

Bluetooth: criterios de selección y comparativa con otras tecnologías inalámbricas

Carlos Marín Pascual

Bluetooth: selection criteria and comparison with other wireless technologies

RESUMEN

Con el desarrollo de las comunicaciones se han creado nuevas necesidades de conectividad y acceso a dispositivos. La última novedad desde hace un par de años son las conexiones inalámbricas, también denominadas wireless. En este campo el sector se interesa por la interoperatividad y la compatibilidad, y se plantean nuevos retos en lo que se refiere a seguridad, movilidad y configuración.

Recibido: 2 de junio de 2011
Aceptado: 4 de diciembre de 2011

ABSTRACT

The development of communications has created new needs for connectivity and for approaching devices. The latest idea for the last two years are the wireless connections. In this field, the industry is very much interested in interoperability and compatibility and it is considering new challenges regarding security, mobility and configuration.

Received: June 2, 2011
Accepted: December 4, 2011

Palabras clave

Bluetooth, comunicaciones, electrónica, redes inalámbricas

Keywords

Bluetooth, communications, electronics, wireless



Foto: Pictelia

Hoy en día las ventajas de las redes inalámbricas están muy claras: abaratamiento de costes con respecto al cableado tradicional, mayor flexibilidad en la colocación de los equipos, compatibilidad con diversos equipos, una amplia oferta de *hardware*, gran fiabilidad, en ocasiones una mínima instalación y una velocidad de transmisión que está en constante aumento.

Las redes inalámbricas amplían la libertad de los usuarios de manera considerable, de tal forma que es posible prescindir de los cables. Además, se reduce el gasto de implementación de estas redes, aunque pueden ocasionar otros gastos que dan como resultado una mayor comodidad al usuario. No se espera que estas redes sustituyan por completo a las cableadas, pero sí que sean tecnologías complementarias y den lugar a las llamadas redes híbridas.

Desde hace unos años han aparecido en el mercado de la electrónica de consumo multitud de elementos electrónicos que llevan incorporado *bluetooth*; hoy por hoy esta tecnología abre el camino hacia lo que algunos llaman la conectividad total sin cables. Pero el *bluetooth* no está solo, sino que, a su vez, han surgido otras tecnologías inalámbricas que, en ocasiones, pueden hacerle sombra. Se dará una rápida visión de esta tecnolo-

gía y será sometida a examen en comparación con las que dicen ser sus competidoras.

Bluetooth

Bluetooth es una tecnología inalámbrica de corto alcance cuyo objetivo es eliminar cualquier tipo de cable, exceptuando los de alimentación, en los dispositivos, tanto portátiles como fijos.

La traducción de *bluetooth* es “diente azul”, y era el sobrenombre de un rey vikingo llamado Arald Blatand que vivió en el siglo X. Durante su reinado consiguió unir los reinos de Dinamarca y Noruega, ambos separados por el mar y enemigos acérrimos entre sí. Once siglos después la compañía Ericsson puso el nombre de *bluetooth* a una nueva tecnología cuyo objetivo era el de mejorar la conexión entre dispositivos al igual que Arald lo consiguió entre dos países.

La tecnología *bluetooth* está pensada para adaptarse a dispositivos de pequeño tamaño y a muy bajo coste y, por ello, está ampliamente difundida en PDA, ordenadores portátiles y teléfonos móviles, en general para establecer pequeñas redes de comunicación, llamadas *piconets*, mediante las cuales cualquier dispositivo puede intercambiar información con otro.

Tal como se establece en la especificación de *bluetooth*, las características más destacables de esta tecnología son: robustez, bajo consumo y bajo coste, elementos fundamentales en cualquier tipo de comunicación. Esta tecnología comprende tanto el *hardware* como el *software* buscando interoperatividad y compatibilidad con cualquier otro dispositivo *bluetooth*, con total independencia del fabricante.

Bluetooth opera en la banda libre de 2,4 GHz, conocida como ISM (Industrial Scientific and Medical). Con esto se garantiza, en principio, que cualquier dispositivo pueda trabajar en cualquier parte del mundo. Sin embargo, existen algunos países, entre los que está España, con una restricción de frecuencias.

En España, *bluetooth* opera en la banda ISM, que no requiere autorización para su uso, pero debido a su empleo masivo en España existe una restricción, ya que parte de las frecuencias comprendidas entre 2,402 GHz y 2,480 GHz están asignadas a otros usos, como teléfonos inalámbricos domésticos, microondas, sistemas antirrobo, etcétera. No se tendrá que esperar mucho tiempo para que las autoridades adapten la legislación vigente para estar en sintonía con el resto de naciones.

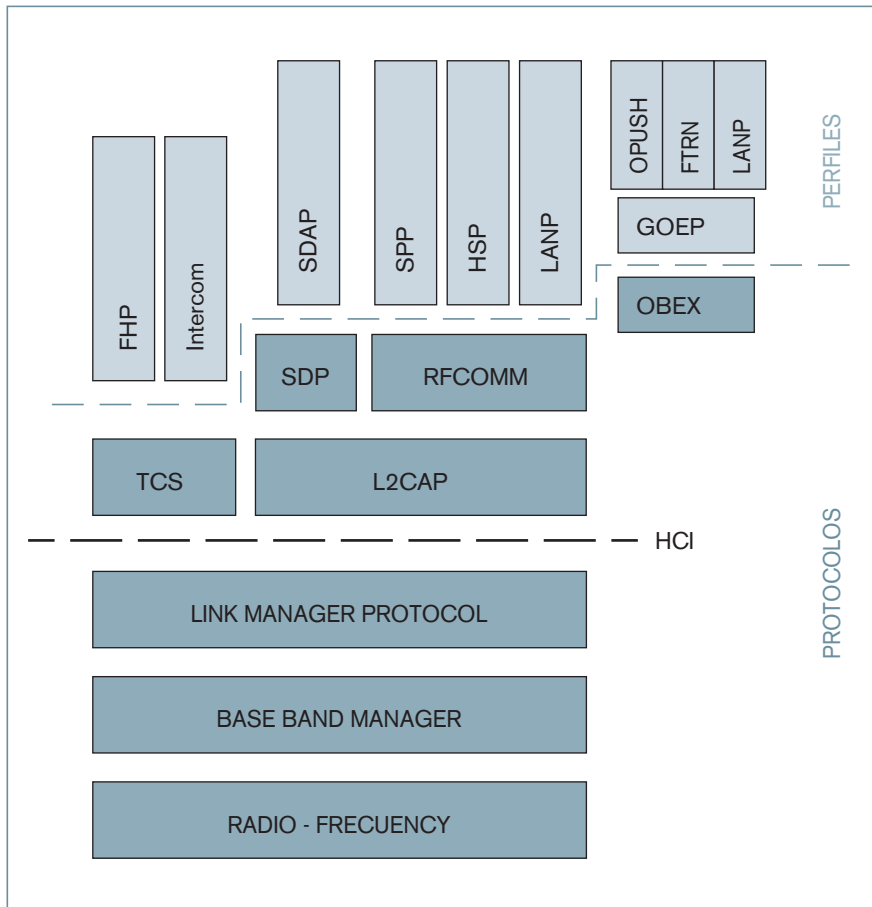


Figura 1. Estructura de protocolos y perfiles de *bluetooth*.

Para el correcto funcionamiento *bluetooth* se emplea un sistema de salto de frecuencias y división en el tiempo (HP/TTD), de tal forma que la frecuencia se divide en intervalos a los que denominamos canales y el tiempo queda dividido en ranuras de tiempo a las que denominamos *slots*. Los dispositivos envían y reciben datos a través de un canal y están continuamente saltando de una manera pseudoaleatoria de un canal a otro; evidentemente, para que la comunicación sea correcta, emisor y receptor tienen que conocer esa secuencia de saltos.

La tecnología *bluetooth* viene definida en su especificación por un conjunto de protocolos y una serie de perfiles. Por protocolo entendemos un conjunto de reglas predefinidas que dos elementos conocen y que hace que se comuniquen correctamente; ahora bien, así como el término *protocolo* está ampliamente extendido en diversas tecnologías, el término *perfil* no tanto, el concepto de perfil es algo más propio de la tecnología *bluetooth*.

¿Qué se entiende por perfil, referido a la tecnología *bluetooth*? Pues bien, un perfil es una forma de comunicación o modelo de uso entre dos dispositivos *blue-*

tooth, siempre referido a nivel de aplicación. Si se observa la estructura de esta tecnología, existen varios protocolos como son HCI, L2CAP, LMP, RFCOMM, SDP, OBEX y varios perfiles como pueden ser GAP, SDAP, SPP, OPUSH, FTRN, DUN, LAN, FAX, etcétera. (Para una descripción completa de protocolos y perfiles véase la especificación de *bluetooth*.)

- TCS: *Telephony Control Specification*
- SDP: *Service Discovery Protocol*
- L2CAP: *Logical and Link Control Adaptation Protocol*
- HCI: *Host Controller Interface*
- FHP: *Freeband Profile*
- SDAP: *Service Discovery Application Profile*
- SPP: *Serial Port Profile*
- HSP: *Head Set Profile*
- LANP: *Local Area Network Profile*
- GOEP: *General Object Exchange Profile*
- OBEX: *Object Exchange*
- OPUSH: *OBEX Object Push*
- FTRN: *File Transfer*
- SYNC: *Synchronization profile*

Después de esta rápida descripción de la tecnología es posible afirmar lo siguiente:

- Es una tecnología muy flexible al permitir distintas topologías de red.

- Dispositivos son relativamente baratos y su consumo relativamente bajo, lo suficiente como para alimentarse por baterías.

- Posibilidad de Stack Bluetooth libre y soportado en múltiples sistemas operativos y arquitecturas.

- Facilidad de programación debido al amplio abanico de perfiles que ofrece la tecnología.

Ahora bien, si los criterios para la elección de una u otra tecnología inalámbrica se basan en el tiempo de conexión, alcance, consumo de potencia extremadamente reducido, velocidad de transferencia, cantidad de datos a transmitir/recibir, etcétera, puede que *bluetooth* no sea la mejor elección. Vamos a ver otras alternativas inalámbricas que también tienen cabida en el diseño de dispositivos industriales.

Infrarrojos

La asociación IRDA (Infrared Data Association) se fundó en 1993, con el objetivo de desarrollar un enlace punto a punto, de bajo coste (el coste es menor que el de *bluetooth*), de bajo consumo con tasas de transferencia desde 115 Kbps en dispositivos estándar hasta 4 Mbps en Fast IR (FIR) e insensible a las interferencias de radiofrecuencia.

Las desventajas que presenta IR es que tiene un alcance de apenas 1 metro y que tanto el emisor como el receptor tienen que estar en línea visual, tolerando únicamente un ángulo de visión de 15 grados; además, no puede atravesar paredes u otros obstáculos físicos.

La tecnología *bluetooth* supera estas restricciones y tiene un alcance mínimo de 10 metros. Puede llegar hasta los 100 metros, y por ser un enlace radiofrecuencia las transmisiones son omnidireccionales, por lo que no le afecta, en teoría, ningún obstáculo físico.

802.11b

Otra de las tecnologías inalámbricas es el estándar establecido por IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) en 1997 al que denominó 802.11. Este protocolo evolucionó hacia el 802.11a y el 802.11b. Este último mantiene el protocolo 802.11, pero añade mayor transferencia de datos y robustez.

El estándar 802.11 tiene un objetivo distinto al de *bluetooth*, aunque ambos trabajan en la banda libre 2,4 GHz.

El objetivo de 802.11 es conectar dispositivos con distancias relativamente largas a una velocidad elevada y puede llegar hasta los 11 Mbps. Puede ser útil cuando

Clase	Máxima potencia de salida (mW)	Máxima potencia de salida (dBm)	Alcance aproximado (m)
1	100	20	100
2	2,5	4	10
3	1	0	0,1

Clases de dispositivos *bluetooth*.

Estándar	Rango	Frecuencia	Velocidad
802.11 a	10 m	5 GHz	54 Mb/s
802.11 b	100 m	2,4 GHz	11 Mb/s
802.11 g	100 m	3,4 GHz	54 Mb/s
802.11 n	10-100 m	2,4 / 5 GHz	540 Mb/s

Tabla 1. Comparativa de los distintos estándares de 802.11.

queremos conectar redes en las que es más caro o es un inconveniente el empleo de cables. El coste de estas redes es elevado, requieren de puntos de acceso físicos (AP) y la configuración es compleja.

Por el contrario, *bluetooth* es empleado para conectar pequeños dispositivos, tales como teléfonos móviles, PDA, cámaras de fotos y otros dispositivos móviles e, incluso, otros dispositivos tales como electrodomésticos, módulos embebidos u otro tipo de *hardware* fuera de la electrónica de consumo.

En comparación con 802.11b, *bluetooth* tiene un alcance y unas tasas de transferencia menores, lo que nos proporciona unos consumos unas 500 veces menores, por lo que es una tecnología de bajo consumo, algo fundamental en los dispositivos móviles alimentados por batería.

Bluetooth viene a sustituir los cables en interfaces serie, ya sea RS232 o USB, mientras que 802.11 sustituye a interfaces de red como puede ser Ethernet.

A partir de aquí nos podemos cuestionar si *bluetooth* puede sustituir a 802.11 o a la inversa. Pues bien, *bluetooth* nunca puede sustituir a 802.11, ya que no puede soportar grandes transferencias de información, no soporta conexiones de usuarios simultáneamente y las distancias que podemos cubrir son como máximo de 100 metros con dispositivos de clase I.

De la misma forma, 802.11 nunca puede sustituir a *bluetooth* debido a que

requiere de una potencia elevada, no soporta comunicación de voz, el equipo estaría excesivamente sobredimensionado, el *hardware* tiene un tamaño mayor y el sistema, más caro.

Visto lo anterior, es muy difícil que una tecnología sustituya a la otra, principalmente porque son formas de conectividad distintas, tanto en su estructura interna como en cuanto a protocolos o aplicaciones para las que se emplean. Por ello, podríamos decir que son tecnologías complementarias pero nunca sustitutorias.

802.11g

802.11b viene a ser el estándar más extendido entre las redes inalámbricas; sin embargo, ya tiene sucesor, y es el 802.11g.

En junio de 2003 se creó el estándar 802.11g con el que se logran transmisiones de 54 Mbit/s en la banda de frecuencia de 2,4 GHz utilizando tecnología OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing).

802.11g seguirá siendo totalmente compatible con 802.11b, con la salvedad de que la velocidad de transmisión será la mínima de ambos, que en este caso es 11 Mbits/s.

UWB

La UWB (Ultra-WideBand) es una tecnología inalámbrica que permite conectar dispositivos electrónicos a cortas dis-



Dispositivo Zigbee XBee comercializado por Digi.

tancias y a velocidades elevadas, todo ello con un bajo consumo. Está pensado para la transferencia inalámbrica de información multimedia de alta calidad, por ejemplo transferir vídeos o conectar un PC a un proyector de forma inalámbrica. Esta tecnología no está completamente desarrollada, pero puede suponer una amenaza para *bluetooth* y wi-fi 802.11, ya que promete tener mayores prestaciones, como un menor consumo.

Se podrían alcanzar transferencias de 1,25 Mbps con alcances de 70 metros y consumos de solo 0,5 mW.

Zigbee

Zigbee es un estándar de comunicación inalámbrica centrado en dispositivos de bajo coste, bajo consumo, velocidades de transmisión bajas, seguridad y fiabilidad. El estándar permite la conexión de dispositivos a distancias entre 10 y 75 metros, dependiendo de la potencia de salida.

Este estándar opera en tres bandas libres que son 868 MHz, 915 MHz y 2,4 GHz. El método de modulación empleado es distinto según la banda que empleemos: para las dos primeras bandas empleamos modulación BPSK, y para la última empleamos modulación O-QPSK.

Zigbee se presenta como un claro competidor de *bluetooth*; sin embargo, presentan distintos campos de aplicación.

Por ejemplo, nunca pensaríamos en utilizar Zigbee para enviar mensajes de correo electrónico o documentación de tamaño elevado, algo llevado a cabo actualmente por wi-fi 802.11, ni archivos o audio, tareas que *bluetooth* realiza con eficacia. Sin embargo, sí pensaríamos en Zigbee como mejor opción para llevar a cabo funciones de enviar lecturas de un sensor, típicamente de unos pocos

Tabla 2. Comparativa de los distintos estándares de 802.11.

Estándar	Rango	Frecuencia	Velocidad
802.11 a	10 m	5 GHz	54 Mb/s
802.11 b	100 m	2,4 GHz	11 Mb/s
802.11 g	100 m	3,4 GHz	54 Mb/s
802.11 n	10-100 m	2,4 / 5 GHz	540 Mb/s

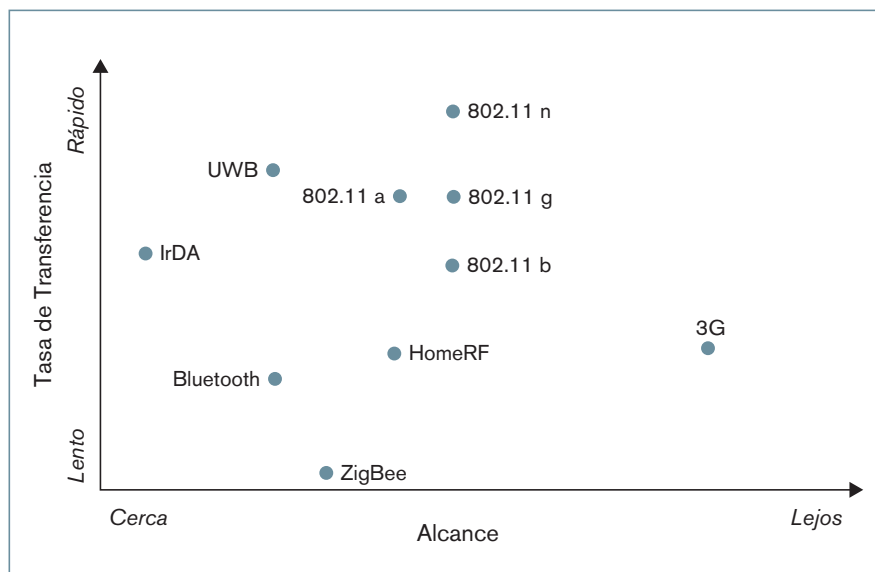


Figura 2. Distribución de tecnologías inalámbricas.

bytes, donde no es necesario un ancho de banda elevado. Zigbee fue creado para enviar paquetes pequeños de datos en una red grande, mientras que *bluetooth* se utiliza para enviar paquetes grandes en una red pequeña.

Otra de las características de este nuevo estándar es el bajo consumo que requiere, logrando que las baterías tengan hasta 10 años de duración. Por el contrario, *bluetooth* fue diseñado para dispositivos móviles en los cuales la batería es fácilmente recargable.

Otra funcionalidad que se persigue en las comunicaciones, y que Zigbee aporta, es una rápida conexión/desconexión a la red a la que se conecta, en tanto que *bluetooth* requiere de hasta dos segundos por conexión y otros dos por desconexión, para lo que Zigbee solo necesita 15 ms.

Zigbee resultaría ideal para automatizar el hogar, juguetes y el control remoto de una cámara de vigilancia, mientras que *bluetooth* se utilizaría en aplicaciones como este último caso, para enviar la señal de la cámara de vigilancia a través de la red del edificio, y resulta extraordinariamente útil en aplicaciones móviles para PDA, teléfonos móviles, etcétera.

Home RF

Home RF está basado en DECT (Digitally Enhanced Cordless Telephone), opera en la banda de los 2,4 GHz y con él podemos conseguir transferencias de 2 Mbs a 50 metros de alcance. Se creó para conectar los distintos elementos electrónicos de consumo dentro del hogar. Es muy similar a *bluetooth* en cuanto a precio y alcance. La principal

diferencia de Home RF es que puede manejar hasta 127 unidades por red, frente a las 8 de *bluetooth*. Además, Home RF emplea 50 saltos por segundo mientras que *bluetooth* emplea 1.600.

Comunicaciones inalámbricas en el futuro

Como todo elemento novedoso, a las tecnologías inalámbricas les ha llegado la hora de ser aceptadas e implementadas. Han tenido que pasar varios años para que esta tecnología se extienda y esté en pleno auge como el momento en el que se encuentra.

Los primeros dispositivos en implementar dicha tecnología fueron pastillas *bluetooth* para conectar en ordenadores, después se implementó en teléfonos móviles y PDA. Hoy por hoy es posible encontrar en el mercado multitud de dispositivos *bluetooth*, como pueden ser impresoras, escáneres, máquinas de fax, cámaras digitales, manos libres de teléfonos, auriculares, cascos, *home-cinemas*, etcétera, y abandonando el campo de la electrónica de consumo, también lo podemos encontrar en equipos industriales, dispositivos embebidos, sistemas médicos, instalaciones de vigilancia y demás.

Bluetooth tiene el potencial de convertirse en una tecnología principal de las comunicaciones inalámbricas, puede hacer un mundo más libre en lo que a conectividad se refiere, más flexible y cómodo.

El desarrollo de estas tecnologías inalámbricas hace que surjan novedosas aplicaciones que podrían tener el mismo impacto que tuvieron los ordenadores o teléfonos móviles años atrás. En un

futuro no muy lejano se podrán ver un sinfín de elementos electrónicos, tanto dispositivos de consumo como industriales, con algún tipo de tecnología inalámbrica integrada.

No se puede asegurar que una tecnología sea mejor que otra de forma absoluta. La elección de una tecnología determinada vendrá dada por las especificaciones de diseño de la aplicación. Lo que sí es posible afirmar es que *bluetooth* y 802.11 están más orientadas a dispositivos de consumo (sin descartar el uso industrial), mientras que Zigbee es más puramente industrial o adecuado para dispositivos totalmente autónomos sin apenas interacción con el usuario.

Una buena referencia es la especificación oficial de cada una de estas tecnologías inalámbricas; dichas especificaciones se encuentran en permanente desarrollo por parte de importantes empresas del sector para mejorar y promover la tecnología, así como para garantizar aspectos claves: interoperatividad, seguridad, consumo, coste, etcétera.

Bibliografía

- Bluetooth Special Interest Group. Especificaciones [En línea]: <https://www.bluetooth.org/Technical/Specifications/adopted.htm> [Consulta: 29 de mayo de 2011]
- Monson, Heidi. Bluetooth Technology and Implications [En línea]: <http://www.sysopt.com/articles/bluetooth/index3.html>. [Consulta: 29 de mayo de 2011]
- IEEE Standards Association. Standards [En línea]: <http://standards.ieee.org/about/get/802/802.11.html>. [Consulta: 29 de mayo de 2011]
- Zigbee Alliance. Zigbee specification overview [En línea]: <http://www.zigbee.org/Specifications/ZigBee/Overview.aspx>. [Consulta: 29 de mayo de 2011]
- Digi International. ZigBee® Wireless Standard [En línea]: <http://www.digi.com/technology/rf-articles/wireless-zigbee.jsp>. [Consulta: 29 de mayo de 2011]

Carlos Marín Pascual

Carlos.Marin@digi.com

Ingeniero técnico industrial en Electrónica Industrial por la Universidad de La Rioja (2005). Actualmente, desarrolla su trabajo como responsable del departamento de System Assurance de Sistemas Embebidos de Digi International Spain (www.digi.com).