



TECNICATURA SUPERIOR EN

Telecomunicaciones

Arquitectura y Conectividad

MÓDULO III Arquitectura de Red IoT. Bluetooth

Integración de Red IoT con Bluetooth

¿Qué es y para que sirve Bluetooth?

El término Bluetooth describe una **tecnología de red** desarrollada por el grupo de trabajo IEEE 802.15.1 del Institute of Electrical and Electronics Engineers estadounidense **como estándar industrial para conexiones inalámbricas**.

La tecnología Bluetooth sirve para la **transferencia de voz y datos punto a punto** sin conexión u orientada a la conexión entre dos dispositivos digitales diferentes. El objetivo principal de esta tecnología es reemplazar las conexiones por cable, es decir, dejarlas obsoletas, lo cual supone una ventaja, sobre todo, para dispositivos móviles como smartphones o tabletas.

En comparación con otras tecnologías de transferencia de datos como USB, LAN o Wi-Fi, Bluetooth está especializada en la transferencia de datos en **distancias cortas**, así como en **el establecimiento de conexiones sencillas y de bajo consumo**.

Puesto que, en comparación con las demás tecnologías mencionadas, en general solo alcanza **velocidades bajas de transferencia de datos**, el envío de paquetes grandes puede requerir algo más de tiempo. Si el objetivo es enviar archivos individuales o servicios y aplicaciones menos complejos, Bluetooth representa, sin lugar a dudas, la solución ideal.



Integración de Red IoT con Bluetooth

¿Por qué existe Bluetooth?

La invención de Bluetooth deriva del problema, por todos conocido, de la “maraña de cables”: ya en los años ochenta se intentaron sustituir las tecnologías de conexión tradicionales de cables por **alternativas inalámbricas** siguiendo distintos métodos.

Una candidata prometedora fue la tecnología de infrarrojos que, por ejemplo, se utilizó para comunicar ordenadores e impresoras. Sin embargo, el consumo de energía relativamente alto, unido a la necesidad de establecer y mantener un “contacto visual” directo entre los aparatos a conectar, impidió que la tecnología se impusiera.

En los años noventa, un consorcio formado por las empresas electrónicas Ericsson, IBM, Intel, Nokia y Toshiba dio vida al **Bluetooth Special Interest Group** (abreviado: Bluetooth SIG), que buscaba desarrollar una solución tecnológica propia. Hasta el momento, “Bluetooth” era únicamente **el nombre en clave del proyecto**. Sin embargo, ante la ausencia de otras propuestas, pronto se aceptó como el nombre comercial definitivo.



Integración de Red IoT con Bluetooth

¿Cómo funciona el Bluetooth?

Bluetooth es el resultado de la colaboración de numerosas partes. Este sistema inalámbrico básico se lo debemos fundamentalmente al trabajo de los profesores universitarios Japp Haartsen y Sven Mattisson, de nacionalidad holandesa y sueca respectivamente, que trabajaban para la empresa de telefonía móvil e internet **Ericsson**.

Por otra parte, y en gran medida, Bluetooth también debe agradecer otros aspectos a las empresas tecnológicas **Intel** y **Nokia**. Conoce a continuación los antecedentes tecnológicos.

El chip Bluetooth

Para que un dispositivo digital sea compatible con Bluetooth, este debe contar con un **software adecuado para controlar la transferencia de datos**, así como con un **chip Bluetooth** especial que dispone de una unidad transmisora y otra receptora, y que está integrado en el hardware. Entre los fabricantes más conocidos de estos chips se encuentran Atheros, Nordic Semiconductor o Toshiba. También se puede conectar un **adaptador Bluetooth en el puerto USB** de un dispositivo y, con ello, añadir esta función.



Integración de Red IoT con Bluetooth

¿La conexión Bluetooth

La frecuencia dedicada a Bluetooth es una banda ISM sin licencia **entre los 2,402 GHz y los 2,480 GHz**. Los dispositivos compatibles que cumplen los estándares del Bluetooth SIG pueden, como dispositivos de corto alcance o Short Range Devices (SRD), **enviar por este rango de frecuencias** en todo el mundo y sin licencia. Para poder identificarlo sin ningún género de dudas, cada aparato está provisto de una **dirección MAC de 48 bits** individual.

Una conexión puede iniciarse en cualquier tipo de dispositivo, que se erige en “master” (“maestro”) frente a los **“slaves”** (“esclavos”, es decir, los dispositivos implicados) y que juntos establecen una red conocida como **“piconet”** (una red Bluetooth). Esta puede existir durante un tiempo indefinido hasta que el maestro vuelva a desactivar la función Bluetooth en su sistema. Los dispositivos que se quieren conectar a una piconet “escuchan” en modo exploración cada 2,56 segundos a la espera de la señal del maestro. El establecimiento de la conexión se efectúa de media en 1,28 segundos. La conexión de dos o más dispositivos vía Bluetooth también se conoce como **“pairing”** (“emparejar”).



Integración de Red IoT con Bluetooth

En la práctica, los usuarios de una piconet tienen que encontrarse **en proximidad directa** y tener **activa la función Bluetooth en el dispositivo correspondiente**.

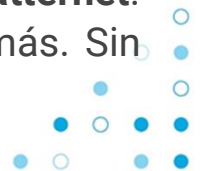
La activación se realiza, según el dispositivo, a través de un software especial, un panel de control o una tecla con el símbolo de Bluetooth. Después, el establecimiento de la conexión debe autorizarse por medio de un código **PIN** (que suele tener cuatro dígitos) que aparece en la pantalla del dispositivo esclavo o que se indica en el manual en cuestión.

Este proceso, también conocido como “asignación de clave”, garantiza la seguridad frente a terceros y, por lo general, se realiza **una sola vez**. Después, el dispositivo “emparejado” se almacena en una lista y se conecta siempre de forma automática en cuanto la piconet está dentro de su alcance —siempre y cuando el Bluetooth esté activado.

La red Bluetooth (piconet)

Una red conocida como piconet está integrada por **ocho dispositivos Bluetooth activos** como máximo. Además, en teoría, la red puede mantener hasta otros 200 dispositivos en modo de espera o de ahorro de energía al mismo tiempo dentro de la red y que se activen a petición. Un dispositivo Bluetooth puede estar registrado como esclavo en distintas piconets, pero solo puede funcionar como maestro en una. **Hasta diez piconets** forman lo que se conoce como **scatternet**.

Todos los dispositivos que conforman la red pueden ponerse en contacto con los demás. Sin embargo, la velocidad de transmisión de datos se resiente.



Integración de Red IoT con Bluetooth

El perfil Bluetooth

Por eso, cada chip Bluetooth viene con lo que se conoce como una **pila o colección** de protocolos. Se trata de un paquete de software que contiene los servicios para utilizar varios perfiles Bluetooth. Al igual que los controladores de un ordenador, estos perfiles establecen qué tipo de datos se pueden transferir entre los aparatos y qué servicios están disponibles.

Los perfiles que domina un dispositivo se pueden leer principalmente en sus especificaciones técnicas. Para poder utilizar determinadas funciones, todos los dispositivos que participan deben ser compatibles con los mismos perfiles. A menudo, los perfiles que faltan se pueden obtener y completar, por ejemplo, a través de la página de Internet del fabricante del chip o del proveedor de perfiles.

La siguiente tabla incluye algunos de los **perfiles estándar que más se utilizan**. Dado que se añaden nuevos perfiles constantemente para poder reaccionar ante los nuevos requisitos de los dispositivos, la tabla no es definitiva.



Integración de Red IoT con Bluetooth

Sigla del perfil	Nombre del perfil	Función	Dispositivos (ejemplos)
A2DP	Advanced Audio Distribution Profile	Transmisión de datos de audio en calidad estéreo	Dispositivos de manos libres, auriculares, reproductor de MP3
AVRCP	Audio/Video Remote Control Profile	Control remoto de reproductores de audio y de vídeo	Televisores, equipos de música, ordenadores portátiles
BIP	Basic Imaging Profile	Transmisión de archivos de imagen	Cámaras digitales, impresoras, smartphones
BPP	Basic Printing Profile	Conexión a impresoras	Impresoras, ordenadores portátiles, smartphones
CTP	Cordless Telephony Profile	Conexión a teléfonos inalámbricos	Ordenadores, ordenadores portátiles, teléfonos inalámbricos
FAX	Perfiles de fax	Conexión a dispositivos de fax	Ordenadores, dispositivos de fax, ordenadores portátiles, smartphones
GATT	Generic Attribute Profile	Transmisión de bajo consumo de pequeñas cantidades de datos a través de Bluetooth 4.0 Low Energy	Ordenadores, ordenadores portátiles, smartphones
HDP	Health Device Profile	Conexión segura para equipos médicos	Mandos a distancia, equipos médicos
HFP	Hands-Free Profile	Conexión a dispositivos de manos libres	Dispositivos de manos libres, smartphones
HID	Human Interface Device Profile	Conexión a dispositivos de entrada	Ordenadores, ratones, teclados
HSP	Headset Profile	Conexión con auriculares	Ordenadores, dispositivos de manos libres, smartphones



Integración de Red IoT con Bluetooth

Sigla del perfil	Nombre del perfil	Función	Dispositivos (ejemplos)
ICP	Intercom Profile	Comunicación de voz directa	Ordenadores, teléfonos inalámbricos, smartphones
OBEX	Object Exchange Profile	Intercambio de datos genérico entre dos dispositivos	Ordenadores, ordenadores portátiles, smartphones
PBA	Phonebook Access Profile	Disposición de datos de agenda	Dispositivos de manos libres, smartphones
(r)SAP	(remote) SIM Access Profile	Suministro de datos de una tarjeta SIM de un teléfono móvil	Dispositivos de manos libres, smartphones
VDP	Video Distribution Profile	Transmisión de señales de vídeo	Videocámaras, ordenadores, reproductores de vídeo portátiles



Integración de Red IoT con Bluetooth

¿En qué tipo de dispositivos se utiliza Bluetooth?

- **Ordenadores de sobremesa y portátiles:** muchos sistemas operativos actuales Windows y Linux son compatibles con Bluetooth de serie. Un chip integrado en el hardware permite la conexión de distintos periféricos como ratones, teclados, auriculares o impresoras. Además, la tecnología inalámbrica se utiliza para los tokens de seguridad de la [autenticación de doble factor](#).
- **Dispositivos móviles:** prácticamente todos los teléfonos y tabletas modernos integran chips Bluetooth. Gracias a ellos podemos sincronizar archivos, fotos y vídeos con el ordenador personal.
- **Dispositivos de salida de audio:** muchos altavoces y auriculares inalámbricos disponen de Bluetooth, lo que permite reproducir archivos MP3 directamente desde el smartphone.
- **Dispositivos de manos libres:** si el smartphone se acopla por Bluetooth al dispositivo de manos libres del automóvil o del casco, se puede responder a las llamadas entrantes directamente. En vehículos bien equipados, el ordenador de a bordo también es compatible con esta tecnología inalámbrica, lo que permite navegar por los contactos y menús del teléfono móvil desde la pantalla del habitáculo.
- **Dispositivos deportivos y domótica:** algunas pulseras de actividad y relojes inteligentes envían datos relativos a la salud directamente a la aplicación de salud del smartphone a través de Bluetooth. Los electrodomésticos con Bluetooth, los sistemas de alarma, las cerraduras electrónicas o los marcos de fotos digitales también han contribuido al éxito de los [sistemas de domótica](#) en todo el mundo.



Integración de Red IoT con Bluetooth

¿En qué tipo de dispositivos se utiliza Bluetooth?

- **Juguetes y videoconsolas:** la industria del juguete lanza constantemente al mercado nuevas muñecas y figuras de acción que pueden comunicarse e interactuar entre ellas a través de Bluetooth. Los mandos de videoconsolas tan populares como Nintendo Switch, Play Station 4 y Xbox ONE también funcionan a través de este estándar inalámbrico.
- **Tecnología médica:** los audífonos de gama alta pueden estar equipados con función de manos libres gracias a la tecnología Bluetooth. Además, ahora es posible configurar de forma inalámbrica prótesis avanzadas de brazos y piernas, bombas de insulina y medidores de glucosa.
- **Industria:** la tecnología de comunicación inalámbrica no se olvida de impulsar la propia industria, pues las máquinas y las plantas de fabricación están interconectadas y hacen posible que se puedan automatizar aún más los procesos de producción.



Integración de Red IoT con Bluetooth

¿Qué versiones de Bluetooth existen?

A mediados de 1999 se lanzó **Bluetooth 1.0a**, la **primera versión** del nuevo estándar inalámbrico, que tenía una velocidad de transmisión de datos de 732,2 kbps en aquellos momentos. Sin embargo, tuvo que enfrentarse a algunos defectos iniciales y problemas de seguridad, al igual que le sucedió a 1.0b, su sucesor.

Bluetooth 1.1 (principios de 2001) fue quien sentó por primera vez **las bases de un producto que se podía comercializar**.

Desde entonces, el sistema se ha seguido desarrollando y mejorando continuamente, prestando especial atención a la seguridad, la resistencia a las interferencias y la velocidad de conexión.

El resultado es un **abanico de versiones de Bluetooth** que se basan las unas en las otras y que se distinguen sobre todo por la velocidad máxima posible de transmisión de datos, pero también por sus funciones y aplicaciones.



Integración de Red IoT con Bluetooth

Versión de Bluetooth	Lanzamiento	Máxima velocidad de transmisión de datos	Novedades más importantes
Bluetooth 1.0a	Julio de 1999	732,2 kb/s	Primera versión oficial
Bluetooth 1.0b	Diciembre de 1999	732,2 kb/s	Mejoras generales
Bluetooth 1.1	Febrero de 2001	732,2 kb/s	Problemas de conexión y de seguridad resueltos; primera versión comercializable; cifrado; hasta siete conexiones simultáneas
Bluetooth 1.2	Noviembre de 2003	1 Mb/s	Compatibilidad descendente con Bluetooth 1.1; menos susceptible a las interferencias gracias al AFH (Adaptative Frequency Hopping)
Bluetooth 2.0 + EDR	Noviembre de 2004	2,1 Mb/s	Tasas de transmisión de datos tres veces mayores gracias al EDR (Enhanced Data Rate); diversos métodos para el ahorro de energía; uso adicional de NFC (Near Field Communication) para el emparejamiento
Bluetooth 2.1 + EDR	Agosto de 2007	2,1 Mb/s	Conexión automática sin PIN gracias al Secure Simple Pairing
Bluetooth 3.0 + HS	Abril de 2009	24 Mb/s	Canal adicional de alta velocidad (HS) basado en Wi-Fi y UWB (banda ultra ancha)
Bluetooth 4.0 LE (también: Bluetooth smart)	Diciembre de 2009	24 Mb/s	Pila de protocolos Low Energy (LE) para distintos métodos de ahorro de energía (p. ej., perfil GATT) para dispositivos pequeños; corrección de errores mejorada; cifrado de 128 bits
Bluetooth 4.1	Diciembre de 2013	25 Mb/s	Los dispositivos más pequeños ya no necesitan intermediarios; IPv6
Bluetooth 4.2	Diciembre de 2014	25 Mb/s	Mejoras generales
Bluetooth 5.0	Diciembre de 2016	50 Mb/s	Aumento considerable del alcance y de las tasas de transmisión de datos



Integración de Red IoT con Bluetooth

Entretanto, existen más de diez versiones de Bluetooth que, con la excepción de la variante 4.0 LE de bajo consumo, **son compatibles entre ellas**. Las versiones más antiguas como Bluetooth 3.0 raramente se utilizan.

Cuando muchos usuarios y expertos ya hablaban del Bluetooth como de una “estrella fugaz”, la **versión 4.0 LE** resucitó la tecnología. El uso de la pila de protocolos Low Energy hizo posible un **bajo consumo** sin precedentes, lo que permitió que Bluetooth también se pudiera utilizar en **dispositivos muy pequeños** como relojes inteligentes, cerraduras electrónicas y bombillas inteligentes. Desde entonces, este estándar inalámbrico de casi veinte años es uno de los principales impulsores del [internet de las cosas](#) (Internet of Things, abreviado: IoT).

La **versión 4.1** permite que incluso los dispositivos más pequeños ahora puedan comunicarse con otros dispositivos **sin “intermediarios”**. De esta manera, una pulsera de actividad puede controlar directamente un pulsómetro sin tener que dar un rodeo por el smartphone. Otra novedad es la compatibilidad con [IPv6](#), que hace que todos los dispositivos del Internet de las cosas compatibles con Bluetooth tengan su propia dirección IP, desde la cual el usuario puede controlarlo a través de Internet. Hasta el momento, la **versión 4.2** es la que tiene el **máximo nivel tecnológico**, que se caracteriza por los paquetes de datos más pequeños, una mayor velocidad, una duración prolongada de la batería y seguridad reforzada.

Pero la historia no termina aquí: en diciembre de 2016, SIG lanzó el esperado **Bluetooth 5.0**, que sigue especializándose **en dispositivos del Internet de las cosas** y que, si lo comparamos con su predecesor, ha mejorado en todos los aspectos. Así, con un consumo de energía bajo constante **ha sido posible aumentar la capacidad de transmisión en un 800 por ciento y el alcance hasta 200 metros** (exterior) o 40 metros (interior). Esto debería fomentar aún más el desarrollo de los llamados **beacons**. Estos son pequeños transmisores Bluetooth que podrían utilizarse en museos, por ejemplo, para enviar información adicional a los smartphones de los visitantes.

Aunque el número de dispositivos compatibles con la nueva versión por el momento sigue siendo bastante manejable, algunos expertos ya consideran al Bluetooth 5.0 como un hito tecnológico que podría arrebatárle el puesto incluso al Wi-Fi (al menos en el sector del internet de las cosas).

[ISPC / Tecnicatura Superior en Telecomunicaciones](#)



Integración de Red IoT con Bluetooth

¿Cuál es el alcance del Bluetooth?

En cuanto a la cuestión del alcance máximo del Bluetooth, hasta ahora podemos distinguir **tres tipos** que dependen de las **necesidades del dispositivo correspondiente**:

Tipo	Máxima potencia de transmisión	Máximo alcance (interiores)	Máximo alcance (exteriores)	Aplicaciones (ejemplos)
Tipo 1	100 mW	100 m	200 m	Ordenadores, ordenadores portátiles
Tipo 2	2,5 mW	10 m	50 m	Adaptadores Bluetooth, ordenadores, ordenadores portátiles
Tipo 3	1 mW	1 m	10 m	Dispositivos móviles



Integración de Red IoT con Bluetooth

Hay que señalar que el uso de la tecnología Bluetooth siempre requiere un **compromiso entre la velocidad de transmisión de datos, el alcance y el consumo de energía**.

Por ejemplo, la versión 4.0 en modo Low Energy necesita muy poca energía, pero apenas alcanza una velocidad de 1 Mb/s a una distancia de hasta 10 metros. En condiciones normales se puede conseguir una velocidad máxima de 25 Mb/s, lo que hace que el alcance y la demanda de energía eléctrica aumenten de manera proporcional. Por lo tanto, los fabricantes de dispositivos compatibles con Bluetooth tienen que calcular exactamente cómo configurar sus productos para que sean adecuados para el fin previsto.

Solo la nueva versión, **Bluetooth 5.0**, es capaz de alcanzar los **200 metros en exteriores** y los **40 metros en interiores** gracias a sus avanzados métodos de ahorro de energía, aunque también puede funcionar en modo LE o EDR.

En general, el alcance máximo de un dispositivo compatible con Bluetooth siempre depende de si se utiliza **en exteriores o en interiores** (p. ej., dentro de una vivienda). La razón es la siguiente: obstáculos como paredes, muebles grandes o estructuras metálicas pueden interferir en la conexión. El diseño de las antenas de transmisión y recepción utilizadas en los canales de comunicación inalámbricos y el tipo de paquetes de datos que se envían son **otros factores** que pueden ser decisivos para el alcance de una conexión Bluetooth.



Integración de Red IoT con Bluetooth

Otros métodos, que se pueden resumir con el término genérico de **Frequency Hopping**, han ido reduciendo de forma sostenible las **interferencias** del Bluetooth **versión tras versión**. En este caso, la banda de frecuencia utilizada se subdivide en canales individuales del mismo tamaño que cambian varios miles de veces por segundo o según sea necesario para continuar enviando de forma constante y sin ningún tipo de interferencia. De esta manera se asegura, en la medida de lo posible, que la comunicación Bluetooth y otras conexiones inalámbricas como Wi-Fi, LTE o microondas no se interpongan en su camino.

¿Bluetooth es seguro?

Gracias al cifrado y a otros mecanismos de seguridad, se considera que, en general, Bluetooth es **relativamente seguro**. Sin embargo, incluso las versiones más nuevas del estándar inalámbrico **pueden sufrir ataques**, por ejemplo, debido a una aplicación defectuosa por parte del fabricante.

El objetivo de ataque más goloso suele ser el **momento en el emparejamiento en el que introducimos las contraseñas**, que es cuando los cibercriminales tratan de hacerse con el **PIN** para la verificación. Dado que, por lo general, solo hay que hacerlo una vez por cada conexión, la ventana temporal para este tipo de ataques suele estar extremadamente limitada.



Integración de Red IoT con Bluetooth

Pero hay un truco que no requiere ni grandes conocimientos informáticos ni ninguna tecnología especial: con **“bluesmack”** los atacantes interfieren en una conexión Bluetooth que ya existe. De esta manera, obligan a los usuarios desprevenidos a cambiar de nuevo el PIN, con el que se hace el atacante, para obtener acceso al dispositivo en cuestión. Como consecuencia, pueden **interceptar y manipular corrientes de datos** (“bluesnarfing”) y causar **daños económicos si realizan llamadas** a costosas líneas de pago o servicios SMS (“bluebugging”). Para que se produzca este tipo de ataques, el atacante debe encontrarse en las proximidades de los dispositivos que quiera piratear.

¿Estándar inalámbrico?

Al Bluetooth **se le ha dado por muerto varias veces**. Esta tecnología inalámbrica era demasiado complicada y lenta en comparación con la increíblemente sencilla y rápida transmisión de datos por cable. Sin embargo, esta visión ya se ha quedado atrás, pues la última versión 4.0 de bajo consumo ha conseguido que Bluetooth se gane un nombre como **impulsor del innovador internet de las cosas**. Y si hay algo en lo que los expertos en economía están de acuerdo es en que los objetos cotidianos inteligentes, como las pulseras de actividad, los dispositivos de domótica o los ordenadores de a bordo, son el futuro. Por lo tanto, solo nos cabe suponer que Bluetooth seguirá defendiendo su reputación como estándar de la industria durante bastante tiempo.



¡Muchas gracias!