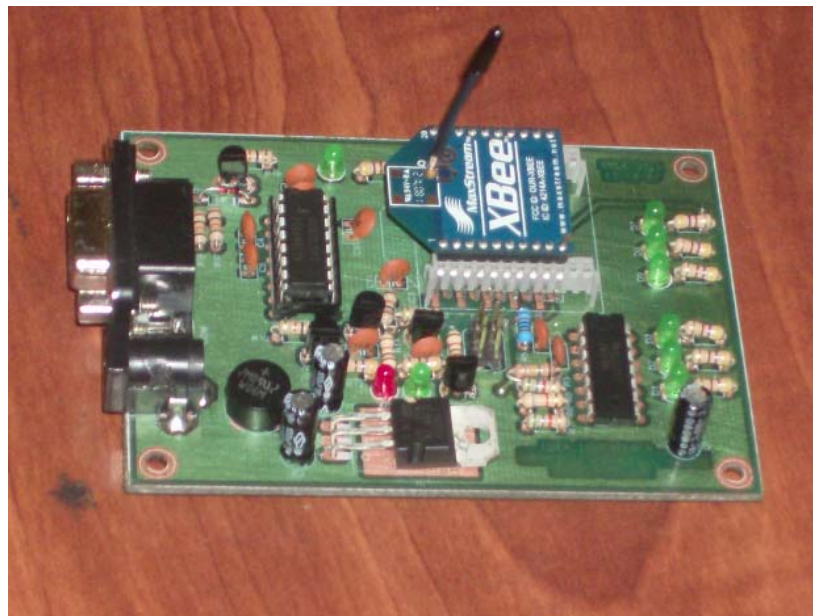
4.2 MONTAJE DE TARJETA INTERFAZ

Los módulos de fábrica vienen configurados con la misma dirección de origen y destino. Para cambiar estas configuraciones e ingresar los comandos AT, se puede utilizar un software gratuito (X-CTU) que permite configurar los módulos de forma clara y simple, mediante una interfaz gráfica que permite ver los comandos sin necesidad de recordarlos para poder usarlos. Sin embargo para poder ingresar los comandos es obligatorio contar con una tarjeta que permita realizar la comunicación entre el computador y el módulo Xbee, por medio de los puertos.

Actualmente Maxstream provee un kit de desarrollo el cual dispone de una tarjeta para suplir las necesidades citadas anteriormente, pero el costo es elevado.

Debido a esto es necesario el desarrollo de la interfaz entre el módulo central y el computador para controlar, autenticar los datos que envíen los módulos de cada zona y cambiar la configuración por defecto de fábrica ver Figura 6.

Figura 6. Tarjeta interfaz PC/ módulos remotos



El plano esquemático de la tarjeta se encuentra disponible en la página oficial de la fábrica en el link de soporte ver Figura 7.

Fuente: Maxstream



4.3 INTERFAZ MÓDULOS XBEE DE CADA ZONA

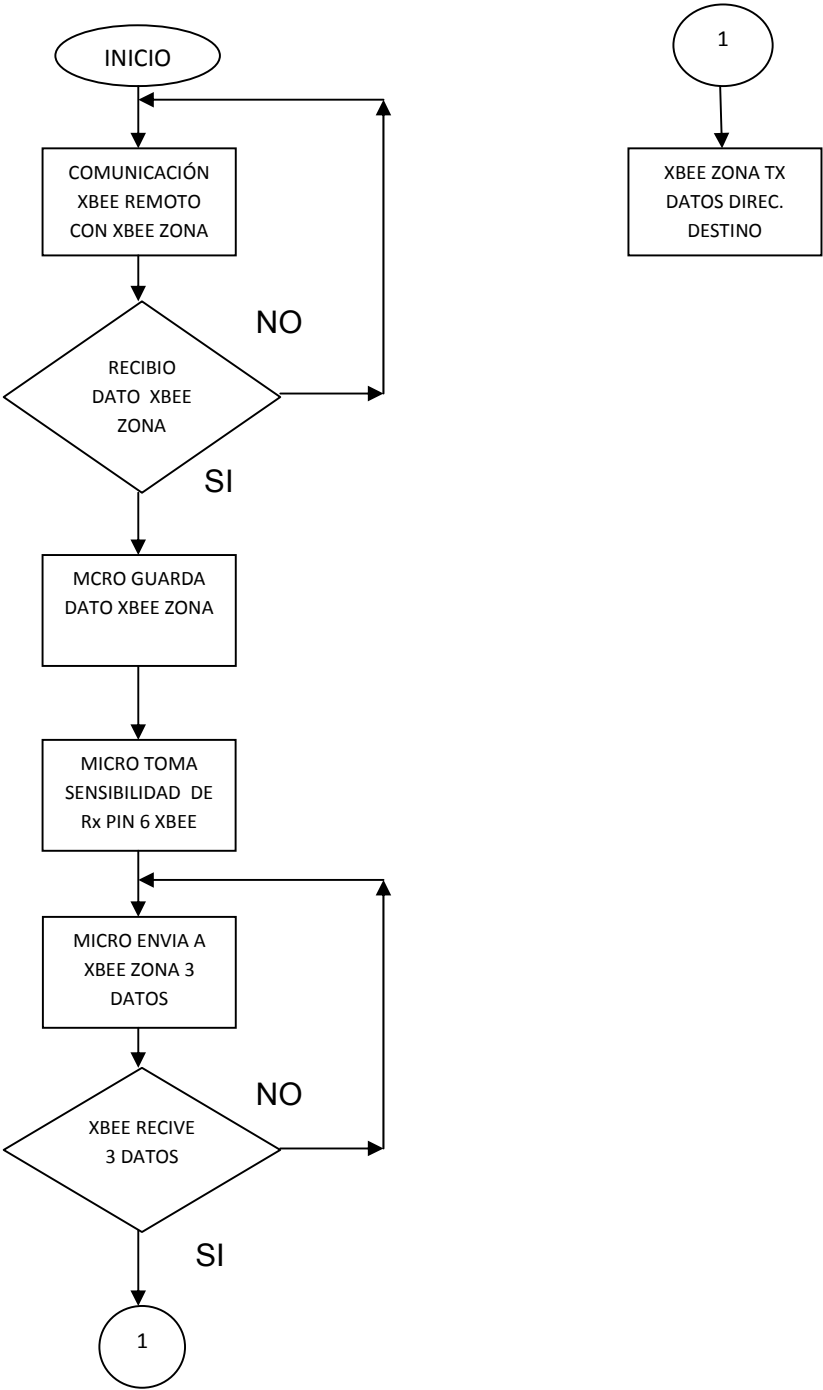
Es necesario realizar una tarjeta para cada módulo de la red inalámbrica, teniendo en cuenta que los módulos que se van a ubicar en cada zona, deben tener un dispositivo que tome los datos recibidos y lo transmita de nuevo con la dirección del módulo. Es necesario conectar el Xbee hacia un dispositivo externo debido a que la configuración interna no permite realizar esta función, a menos que se desee realizar Loop Back.

4.3.1 Desarrollo programa para el microcontrolador. El módulo Xbee de cada zona recibe dos datos: el nivel de sensibilidad de percepción y la dirección del módulo remoto, pero es necesario que esta información sea transmitida al computador para que este determine con la información recibida a que base se encuentra más cerca el remoto.

Para llevar a cabo lo descrito anteriormente es necesario conectar un micro a cada Xbee con el fin de que tome los datos recibidos y los transmita de nuevo con un dato adicional, la dirección del módulo que realizará esta transmisión. El software a utilizar para programar los microcontroladores es Microgrades, utilizando el paquete de desarrollo MGDSTART¹¹ para programar los micros. La decisión de optar por Microgrades se debe a que es un software que permite programar microcontroladores por medio de una interface gráfica y no necesita conocer lenguajes de programación ni las arquitecturas de los microcontroladores para desarrollar dispositivos electrónicamente controlados.

¹¹ WIKIPEDIA, Generador de señales, disponible en internet, <http://www.forosdeelectronica.com/tutoriales/generador.htm> , Consultado en: 12-06-08 : 12:40

4.3.2 Diagrama de flujo XBEE zona



El microcontrolador a utilizar es el 68HC908AP16 de la familia 908 de Motorola y el hardware a utilizar para programarlos es el MAP16SYS.

Figura 8. Programa microcontrolador de las bases



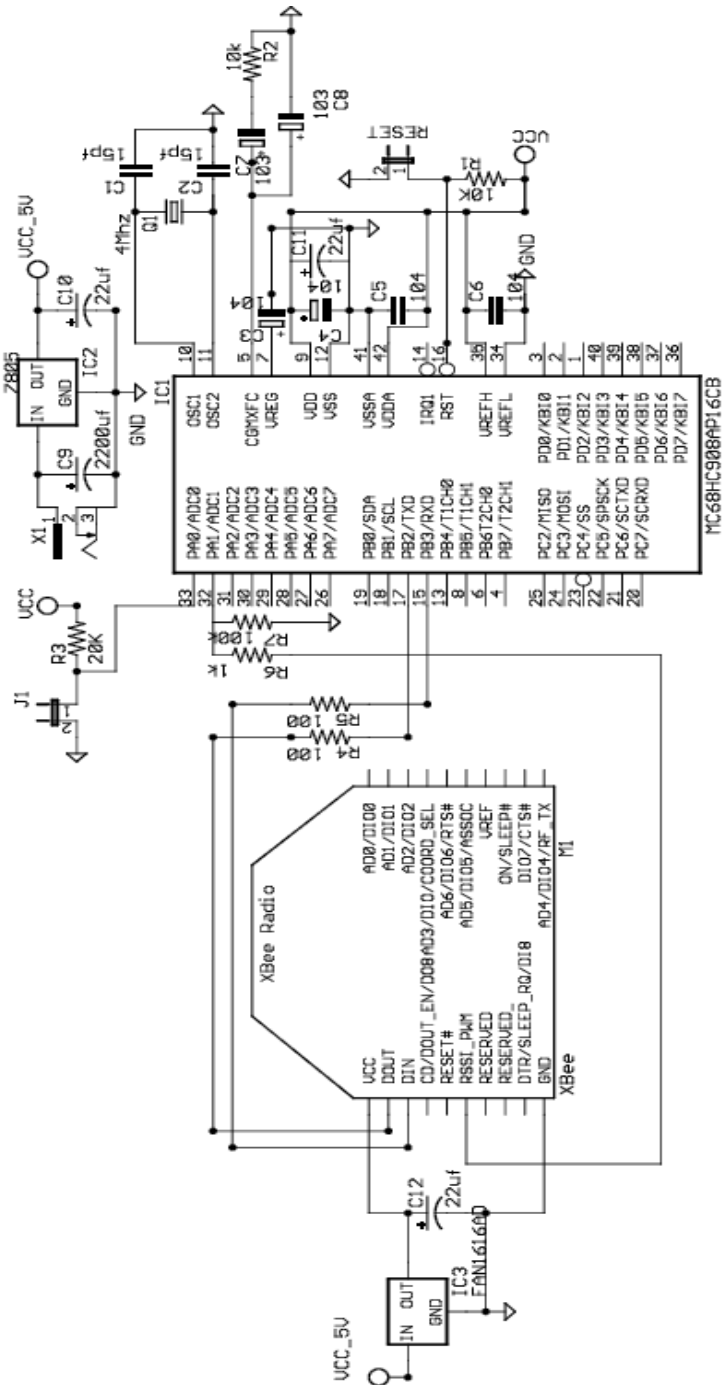
En la Figura 8 se observa el programa que se llevó a cabo para programar los microcontroladores que se ubicarán en la tarjeta a situar en cada zona. El microcontrolador toma los datos que recibe el Xbee por el PIN de Rx (B3) (ver Figura 9) y los traslada hacia el PIN de Tx (B2) con un dato adicional, su dirección, con el fin de identificar en el módulo base qué zona envió la información.

Figura 9. Tarjetas para módulo Xbee



4.3.3 Conexión Xbee a los microcontroladores. La Figura 10 es el plano eléctrico de la conexión entre el módulo Xbee hacia el microcontrolador para realizar la recepción y transmisión. Es necesario tener en cuenta que el nivel de tensión de entrada del módulo Zigbee no debe exceder 3.3 voltios según las especificaciones técnicas de los módulos Xbee ver tabla 1, por esto se conecta un regulador, ya que el microcontrolador con esta alimentación no funciona. Debido a que estas tarjetas se encontrarán en un punto fijo se realiza la alimentación con un adaptador conectado a la red eléctrica.

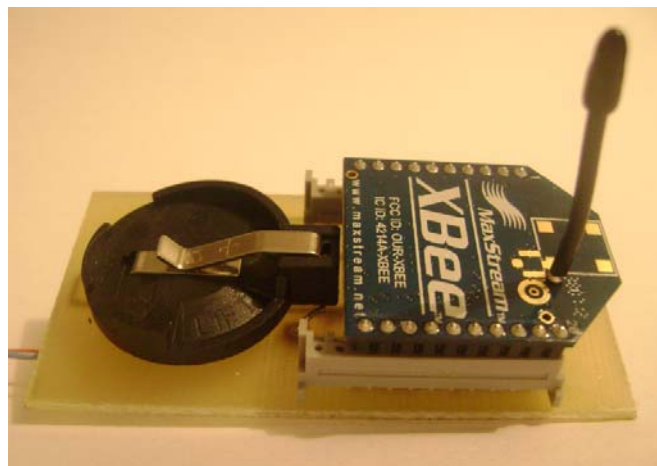
Figura 10. Plano eléctrico tarjeta de cada zona



4.4 INTERFAZ MÓDULO REMOTO

El diseño de la interfaz del módulo remoto es necesario, debido que sobre esta debe ir el respectivo dispositivo electrónico con el fin de complementar la función del Xbee y la fuente de alimentación respectiva.

Figura 11. Plano eléctrico tarjeta remoto



4.4.1 Desarrollo programa para módulo remoto. El módulo remoto que es el que llevará la persona y el cual va a ser ubicado por el sistema, debe cumplir con las siguientes características: Estar emitiendo constantemente una señal con el fin de conocer siempre su ubicación y enviar la dirección del módulo para identificar de quien procede la información.

El microcontrolador a utilizar en esta tarjeta será el 68HC908 QT1 (Anexo C) de la familia 908 de Motorola. El cambio de la referencia con respecto al microcontrolador usado en la tarjeta anterior radica en el tamaño, ya que es el módulo que transportara la persona y precisamente esta es la característica fundamental a tener en cuenta para no incomodar al usuario. Igualmente el

hardware a manipular para su respectiva programación cambio por el MQT1SYS el apropiado para esta referencia ver Figura 12.

Con el programa se asegura que el Xbee remoto emitirá una señal cada segundo y el dato enviado hacia el Xbee de cada zona será la dirección del microcontrolador. Permitiendo así nombrar e identificar nuevos usuarios.

Es de tener en cuenta que al implementar nuevos módulos remotos en la red, se debe cambiar en el programa la dirección final en la penúltima línea del programa ver Figura 13.

4.4.2 Diagrama de flujo XBEE remoto

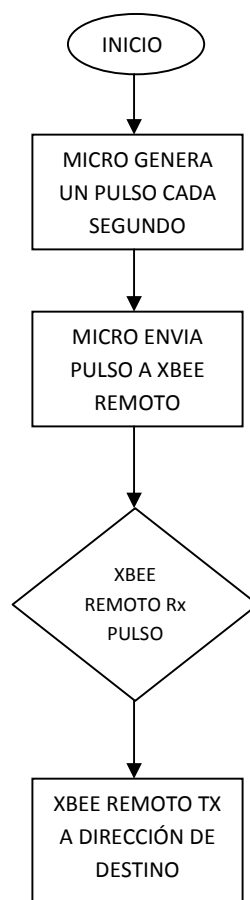
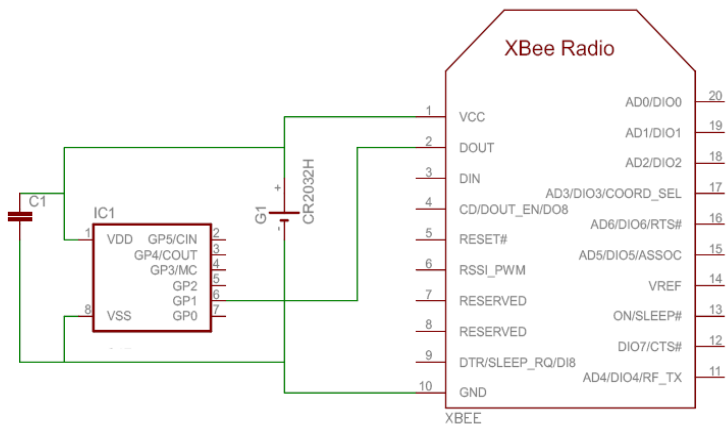


Figura 12. Programa Xbee remoto



Figura 13. Conexión Xbee-QT1



5. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

La primera prueba para recolección de datos, de acuerdo al funcionamiento de los módulos es realizar una comunicación entre dos Xbee. El primer paso a realizar fue el de configurar las direcciones de cada módulo, ubicando cada uno en la tarjeta interfaz de RSR-232 y utilizando el software gratuito que provee el fabricante X-CTU. Es decir que lo que se buscó en esta prueba fue el de comunicar los dos módulos entre sí, de la forma Punto a Punto que es el caso más simple.

5.1 COMUNICACIÓN PUNTO A PUNTO

Por defecto, el módulo XBee funciona en modo transparente. En este modo, el módulo envía al remoto configurado como destinatario los mensajes que recibe por su puerto serie, y presenta en éste los mensajes que recibe del módulo remoto ver Figura 14. Con la ayuda de la tarjeta serial y el software X-CTU, se programó los módulos Xbee de la siguiente manera para que nada más se puedan ver entre ellos, de esta manera evitar interferencia de otros módulos que puedan existir en un área cercana.

Figura 14. Comunicación Punto a Punto



Fuente: Quick start guide_Xbee_OEM

Bastó con programar tres parámetros para poder conectar los módulos. Estos tres parámetros fueron:

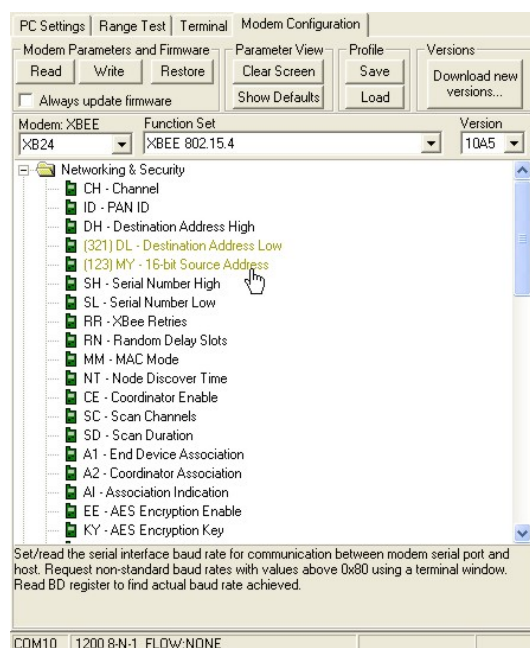
MY DIRECCIÓN ORIGEN

DL DIRECCIÓN DESTINO

BD BAUD RATE (VELOCIDAD DE TRANSMISION)

Sin embargo antes de modificar algún parámetro, se debe obtener la información grabada que tiene cada módulo; en la pestaña READ del software X-CTU. En la figura 15 es posible observar el cambio que se realizó en los dos parámetros del módulo transmisor. En el parámetro MY se introdujo el valor 123 y en el parámetro DL el valor 321; esto quiere decir que el transmisor recibió el nombre de 123 y transmite a un receptor que se llama 321.

Figura 15. Configuración transmisor Punto a Punto

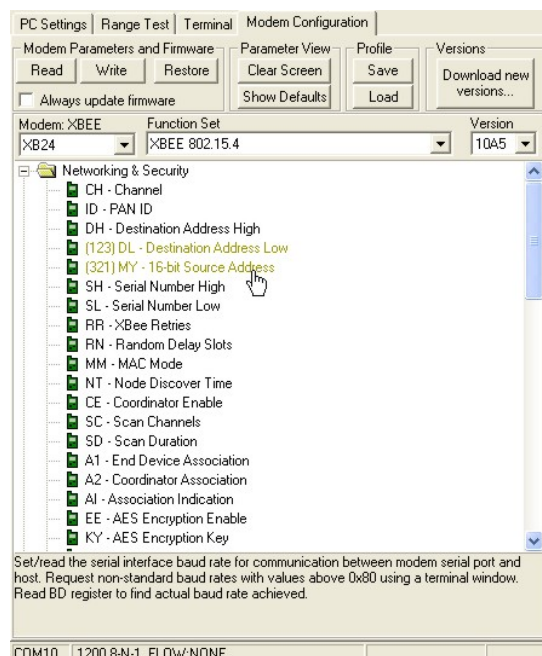


En la figura 16 se observan los parámetros que se cambiaron al módulo que va a cumplir el rol de receptor. En el parámetro MY se cambió el valor por 321 y en DL el valor 123; es decir que nuestro receptor se llama 321 y sólo recibe mensajes del transmisor con nombre 123.

El último parámetro a configurar es BD donde se introducirá el valor de velocidad a la cual los módulos recibirán y enviarán datos. Por defecto siempre vienen programados con 9600 Baudios.

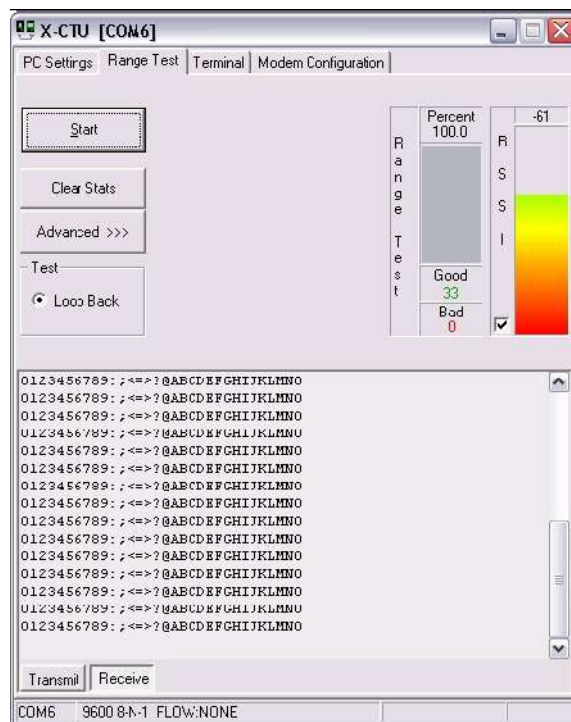
Finalmente cuando se cambiaron los parámetros en el programa X-CTU se hizo click sobre WRITE y el módulo cambió los parámetros por los deseados.

Figura 16. Configuración receptor Punto a Punto



En este caso la prueba se realizó en Loop Back, es decir que los pines 2 y 3 del remoto se unieron y de esta forma se obtuvo un eco del mensaje enviado al puerto serial a través de Range Test en el software X-CTU. También en esta ventana fue posible identificar la distancia a la cual se encontraban los módulos debido a la columna RSSI que varía según la distancia en la que se encuentra el receptor ver Figura 17.

Figura 17. Range Test de comunicación Punto a Punto



5.2 PRUEBA DE ALCANCE DE MÓDULOS XBEE

Según las especificaciones técnicas de la Tabla 1, los Xbee serie 1 en interiores tiene un alcance de 100m. Teniendo en cuenta este parámetro se procedió a realizar una tabla en la cual se tomaron unas distancias como referencia y así tener certeza, qué distancia entre los dos módulos es la apropiada para posteriormente realizar la ubicación del remoto.

Con el fin de realizar la prueba se decidió tomar como variable el voltaje que se obtiene en el PIN 6 del Xbee, ya que por este es que según el manual se obtiene la sensibilidad de recepción. La zona en la cual se realizó la prueba tuvo lugar en un pasillo con línea de vista y sin obstáculos ver Tabla 3 y Figura 17.

Tabla 3. Prueba con línea de vista

Distancia (m)	Voltaje (V)
1	2.75
2	2.68
3	2.655
4	2.62
5	2.6
6	2.48
9	2.36
10	2.33
11	2.18

Una segunda prueba con obstáculos, es decir fuera de la línea de vista en un mismo nivel e ingresando en diferentes salones como se puede observar en la figura 18, arrojó como resultado la tabla 4. Se debe tener en cuenta que para la tabulación de los siguientes datos no se tuvo en cuenta la distancia entre el dispositivo remoto y la base (conectada al computador), si no, el rango de la variación del voltaje al ingresar en cada salón (ver Tabla 4, Figuras 19 y 20).

Se realizó una tercera prueba en la que el módulo remoto se encontraba fuera de la línea de vista en un nivel superior donde la variación de voltaje todavía arrojaba datos por encima de 0.5 voltios. La variación del voltaje en estas dos pruebas deja muy claro que es posible tomar el valor de voltaje de salida en este PIN para identificar la sensibilidad de recepción

Figura 18. Plano locación de pruebas

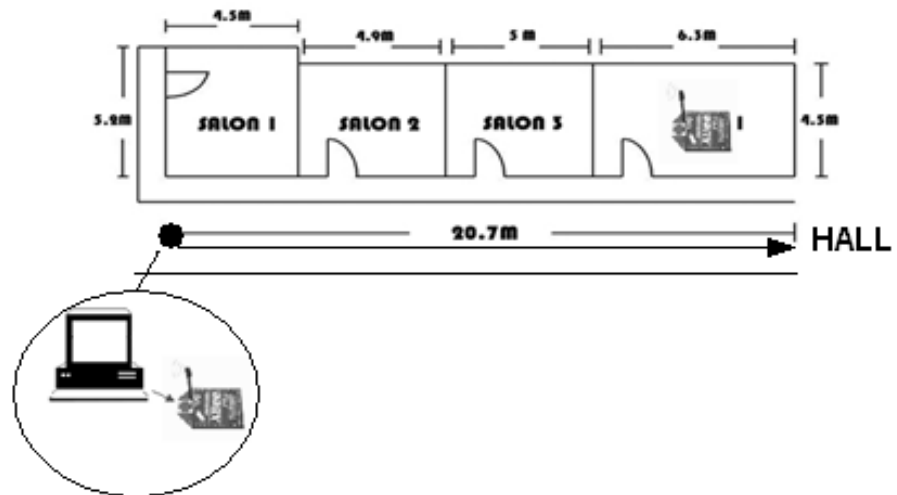


Tabla 4. Prueba fuera de línea de vista

Número de salón	Rango de voltaje (V)	
	Mínimo	Máximo
1	2.57	2.72
2	2.26	2.49
3	1.76	2.18
4	1.12	1.53

Según los datos obtenidos en esta prueba y de acuerdo a la topología donde se realizó, se puede determinar que para evitar que la variación del voltaje tome

valores por debajo de 1V y teniendo en cuenta que el nivel de sensibilidad de recepción baja, se determinó ubicar los módulos a una distancia de máximo 25 m entre sí.

Figura 19. Fotos locación de pruebas



Figura 20. Fotos locación de pruebas



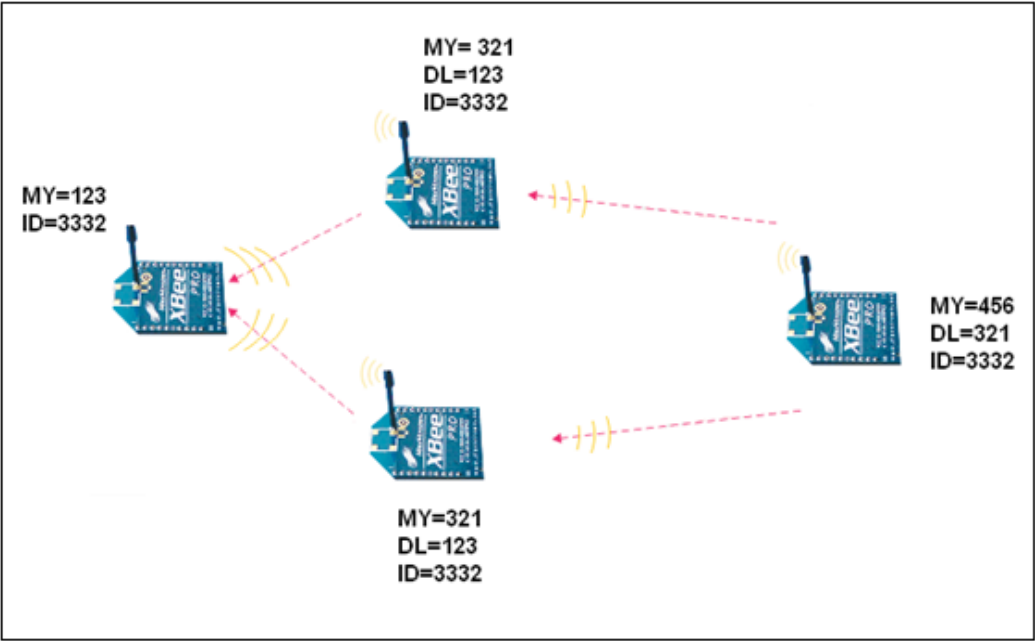
5.3 MONTAJE RED FINAL

El módulo que tiene como rol el de nodo central y al cual llegan los datos de cada zona, se conectara finalmente al Kit de desarrollo AMP16, donde por medio de un pantalla de cristal líquido se puede visualizar en cuál de las zonas monitoreadas por los módulos Xbee se encuentra el dispositivo remoto y de esta manera conocer la ubicación de la persona.

De esta manera también se da uso a la tarjeta de interfaz utilizada para programar los módulos y se reduce el costo en equipos adicionales

Los comandos internos de cada módulo se programaron según los parámetros mencionados en la prueba punto a punto, es decir que la dirección de envío de los módulos ubicados en cada zona corresponde a la dirección de destino del módulo que se encuentra conectado al Kit de desarrollo. A este módulo no hay necesidad de cambiarle la dirección de envío ya que se encuentra configurado para recepción. La dirección de destino de los módulos ubicados en cada zona corresponde respectivamente a la dirección de envío del módulo remoto. De la misma forma a este no hay necesidad configurarle dirección de destino, puesto que el solo va a transmitir. Tal como se puede observar en la Figura 21.

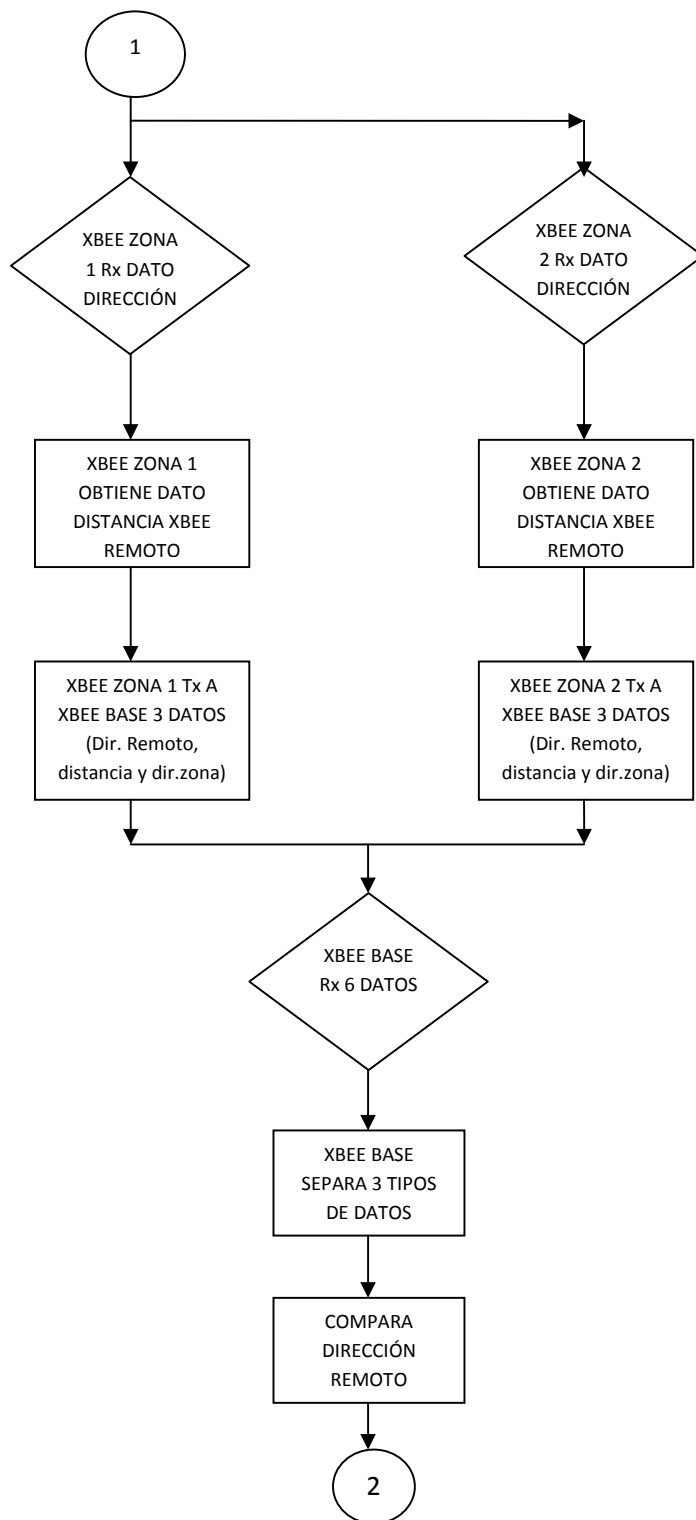
Figura 21. Configuración final de la red

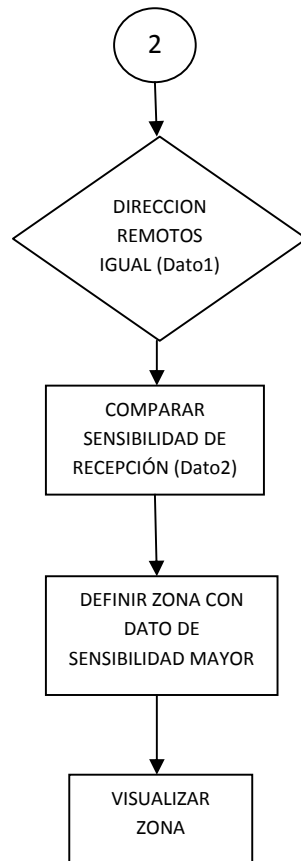


5.3.1 Diagrama de flujo red

INICIO

XBEE REMOTO
Tx A XBEE
ZONA 1 Y 2





6. CONCLUSIONES

- De la búsqueda de tecnologías se determinó que la más adecuada para este proyecto es Zigbee, debido a estar orientada para redes inalámbricas de corto alcance y usa la banda de frecuencias ISM que no requiere licencia. Por otro lado este estándar se caracteriza por su bajo consumo de alimentación, lo cual lo hace ideal para ser empleada en este proyecto.
- El módulo seleccionado para realizar la red inalámbrica fue Xbee, fabricado por Maxstream, debido a que dentro de sus características técnicas ofrece lo necesario para desarrollar este proyecto y además por la forma sencilla y clara de configurar sus parámetros.
- El diseño de la red, las tarjetas y el software, permite la incorporación de nuevos módulos remotos sin necesidad de realizar un nuevo diseño es decir que la red se comportará de manera eficiente cumpliendo con uno de los requisitos de una red: la escalabilidad.
- Los módulos Xbee permiten enviar y recibir los datos que se encuentran en el puerto serial inalámbricamente. Es decir, que son como una extensión de este puerto.
- Gracias al diseño entre el microcontrolador y el módulo Xbee se obtuvo una herramienta práctica y funcional, para asegurar el reconocimiento y la ubicación del módulo remoto.

7. RECOMENDACIONES

- Si es necesario obtener un mayor alcance en la red, se puede emplear el módulo inalámbrico Xbee-Pro, desarrollado también por maxstream. Este módulo brinda mayor potencia de transmisión y sensibilidad en el receptor. Los módulos Xbee y Xbee-pro son compatibles y manejan los mismos comandos de configuración.
- Revisar el valor de la velocidad en la cual el microcontrolador y el Xbee realizarán la comunicación, ya que se puede presentar errores al recibir la información del micro.
- Realizar la actualización del firmware de los módulos Xbee, de acuerdo a las características que se vayan a implementar de este según la aplicación a realizar, debido a que en cada firmware se realizan actualizaciones y permiten utilizar ciertas características que en los anteriores no se podía configurar.
- Es necesario realizar las pruebas de distancia antes de ubicar los módulos según la locación donde se vaya instalar el sistema.

BIBLIOGRAFÍA

BARAN, Nicolas. Revista PC. En: Redes inalámbricas. (abr.1992); p.94-98.

BOYLE, Padriac. Revista PC. En: Sin conexión. (mar.1995); p. 86-97.

CARBALLAR, Jose Antonio. WI-FI : como construir una red inalámbrica. España. Alfaomega. 2005.

GAST, Matthew. Redes wireless 802.11 : configuración y administración de redes inalámbricas. Madrid. Anaya Multimedia. 2006. 768P.

ROLDAN, Martinez José. Comunicación en redes. Creaciones copyright, 2006.

WEBLIOGRAFÍA

http://www.zigbee.org/en/spec_download/zigbee_downloads.asp. Consultado en: 10-02-08: 10:00.

<http://es.checkpointsystems.com> Consultado en: 20-02-08: 13:15

http://www.3com.es/pressbox/techpaper/papers/wireless_computing13.pdf Consultado en: 13-02-08: 16:30

<http://www.ecojoven.com/dos/03/RFID.html> Consultado en: 12-11-07: 9:30

http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_de_sistemas/redesinalambricas/default.asp Consultado en: 27-02-08: 10:15

http://www.mincomunicaciones.gov.co/mincom/src/index.jsp?page=../mods/legislacion/legislacion_user_list

Consultado en: 27-02-08: 12.15

<http://netandtech.wordpress.com/zigbee/wireless-con-zigbee/> Consultado en: 5-03-08: 10:00

<http://www.digi.com/support/productdetl.jsp?pid=3257&osvid=0&s=268&tp=1> Consultado en: 15-03-08: 20.30

<http://www.digi.com/support/kbase/kbaseresultdetl.jsp?id=2118> Consultado en: 20-03-08: 21:00

<http://www.makingthings.com/documentation/tutorial/xbee-wireless-interface> Consultado en: 22-03-08: 12.30

GLOSARIO

ANCHO DE BANDA: expresa la cantidad de datos que pueden ser transmitidos en un periodo de tiempo. En las redes se expresa en bps (bits por segundo).

ANTENA: Una antena es un dispositivo capaz de emitir o recibir ondas de radio. Está constituida por un conjunto de conductores diseñados para radiar (transmitir) un campo electromagnético cuando se le aplica una fuerza electromotriz alterna.

ATM: (modo de transferencia asíncrona) dentro del medio informático hace referencia a la conmutación de paquetes (cells -- celdas o células) de un tamaño fijo con alta carga, rápida velocidad (entre 1,544 Mbps. y 1,2 Gbps) y una asignación dinámica de ancho de banda. También se conoce como "paquete veloz" (fast packet).

DISPOSITIVO MÓVIL: ya sea Tarjeta PCMCIA, USB, PCI (Slot de un PC de sobremesa), Centrino, que sustituyen a las tarjetas de red. Su función es la de recibir/enviar información desde la estación en que están instaladas (portátiles, PDAs, móviles, cámaras, impresoras).

FIBRA ÓPTICA: tecnología para transmitir información como pulsos luminosos a través de un conducto de fibra de vidrio. La fibra óptica transporta mucha más información que el cable de cobre convencional. La mayoría de las líneas de larga distancia de las compañías telefónicas utilizan la fibra óptica.

FIRMWARE: parte del software de un ordenador que no puede modificarse por encontrarse en la ROM o memoria de sólo lectura, Read Only Memory. Es una mezcla o híbrido entre el hardware y el software, es decir tiene parte física y una parte de programación consistente en programas internos implementados en memorias no volátiles. Un ejemplo típico de Firmware lo constituye la BIOS.

IMS: es una banda para uso comercial sin licencia es decir, simplemente se asigna la banda y se establece las directrices de utilización, pero no se involucra ni decide sobre quién debe transmitir en esa banda.

PUNTO DE ACCESO: dispositivo inalámbrico central de una WLAN que mediante sistema de radio frecuencia (RF) se encarga de recibir información de diferentes estaciones móviles bien para su centralización, bien para su enrutamiento

RED INALÁMBRICA: también conocida como WLAN o red wireless, permite a los usuarios comunicarse con una red local o a Internet sin estar físicamente conectado. Opera a través de ondas y sin necesidad de una toma de red (cable) o de teléfono.

SISTEMAS INALÁMBRICOS: Son los diferentes sistemas de medios no guiados para enviar y recibir datos, ejemplo: los infrarrojos, radiofrecuencia, etc.

UART: el transmisor receptor universal asíncrono (universal asynchronous receiver transmitter), es un dispositivo que multiplexa datos paralelos en seriales para ser transmitidos y convierte en paralelos los datos seriales recibidos.

WAP: siglas de "Wireless Application Protocol", protocolo de aplicación de tecnología inalámbrica que posibilita el acceso a páginas web especialmente diseñadas para este lenguaje y está disponible en versiones 1.1 y 2.0.

WIMAX: siglas de "Worldwide Interoperability for Microwave Access" (<http://www.wimaxforum.org>), grupo no lucrativo formado en abril de 2003 iniciativa de Intel/Nokia/Fujitsu/entre otras que certifica la interoperabilidad de los productos con tecnología inalámbrica.

WPA: estándar Wi-Fi, aprobado en abril de 2003, desarrollado para mejorar las características de seguridad del estándar WEP y permitir su implementación en productos inalámbricos.

ANEXOS

ANEXO A.

Normatividad en Colombia para comunicaciones inalámbricas.

El Ministerio de Comunicaciones expidió la resolución 689 del 21 de abril de 2004 que se considera la “norma inalámbrica unificada” porque armonizó y reunió todos los sistemas de acceso inalámbrico tales como Wi-Fi y bluetooth.

Con la expedición de esta resolución el Ministerio de Comunicaciones logró que Colombia esté acorde con los desarrollos tecnológicos de vanguardia y sea uno de los países latinoamericanos pioneros en liberar estas bandas, así promovemos los nuevos desarrollos en tecnologías inalámbricas de banda ancha del país.

Mediante esta resolución se atribuyeron las bandas de frecuencias de libre utilización para los sistemas inalámbricos de baja potencia y se establecieron las especificaciones de operación necesarias en dichas bandas para que no causen interferencia perjudicial a otros servicios de telecomunicaciones.

Las frecuencias son de libre utilización porque cualquier persona en el país puede hacer uso de ellas si posee la tecnología necesaria. Por ejemplo, el estándar Bluetooth es una tecnología inalámbrica de bajo costo que permite la comunicación “sin cables” entre teléfonos móviles, ordenadores personales (PCs), laptops, asistentes digitales personales (PDAs), teclados, mouses, impresoras y otros dispositivos de computación que se encuentren a una distancia menor a 10 metros.

Por su parte, la aplicación Wi-Fi (Wireless Fidelity) es una alternativa para conexión inalámbrica a las redes de telecomunicaciones que permite a los usuarios tener movilidad dentro de un entorno menor a 100 metros, así en Colombia muy pronto puede no ser extraño encontrar a una persona consultando su correo en internet mientras se toma un café en medio del aeropuerto.

La resolución atribuyó los siguientes rangos de frecuencia para los sistemas de acceso inalámbrico y redes inalámbricas de área local que empleen tecnologías de espectro ensanchado y modulación digital de banda ancha y baja potencia:

a). Banda de 902 a 928 MHz, b). Banda de 2 400 a 2 483,5 MHz, c). Banda de 5 150 a 5 250 MHz, d). Banda de 5 250 a 5 350 MHz, e). Banda de 5 470 a 5 725 MHz y f). Banda de 5 725 a 5 850 MHz.

Aunque la utilización del espectro radioeléctrico en las bandas de frecuencias mencionadas anteriormente no requiere licencia, para prestar el servicio a terceros los operadores deben tener la concesión respectiva, en el caso de acceso a internet se necesita la licencia de valor agregado.

Aplicación y desarrollo

El Espectro Ensanchado ó Spread Spectrum (SS) es una técnica de transmisión de datos, en la cual la información de interés se distribuye sobre un ancho de banda mucho mayor que el convencional, y que con un nivel muy bajo de potencia y un alto nivel de protección de interferencia, envía altos contenidos de datos de información.

Los dispositivos de Espectro Ensanchado operan, desde el año de 1985 y fueron la base para desarrollar aplicaciones en las bandas Industriales, Científicas y Técnicas (ICM) de 902 a 928 MHz, de 2 400 a 2 483,5 MHz y de 5 725 a 5 850 MHz, que sin ser propias de telecomunicaciones operan sin necesidad de licencia o autorizaciones. Un ejemplo de estas aplicaciones es el horno microondas.

En las mismas bandas ICM se desarrollaron dispositivos de Espectro Ensanchado que fueron la base para la creación de las redes inalámbricas de área local LAN,

con múltiples aplicaciones tales como los teléfonos inalámbricos residenciales, las cámaras de circuito cerrado de televisión, los dispositivos para apertura de puertas y switches electrónicos

.A partir del año 2002 nuevos desarrollos tecnológicos sobre las mismas bandas de frecuencias lograron ofrecer beneficios adicionales porque permitían un mayor flujo de información y de velocidad de transmisión, alta eficiencia de espectro y menor distorsión, siguiendo los principios de banda ancha y baja potencia. Se distinguen entre estas aplicaciones los estándares Bluetooth y Wi-Fi.

Interferencias

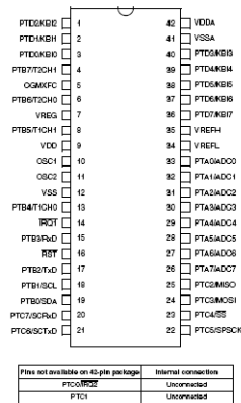
La utilización de sistemas de acceso inalámbrico y redes inalámbricas de área local, que utilicen tecnologías de espectro ensanchado y modulación digital, de banda ancha y baja potencia, está condicionada al cumplimiento de las siguientes condiciones:

- No deben causar interferencia perjudicial a las estaciones de un servicio primario a las que se les hayan asignado frecuencias con anterioridad o se les puedan asignar en el futuro.
- No pueden reclamar protección contra interferencias perjudiciales causadas por estaciones de un servicio primario a las que se les hayan asignado frecuencias con anterioridad o se les puedan asignar en el futuro.
- Si un dispositivo ocasiona interferencia perjudicial a una radiocomunicación autorizada a título primario, aunque el aparato cumpla con las normas

técnicas establecidas en los reglamentos de radiocomunicación o los requisitos de autorización de equipo, se deberá suspender la operación del dispositivo. De comprobarse la continua interferencia perjudicial a una radiocomunicación autorizada, el Ministerio de Comunicaciones podrá ordenar la suspensión definitiva de las operaciones.

ANEXO B

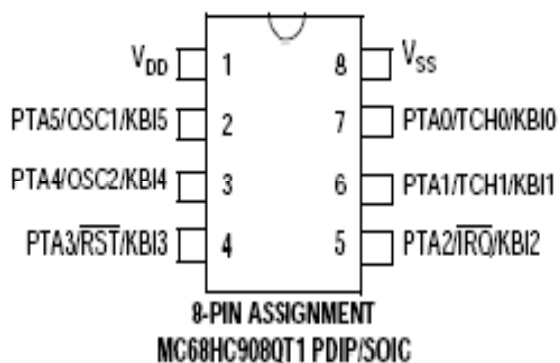
Configuración microcontrolador 68HC908AP16



PIN NAME	PIN DESCRIPTION	IN/OUT	VOLTAGE LEVEL
V _{DD}	Power supply.	In	4.5 to 5.5 or 2.7 to 3.3
V _{SS}	Power supply ground.	Out	0V
V _{DCA}	Power supply for analog circuits.	In	V _{DD}
V _{RSL}	Power supply ground for analog circuits.	Out	V _{RSL}
V _{REFH}	ADC input reference high.	In	V _{DCA}
V _{REFL}	ADC input reference low.	Out	V _{SSA}
V _{RES}	Internal (2.5V) regulator output. Require external capacitors for decoupling.	Out	2.5V ⁽¹⁾
RST	Reset input, active low; with internal pullup and schmitt trigger input.	In	V _{DD}
TRCT	External IRQ1 pin; with internal pullup and schmitt trigger input.	In	V _{DD}
	Used for mode entry selection.	In	V _{DD} to V _{TST}
OSC1	Crystal or RC oscillator input.	In	V _{REG}
OSC2	Crystal OSC option: crystal oscillator output; inverted OSC1.	Out	V _{REG}
	RC OSC option: bus clock output.	Out	V _{REG}
	Internal OSC option: bus clock output.	Out	V _{REG}
CGM0FC	CGM external filter capacitor connection.	In/Out	Analog
PTA0/ADC0 : PTA7/ADC7	8-bit general purpose I/O port.	In/Out	V _{DD}
	Pins as ADC inputs, ADC0-ADC7.	In	V _{REFH}
	Each pin has high current sink for LED.	Out	V _{DD}

ANEXO C

Configuración microcontrolador



Pin Name	Description	Input/Output
V_{DD}	Power supply	Power
V_{SS}	Power supply ground	Power
PTA0	PTA0 — General purpose I/O port	Input/Output
	AD0 — A/D channel 0 input	Input
	TCH0 — Timer Channel 0 I/O	Input/Output
	KBI0 — Keyboard interrupt input 0	Input
PTA1	PTA1 — General purpose I/O port	Input/Output
	AD1 — A/D channel 1 input	Input
	TCH1 — Timer Channel 1 I/O	Input/Output
	KBI1 — Keyboard interrupt input 1	Input
PTA2	PTA2 — General purpose input-only port	Input
	IRQ — External interrupt with programmable pullup and Schmitt trigger input	Input
	KBI2 — Keyboard interrupt input 2	Input
PTA3	PTA3 — General purpose I/O port	Input/Output
	RST — Reset input, active low with internal pullup and Schmitt trigger	Input
	KBI3 — Keyboard interrupt input 3	Input
PTA4	PTA4 — General purpose I/O port	Input/Output
	OSC2 — XTAL oscillator output (XTAL option only) RC or internal oscillator output (OSC2EN = 1 in PTAPUE register)	Output Output
	AD2 — A/D channel 2 input	Input
	KBI4 — Keyboard interrupt input 4	Input
PTA5	PTA5 — General purpose I/O port	Input/Output
	OSC1 — XTAL, RC, or external oscillator input	Input
	AD3 — A/D channel 3 input	Input
	KBI5 — Keyboard interrupt input 5	Input
PTB[0:7] ⁽¹⁾	8 general-purpose I/O ports.	Input/Output

1. The PTB pins are not available on the 8-pin packages.