

El Estándar Inalámbrico ZigBee

1. Introducción a ZigBee

ZigBee es un estándar de comunicaciones inalámbricas diseñado por la ZigBee Alliance. No es una tecnología, sino un conjunto estandarizado de soluciones que pueden ser implementadas por cualquier fabricante. ZigBee esta basado en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (wireless personal area network, 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.

ZigBee es promovida por la ZigBee Alliance, la cual, 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 pululando alrededor de su panal y comunicándose entre ellas.



Figura 1. Icono de la ZigBee Alliance

La especificación 1.0 de ZigBee se aprobó el 14 de diciembre de 2004 y esta disponible a miembros del ZigBee Alliance, esta especificación esta dividido en niveles. La suscripción para el primer nivel se denomina *adopter*. Desde sus anuncios ZigBee a gozado de 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, ZigBee ha surgido no para reemplazar a Bluetooth, pues sus campos de acción son distintos.

2. Características

Algunas de las características de ZigBee son:

- ZigBee opera en las bandas libres ISM (Industrial, Scientific & Medical) de 2.4 GHz, 868 MHz (Europa) y 915 MHz (Estados Unidos).

- Tiene una velocidad de transmisión de 250 Kbps y un rango de cobertura de 10 a 75 metros.
- 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.
- 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 permita 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.).
- 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.
- Su topología de malla (MESH) permite a la red auto recuperarse de problemas en la comunicación aumentando su confiabilidad.

3. Tipos de Dispositivos

Se definen tres tipos diferentes de dispositivos ZigBee según su papel en la red:

- *Coordinador ZigBee (ZigBee coordinator, ZC)*. 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 su *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.

En base a su funcionalidad puede plantearse una segunda clasificación:

- *Dispositivo de funcionalidad completa (FFD)*: es capaz de recibir mensajes en formato del estándar 802.15.4. Gracias a la memoria adicional y a la capacidad de computar, puede funcionar como coordinador o router o puede ser usado en dispositivos de red que actúen de interface con los usuarios.

- *Dispositivo de funcionalidad reducida* (RFD): tiene capacidad y funcionalidad limitadas (especificada en el estándar) con el objetivo de conseguir un bajo coste y una gran simplicidad. Básicamente, son los sensores/actuadores de la red.

4. Arquitectura

ZigBee es una pila de protocolos, que de manera similar al modelo OSI esta constituido por diferentes capas, las cuales son independientes una de la otra. En la figura 2 se muestran las diferentes capas que conforman la pila de protocolos para ZigBee.

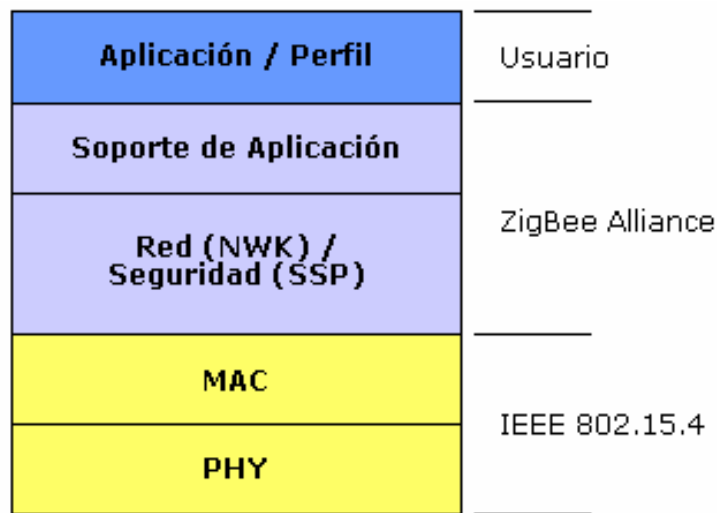


Figura 2. Diferentes capas que conforman la pila de protocolos para ZigBee

- 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 esta descritas en el estándar IEEE 802.15.4–2003. El estándar trabaja sobre las bandas ISM de uso no regulado, dónde se definen hasta 16 canales en el rango de 2.4 GHz, cada una de ellas con un ancho de banda de 5 MHz. Se utilizan radios con un *espectro de dispersión 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. Se debe tener en cuenta que el algoritmo de enrutamiento que se usa es el de *enrutamiento de malla*, el cual se basa en el protocolo *Ad Hoc On-Demand Vector Routing – AODV*. Cuando esta capa se encuentra cumpliendo la función de unir o separar dispositivos a través del controlador de red, implementa seguridad, y encamina tramas a sus respectivos destinos; además, la capa de red del controlador de red es responsable de crear una

nueva red y asignar direcciones a los dispositivos de la misma. Es en esta capa en donde se implementan las distintas topologías de red que ZigBee soporta (árbol, estrella y mesh network).

- La siguiente capa es la de soporte a la aplicación que es el responsable de mantener 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 actuará como coordinador, ruteador 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 interfase 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.

5. Empaquetamiento y Direcccionamiento

En ZigBee, el empaquetamiento se realiza en cuatro tipos diferentes de paquetes básicos, los cuales son: datos, ACK, MAC y baliza. En la figura 3 se muestra los campos de los cuatro tipos de paquetes básicos.

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

La estructura de los paquetes ACK, llamada también *paquete de reconocimiento*, es donde se realiza una realimentación desde el receptor al emisor, de esta manera se confirma 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.

El paquete MAC, se utiliza para el control remoto y la configuración de dispositivos/nodos. Una red centralizada utiliza este tipo de paquetes para configurar la red a distancia.

El paquete baliza se encarga de “despertar” los dispositivos que “escuchan” y luego vuelven a “dormirse” si no reciben nada más. Estos paquetes son importantes para

mantener todos los dispositivos y los nodos sincronizados, sin tener que gastar una gran cantidad de batería estando todo el tiempo encendidos.

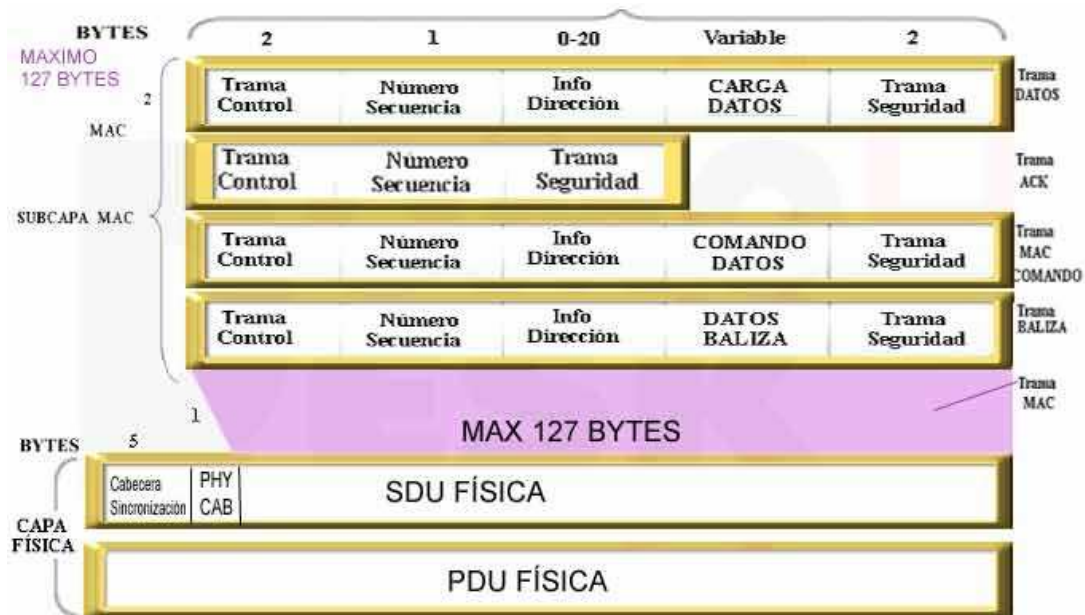


Figura 3. Campos de los cuatro tipos de paquetes básicos de ZigBee.

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 donde 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 de ambos orígenes y destinos (necesarios para operar punto a punto). Este doble direccionamiento es usado para prevenir un fallo dentro de la red.

Los dos mecanismos de acceso al canal que se implementan en ZigBee corresponden para redes “con balizas” y “sin balizas”. Para una red “sin balizas”, un estándar ALOHA CSMA-CA envía reconocimientos positivos para paquetes recibidos correctamente. En esta red, cada dispositivo es autónomo, pudiendo iniciar una conversación, en la cual los otros pueden interferir. A veces, puede ocurrir que el dispositivo destino puede no oír la petición, o que el canal esté ocupado.

Este sistema se usa típicamente en los sistemas de seguridad, en los cuales sus dispositivos (sensores, detectores de movimiento o de rotura de cristales), duermen prácticamente todo el tiempo (el 99,999%). Para que se les tenga en cuenta, estos elementos se “despiertan” de forma regular para anunciar que siguen en la red. Cuando se produce un evento, el sensor “despierta” instantáneamente y transmite la alarma

correspondiente. Es en ese momento cuando el coordinador de red, recibe el mensaje enviado por el sensor, y activa la alarma correspondiente. En este caso, el coordinador de red se alimenta de la red principal durante todo el tiempo.

En cambio, en una red “con balizas”, se usa una estructura de *supertrama* para controlar el acceso al canal, esta *supertrama* es estudiada por el coordinador de red para transmitir “*tramas baliza*” cada ciertos intervalos (múltiples cada de 15.38 ms hasta cada 52 s). Esta estructura garantiza el ancho de banda dedicado y bajo consumo. Este modo es más recomendable cuando el coordinador de red trabaja con una batería. Los dispositivos que conforman la red, escuchan a dicho coordinador durante el “*balizamiento*” (envío de mensajes a todos los dispositivos -broadcast-, entre 0,015 y 252 segundos). Un dispositivo que quiera intervenir, lo primero que tendrá que hacer es registrarse para el coordinador, y es entonces cuando mira si hay mensajes para él. En el caso de que no haya mensajes, este dispositivo vuelve a “*dormir*”, y se despierta de acuerdo a un horario que ha establecido previamente el coordinador. En cuanto el coordinador termina el “*balizamiento*”, vuelve a “*dormirse*”.

Otro aspecto muy importante es la seguridad de las transmisiones y de los datos, los cuales son puntos clave en la tecnología ZigBee que utiliza el modelo de seguridad de la subcapa MAC IEEE 802.15.4, la cual especifica 4 servicios de seguridad:

- Control de accesos, el dispositivo mantiene una lista de dispositivos “*comprobados*” en la red.
- Datos encriptados, los cuales utilizan una encriptación con un código de 128 bits.
- Integración de tramas, para proteger los datos de ser modificados por otros.
- Secuencias de refresco, para comprobar que las tramas no han sido reemplazadas por otras. El controlador de red comprueba estas tramas de refresco y su valor, para ver si son las esperadas.

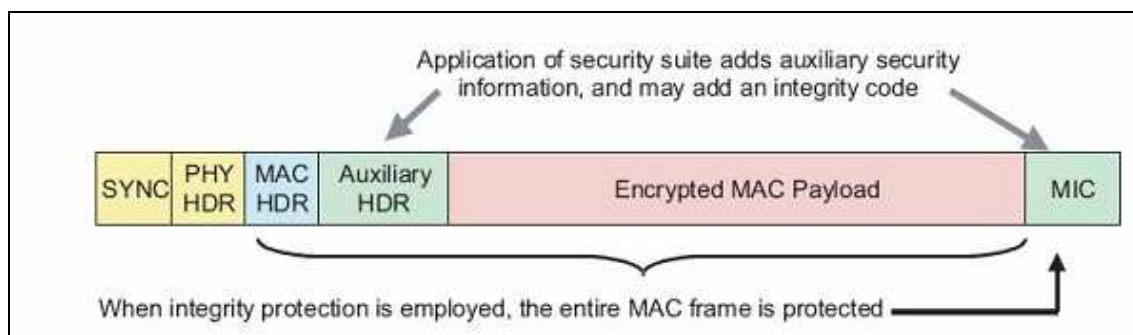


Figura 4. Seguridad en MAC

6. Topologías

En ZigBee existen tres tipos de topologías: estrella, árbol, y en red mallada (mesh network), las cuales pueden observarse en la figura 4. Siempre hay un nodo de red que asume el papel de coordinador central encargado de centralizar la adquisición y las rutas de comunicación entre dispositivos. Además, si se aplica el concepto de Mesh Network, pueden existir coordinadores o routers, alimentados permanentemente en espera de recibir/repetir las tramas de los dispositivos o sensores. Ambos dispositivos son del tipo

FFD (Full Functionality Device), debido a que exigen empotrar la mayoría de primitivas definidas por el stack ZigBee.

Los dispositivos que harán la función de sensores, termostatos o mandos a distancia serán de funcionalidad reducida (RFD, Reduced Functionality Device), y serán alimentados por baterías o pilas.

Sin lugar a dudas, una de las mayores aportaciones del ZigBee y el que mayor interés está despertando a las empresas desarrolladoras de productos, es el concepto de red nodal o mesh network por el que cualquier dispositivo ZigBee puede conectarse con otro dispositivo usando a varios de sus compañeros como repetidores. A este se le conoce como enrutado “multi-salto”, primero hace llegar la información al nodo ZigBee vecino, el cual puede además ser coordinador de la red, para así llegar al nodo destino, pasando por todos los que sean necesarios. De esta manera cualquier nodo ZigBee puede hacer llegar los datos a cualquier parte de la red inalámbrica siempre y cuando todos los dispositivos tengan un vecino dentro de su rango de cobertura.

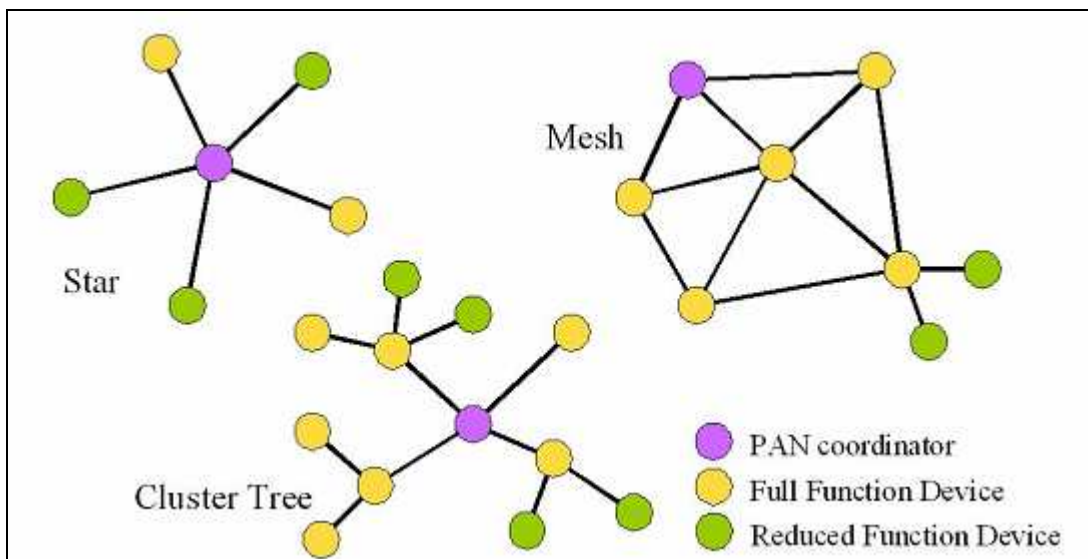


Figura 5. Diferentes topologías de red disponibles en ZigBee.

La aplicación del concepto de Mesh Networks, hará viable muchas aplicaciones de domótica vía radio en viviendas construidas, allí donde las tecnologías radio de generaciones anteriores estaban limitadas en cuanto a la cobertura o alcance entre dispositivos. Gracias a esto la instalación y puesta en marcha de dispositivos de domótica en cualquier vivienda será una tarea muy sencilla e independiente de la tipología y tamaño de esta.

7. Modelos de Comunicación

Una aplicación consiste en un conjunto de objetos que se comunican entre sí y cooperan para llevar a cabo un trabajo. El propósito de ZigBee es distribuir este trabajo entre muchos nodos distintos que se asocian formando una red (este trabajo será en general

local a cada nodo en gran parte, como por ejemplo el control de cada electrodoméstico individual dentro de una vivienda).

El conjunto de objetos que conforma la red se comunican utilizando los servicios de APS, supervisado a su vez por las interfaces ZDO (ZigBee Device Objects). El nivel de aplicación sigue un diseño clásico de servicios estructurados en tipos petición-confirmación/indicación-respuesta. Dentro de un dispositivo puede haber hasta 240 objetos, con números entre 1 y 240. 0 se reserva para el interfaz de datos de ZDO y 255 para broadcast; el rango 241-254 se reserva para usos futuros. Existen dos servicios utilizables por los objetos de aplicación:

- El *servicio de pares clave-valor (key-value pair, KPV)* se utiliza para realizar la configuración, definiendo, solicitando o modificando valores de atributos de objetos por medio de una interfaz simple basada en primitivas get/set, algunas de ellas con petición de respuesta. Se utiliza XML comprimido (extensible a XML puro) para lograr una solución sencilla y flexible.
- El *servicio de mensajes* está diseñado para ofrecer una aproximación general al tratamiento de información, sin necesidad de adaptar protocolos de aplicación y buscando evitar la sobrecarga que presenta KPV. Permite el envío de un payload arbitrario a través de tramas APS.

8. Áreas de Aplicación

El mercado para las redes ZigBee comprende una amplia variedad de aplicaciones. En la actualidad un gran número de las compañías que forman parte de la ZigBee Alliance se encuentran desarrollando productos que van desde electrodomésticos hasta teléfonos celulares, impulsando el área que más les interesa. En la figura 5 se presentan los grupos más dominantes de aplicaciones que están en la mira de ZigBee.

Hay que tener en cuenta que ZigBee está diseñado para aplicaciones que transmiten unos cuantos bytes esporádicamente, que es el caso de una aplicación para automatizar el hogar (domótica). Al usar esta tecnología no habría la necesidad de cablear los interruptores, los cuales podrían ser cambiados de un lugar a otro con plena libertad, pudiendo por ejemplo, prender o apagar las luces de tu casa a través de Internet o utilizando tu teléfono celular en cualquier momento.

Una de las áreas de aplicación que ha tomado fuerza, es la de los sistemas de medición avanzada, medidores de agua, luz y gas que forman parte de una red con otros dispositivos como displays ubicados dentro de las casas, que pueden monitorear el consumo de energía y no sólo eso, sino que también pueden interactuar con electrodomésticos o cualquier otro sistema eléctrico como bombas de agua o calefacción, con la finalidad de aprovechar mejor la energía. Zigbee goza de un importante respaldo para la gestión energética y para las soluciones de consumo eficiente por parte de la industria de los servicios públicos; y por parte de los patrocinadores de las redes energéticas inteligentes en varios países.

Otra área de aplicación prometedora es el rastreo de bienes, también está en la lista la identificación vehicular, nodos ubicados en vehículos que permiten identificar al vehículo a distancia y descargar información que ha recopilado por un periodo de

tiempo determinado, monitorización médica de pacientes y cuidado personal, control de máquinas y herramientas y redes de sensores para el control industrial de plantas de proceso. Este tipo de escenarios se encuentran al alcance de la tecnología actual. Las anteriores son sólo algunas de las múltiples aplicaciones que se le pueden dar a las redes en cuestión.

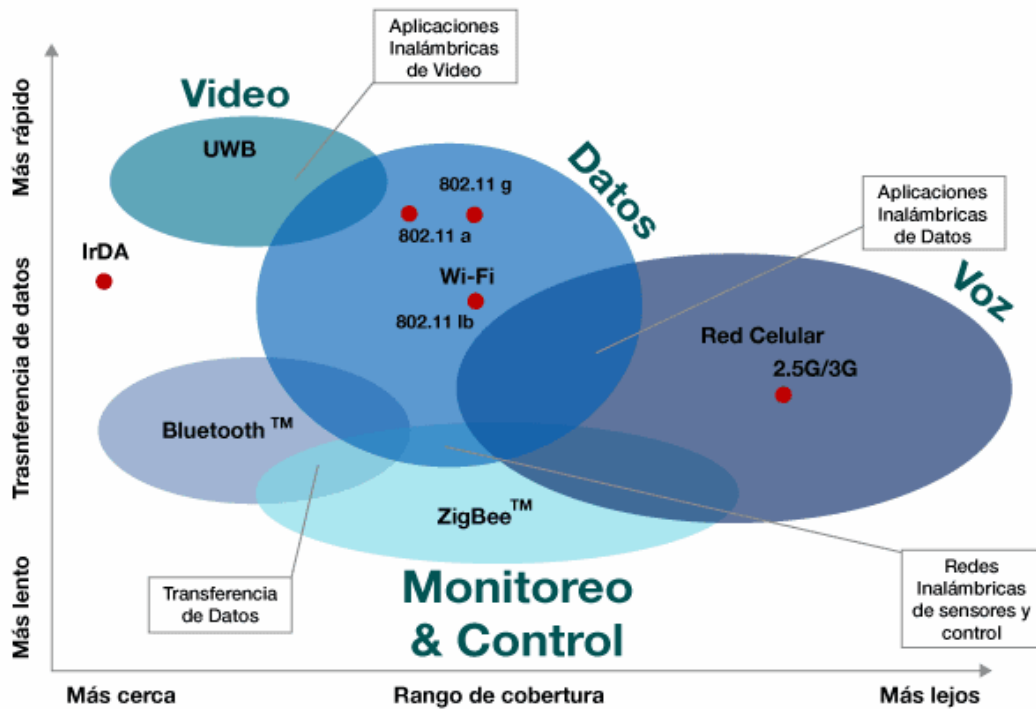


Figura 6. Grupos de aplicaciones que están en la mira de ZigBee.

En general, ZigBee resulta ideal para redes estáticas, escalables y con muchos dispositivos, pocos requisitos de ancho de banda y uso infrecuente, y dónde se requiera una duración muy prolongada de la batería. En ciertas condiciones y para determinadas aplicaciones puede ser una buena alternativa a otras tecnologías inalámbricas ya consolidadas en el mercado, como Wi-Fi y Bluetooth, aunque la falta del soporte de TCP/IP no lo hace adecuado, por sí solo, para la interconexión de redes de comunicaciones IP. Por tanto, la introducción de ZigBee no acabará con otras tecnologías ya establecidas, sino que convivirá con ellas y encontrará sus propios nichos de aplicación. De hecho, según *Wireless Data Research Group*, el mercado de redes de baja potencia y baja velocidad superará los 6.000 millones de euros en el año 2007, si bien es probable que comience en áreas industriales como la automatización industrial y la domótica, antes que llegue a integrarse plenamente en las empresas. Según un estudio de la empresa analista *West Technology Research Solutions (WTRS)*, en el año 2008 podrían existir más de 300 millones de nodos o dispositivos equipados con la tecnología ZigBee, sólo en el sector de la domótica. Por otro lado, la firma *Harbor Research* prevé que para el 2010 haya un rápido crecimiento en la fabricación de equipos ZigBee hasta el año 2010.

9. Aplicaciones de Alto Nivel

No existen muchas aplicaciones de cara al usuario en los que ZigBee este presente, sin embargo existen unos pocos pero que son bastante interesantes. En la figura 7 se observan algunas de las aplicaciones que tiene ZigBee.



Figura 7. Diversos grupos de aplicaciones para ZigBee

Una de las empresas que esta apostando bastante es Telegesys que ha lanzado una pastilla USB llamada ETRX1USB el cual trabaja en una banda de frecuencia de 2.4GHz, con alcance de hasta 100 m de distancia para encontrar otros dispositivos ZigBee, antena omnidireccional y capacidad de utilizar hasta 16 canales para las búsquedas de dispositivos. Esta misma empresa ha desarrollado también el dispositivo ETRX1CF, el cual es un dispositivo en formato de tarjeta Compact Flash, lo que le permite ser utilizado desde un ordenador utilizando el mismo sistema que las tarjetas PCMCIA, de la misma forma podría ser utilizado desde una agenda electrónica o PDA.

Otra aplicación es el lanzamiento del *Kit de Aplicación ZigBee* a cargo de Rabbit Semiconductor Inc, el cual funciona con un módulo RabbitCore™ con módulos inalámbricos ZigBee XBee de MaxStream. En este kit se logra la integración generalizada de ZigBee en aplicaciones embebidas. Esta tecnología destaca por su fiabilidad y sus características económicas y de bajo consumo. Este kit es una aplicación de referencia que incorpora el hardware y el software necesario para instalar una red de control inalámbrica ZigBee en diversas topologías, como las de punto a punto y de punto a multipunto. El software de configuración es muy fácil de usar, permite a sus usuarios instalar una red, descubrir nodos y establecer comunicaciones entre dispositivos ZigBee similares.



Figura 8. ETRX1CF en PDA

También cabe destacar el lanzamiento del primer teléfono que viene de la mano del fabricante coreano *Pantech & Curitel* que ya ha presentado una versión de demostración de lo que será su nuevo teléfono móvil que soporta el protocolo ZigBee. El teléfono es sólo un prototipo pero no han informado de cuando sería la comercialización oficial del aparato, sin embargo no es un secreto que esta tecnología revolucionará también el mundo del móvil.

Sin embargo una de las aplicaciones de gran envergadura y que esta llamando gran atención es el *bastón de ciegos con ZigBee* como parte del proyecto del gobierno japonés llamado “*proyecto sin barreras IT*” (*IT barrier free project*) el cual tiene por objetivo utilizar todo el abanico de tecnologías existentes o venideras para concebir un sistema de localización, guía y prevención de peligros para los invidentes. La idea consiste en instalar en el suelo (veredas, muelles, corredores, estaciones de tren, etc.) etiquetas electrónicas de radiofrecuencia (RFID) en las que se grabará la localización exacta, la presencia o no de un cruce, la presencia o no de una escalera, etc.; esos chips serán leídos por el bastón mediante transmisión inalámbrica con tecnología ZigBee. Sin lugar a dudas que esta aplicación será de gran ayuda y sobre todo abrirá un nuevo horizonte en el ámbito de los dispositivos de comunicación, por ahora se han realizado ya varias pruebas en un centro comercial de Kobe (Japón).

10. Conclusiones

- En la actualidad existen una gran cantidad de estándares que permiten todo tipo de aplicaciones en el ámbito de las comunicaciones inalámbricas, las mismas que permiten grandes tasas de transferencias de audio, video, datos, etc. Sin embargo, estos estándares no son adecuados para situaciones en las que se requiere de un bajo consumo de energía, para ello se ha creado ZigBee.
- La principal aplicación de ZigBee son los sistemas para redes domóticas, pues ha sido creado para cubrir las necesidades del mercado en este campo, sin embargo, ZigBee tiene amplias capacidades de desarrollo que le permite ser utilizado en múltiples aplicaciones.
- A pesar de lo prometedor que es ZigBee desde el lanzamiento de la última especificación de ZigBee no se han formulado avances significativos lo que ha llevado a que muchos piensen que ZigBee sólo quedará en teoría y que todas las expectativas que habían para él queden en nada o en muy poco; es por eso que muchos incluso han previsto la aparición de una nueva tecnología, como por

ejemplo Nokia, que junto con algunos proveedores de tecnología han lanzado **Wibree**, que viene a ser una versión reducida de Bluetooth, más barata, orientada a pequeños dispositivos con autonomía de varios años.

11. Referencias

- [1] Página de Wikipedia: *ZigBee*
<http://es.wikipedia.org/wiki/ZigBee>
Fecha de Acceso: 17/10/07
- [2] Página de Wikipedia: *ZigBee (especificación)*
http://es.wikipedia.org/wiki/ZigBee_%28especificaci%C3%B3n%29
Fecha de Acceso: 17/10/07
- [3] Página de RTC-The magazine of record for the embedded computing industry: *Using ZigBee Wireless Networking to Develop Commercial Products*
<http://www.rtcmagazine.com/home/article.php?id=100656>
Fecha de Acceso: 17/10/07
- [4] Página de NetAndTech: *Wireless con ZigBee*
<http://netandtech.wordpress.com/zigbee/wireless-con-zigbee/>
Fecha de Acceso: 17/10/07
- [5] Página de Casadomo.com: *HomePlug y ZigBee, Protocolos por ondas portadoras y vía radio que eviten la instalación de “nuevos cables” para la domótica.*
<http://www.casadomo.com/noticiasDetalle.aspx?id=7123&c=6&idm=10&pat=10/12-06-07/12:00a.m.>
Fecha de Acceso: 17/10/07
- [6] Christian P. García, *Zigbee, Comunicación para Dispositivos*, Página de Revista Software Guru.
<http://www.sg.com.mx/content/view/392>
Fecha de Acceso: 18/10/07
- [7] Página de DomoDesk: *A fondo: ZigBee*
<http://www.domodesk.com/content.aspx?co=97&t=146&c=43>
Fecha de Acceso: 18/10/07
- [8] J. M. Huidobro, *ZigBee: El nuevo competidor de Bluetooth*, Página de Comunicaciones World-La Revista de los profesionales de redes y telecomunicaciones.
<http://www.idg.es/comunicaciones/articulo.asp?id=173363&seccion=>
Fecha de Acceso: 23/10/07
- [9] Página de Freescale Semiconductor, Electrocomponentes S.A., *Tecnología ZigBee. Un mundo de soluciones inalámbricas*
<http://www.electrocomponentes.com/articulos/diciembre06/zigbee.html>
Fecha de Acceso: 23/10/07
- [10] Página de Domótica.net: *El zumbido de las abejas, ZigBee*
<http://www.domotica.net/2716.html>
Fecha de Acceso: 23/10/07
- [11] Página de Domótica.net: *Bastón de ciegos con Zigbee*
<http://www.domotica.net/2723.html>
Fecha de Acceso: 23/10/07
- [12] Página de Matriz Electrónica S.L.: *Rabbit Semiconductor, INC lanza el kit de aplicación ZigBee/802.15.4 para el control inalámbrico embebido, económico y de bajo costo.*
<http://www.matrix.es/Noticias/verNoticia.asp?IDNoticia=410>
Fecha de Acceso: 23/10/07

[13] Página personal de Christopher I. Diamond: *Zigbee*
<http://homepage.uab.edu/cdiamond/index.htm>
Fecha de Acceso: 23/10/07