
Redes personales sin hilos

PID_00265431

Antonio Satué Villar

Tiempo mínimo de dedicación recomendado: 3 horas



Universitat
Oberta
de Catalunya

**Antonio Satué Villar**

Doctor ingeniero en Telecomunicación por la Universidad Politécnica de Cataluña, en el año 2007. Desde el año 1994 es profesor de la Escuela Universitaria Politécnica de Mataró y secretario académico desde el año 2009. Su línea de investigación se centra principalmente en el ámbito del reconocimiento de locutor y las aplicaciones biométricas. En este sentido, participa en distintos proyectos de ámbito nacional y europeo.

La revisión de este recurso de aprendizaje UOC ha sido coordinada por el profesor: Ferran Adelantado Freixer (2019)

Segunda edición: septiembre 2019
© Antonio Satué Villar
Todos los derechos reservados
© de esta edición, FUOC, 2019
Av. Tibidabo, 39-43, 08035 Barcelona
Realización editorial: FUOC

Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño general y de la cubierta, puede ser copiada, reproducida, almacenada o transmitido de ninguna manera ni por ningún medio, tanto eléctrico como químico, mecánico, óptico, de grabación, de fotocopia, o por otros métodos, sin la autorización previa por escrito de los titulares del copyright.

Índice

Introducción	5
Objetivos	6
1. Introducción	7
2. Tecnologías	8
2.1. IRDA	8
2.2. DECT	8
2.2.1. Evolución histórica	8
2.2.2. Aplicaciones	9
2.2.3. Arquitectura	10
2.3. RFID	12
2.4. NFC	18
2.5. Bluetooth	19
2.5.1. Gestión del enlace	20
2.5.2. Bluetooth Mesh	22
2.6. UWB	24
2.7. ZigBee	25
2.8. WiBree	26
2.9. ANT+	32
2.10. EnOcean	33
2.11. El estándar 802.11ah	34
2.12. <i>Human Body Communications</i> (HBC)	36
Actividades	39
Ejercicios de autoevaluación	39
Solucionario	40
Glosario	40
Bibliografía	41

Introducción

En este módulo hablaremos de las redes personales sin hilos. El concepto de red personal se aplica cuando la distancia que queremos cubrir con el enlace de radio es de unos cuantos metros. Así, una conexión sin hilos entre un ordenador y una impresora o entre un ordenador y una cámara fotográfica se puede considerar de tipo “personal”. Incluso hay autores que dicen que estas redes pueden comunicar dispositivos que están en una misma sala.

En los diferentes apartados del tema hacemos un recorrido por las diversas tecnologías disponibles. La tecnología IrDA es la que soporta los puertos de infrarrojos de los ordenadores. Su coste es muy reducido, pero requiere que emisor y receptor se vean mutuamente. Este inconveniente propició la aparición de la tecnología Bluetooth, que no requiere visión directa.

Bluetooth es un estándar pensado para bajas velocidades. La tecnología *ultra wide band* (UWB) corrige este defecto.

Si las informaciones que queremos intercambiar por la conexión inalámbrica no son datos sino voz, entonces el estándar de referencia es el DECT, pensado para este propósito.

En este módulo también se mencionan otros estándares. Hablaremos del RFID, que pretende sustituir los códigos de barras. Para leer el código no hay que «enfocar» un haz de luz, sino que basta con acercar la etiqueta RFID al lector RFID. También hablaremos del ZigBee, que es parecido al Bluetooth pero más económico. El precio que pagamos es menor velocidad. Y también haremos mención del estándar NFC, que es parecido al ZigBee pero para distancias muy pequeñas y que está pensado directamente para integrarlo dentro de terminales móviles. ANT+, EnOcean, 802.11ah y HBC son otros estándares a los cuales se hace mención.

Objetivos

Los contenidos de este módulo deben permitir a los estudiantes:

1. Comparar las prestaciones (velocidad, alcance...) de las redes de comunicación personal sin hilos más habituales (Bluetooth, UWB...).
2. Describir la arquitectura DECT.
3. Describir el mecanismo de acceso de los usuarios en DECT.
4. Describir los conceptos de *picorred* y *scatternet* en Bluetooth.
5. Describir cómo combinar los enlaces síncrono y asíncrono en Bluetooth.
6. Describir el mecanismo de funcionamiento de RFID.
7. Diferenciar las funciones de los diferentes dispositivos que define ZigBee.

1. Introducción

Una red personal es una red con un alcance reducido (hasta unos 10 metros, aproximadamente). Así, una impresora y un ordenador doméstico están comunicados mediante una red personal (que es simplemente un cable). Si en casa tenemos dos teléfonos conectados (uno en el salón y otro en la habitación), también pueden considerarse componente de una red personal. Si la comunicación no se hace mediante un cable, entonces hablamos de una red personal sin hilos. Podría ser el caso de los dos teléfonos de casa pero conectados vía radio.

En los años ochenta y noventa las redes personales sin hilos surgieron para poder transmitir voz sin necesidad de cables (estándar DECT, por ejemplo). Pero con la popularización de los ordenadores y de los dispositivos multimedia portátiles (cámaras, reproductores de música digital, teléfonos...), estas redes se han orientado de manera especial a la comunicación de datos. Así, podemos comunicar un ordenador con un teléfono mediante un cable, pero a menudo será más cómodo hacerlo con sistemas como infrarrojos o Bluetooth. De la misma manera, podemos llevar las fotos de una cámara al televisor con un cable, pero un estándar sin hilos como NFC puede ser mucho más práctico.

2. Tecnologías

En este capítulo haremos un repaso de las diversas tecnologías existentes, prestando especial atención a DECT para el caso de transmisión de voz y Bluetooth para la transmisión de datos. No es un objetivo de este capítulo hacer una explicación técnica detallada, ya que estos datos se pueden encontrar en las páginas web que iremos mencionando en los distintos apartados.

2.1. IRDA

Los puertos de infrarrojos se conocen como *puertos IrDA (infrared data association)*, que es también un grupo de fabricantes y proveedores de servicios que desde 1993 estudia la sustitución de los cables que unen el ordenador con los periféricos. Básicamente ofrece dos estándares:

- 1) **IrDA DATA**: pensado para ofrecer conectividad entre un PC y dispositivos externos del tipo cámaras, PDA, impresora... Ofrece hasta 4 Mbps y garantiza su funcionamiento con distancias hasta de 1 metro.
- 2) **IrDA CONTROL**: pensado para ofrecer conectividad entre un PC y dispositivos externos controlados por el ser humano (ratón, teclado, *joystick*...). Ofrece velocidades hasta 75 kbps a distancias hasta 5 m.

El principal inconveniente de los estándares basados en la transmisión en longitudes de onda visibles por los humanos, como el infrarrojo, es que no podemos tener obstáculos en el camino. Por este motivo, en los últimos años la industria apuesta por otras tecnologías basadas en ondas radioeléctricas que puedan superar obstáculos.

2.2. DECT

DECT es un estándar europeo de tercera generación que nació para normalizar la transmisión sin hilos de la voz. Hasta aquel momento había diferentes estándares de primera y segunda generación que presentaban importantes limitaciones, como veremos a continuación.

2.2.1. Evolución histórica

La **primera generación** de dispositivos para la transmisión sin hilos de la voz se inicia en los años ochenta. Son sistemas analógicos, pensados para uso doméstico, en los que una base controla a un solo usuario en un radio de 100-200 m.

El primer estándar de primera generación (CT0, *cordless telephone 0*) surgió en Estados Unidos en los años ochenta. Trabaja entre los 46-48 MHz con modulación FM. Al ser una modulación analógica, es fácil que una tercera persona intercepte las comunicaciones. Además, tiene pocas frecuencias disponibles (15) y, por lo tanto, usuarios próximos pueden interferirse. El gran inconveniente es la poca seguridad (posibilidad de un uso fraudulento de la línea), aunque algunos fabricantes incorporaron códigos de acceso a los terminales. Como ventaja, es muy económico.

El estándar CT1, también de primera generación, lo propuso el CEPT en 1983. Trabaja en torno a los 900 MHz. Al establecer una llamada, se selecciona el canal de más calidad entre los 40 canales disponibles por asignación dinámica. Por contra, los terminales son caros.

Ya en los años noventa, surgieron los sistemas de **segunda generación**. Son sistemas digitales. Siguen teniendo una única célula pero varios usuarios pueden utilizar la misma base al mismo tiempo. El estándar CT2 surge en Inglaterra en 1989, se ubica en la banda de 866 MHz y ofrece cuarenta canales (FDMA/TDD) sobre cuarenta portadoras. Cuando el CT2 ya se estaba imponiendo, surgió el DECT. En España hay espectro para el estándar DECT, pero no para el estándar CT2. En Canadá se desarrolló el CT2+, que permite recibir llamadas y hacer traspasos entre células adyacentes, por lo cual soporta movilidad.

Los estándares de **tercera generación** son sistemas digitales en los que pueden hacerse traspasos entre células. En 1990, Ericsson propuso el estándar CT3. Ofrece treinta y dos canales sobre cuatro portadoras con una estructura TDMA/TDD en la misma banda que el sistema CT2. El sistema DECT (*digital european cordless telecommunication*) es muy similar al CT3, con la diferencia de que ofrece 120 canales sobre diez portadoras en la banda de 1.900 MHz.

Observación

En realidad, el CEPT estandarizó el DECT ante la imposibilidad de unificar los dos estándares digitales CT2 y CT3.

2.2.2. Aplicaciones

Las principales aplicaciones de DECT son:

- 1) **Telefonía**: es un enlace radioeléctrico entre una base y un teléfono. Su objetivo es el de sustituir el típico cordón telefónico.
- 2) **Telepunto**: el sistema tiene estaciones base en determinados lugares poblados. Los usuarios podrán llamar si están en la zona de cobertura. Es unidireccional.
- 3) **Bucle de abonado vía radio** (*radio in the local loop*, RLL): el bucle de abonado tiene un gran coste para las compañías telefónicas. Con el RLL se sustituye el bucle por un enlace vía radio. Algunas aplicaciones son reducir el cableado en las ciudades y dar servicio a zonas rurales.

4) **Redes locales (WLAN) y centralitas (WPABX) sin hilos:** se utilizan para dotar de movilidad a las comunicaciones internas de una empresa.

2.2.3. Arquitectura

En este apartado presentaremos las características técnicas más destacadas del estándar DECT.

1) Nivel físico

La tecnología DECT utiliza diez portadoras separadas 1,728 MHz entre 1.880 y 1.900 MHz (se ha calculado para soportar 10.000 E/km²/piso).

Es TDMA porque cada portadora se divide en veinticuatro ranuras. Es TDD porque de estas veinticuatro ranuras hay doce para recepción y doce para transmisión.

E

Un E (*erlang*) es el tráfico correspondiente a una línea telefónica individual que siempre esté ocupada.

Cada trama (veinticuatro ranuras) dura 10 ms. A las doce primeras ranuras se les asignan las comunicaciones entre EB (estación base) y móvil y a las otras las móvil-EB, como vemos en la figura siguiente. Así, cada trama tiene doce canales físicos. De esta manera, como máximo podemos tener ciento veinte canales de voz bidireccionales.

Estructura de la trama en DECT

	EB → MÓVIL (5 ms)				MÓVIL → EB (5 ms)			
	0	1	...	11	12	13	...	23
TRAMA	Ch.1	Ch.2	...	Ch. 12	Ch. 1	Ch. 2	...	Ch. 12

Como vemos en la figura siguiente, en cada ranura se transmiten 420 bits (32 de sincronización y 388 de datos). Además, se dejan 60 bits de guarda entre ranuras para compensar el efecto de la distancia móvil-base (típico, 30 m de radio).

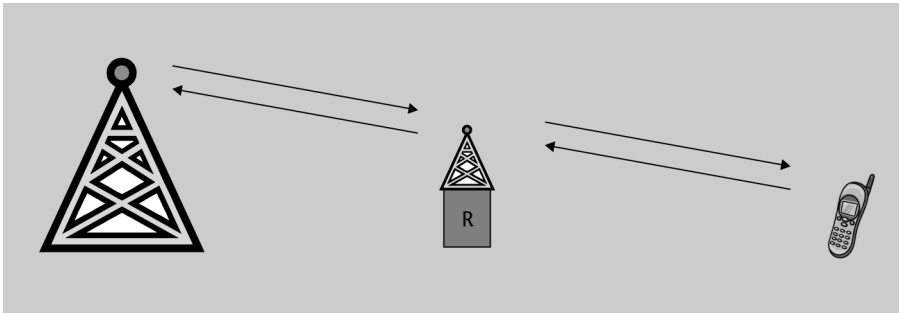
Los 388 bits de datos se dividen en 48 bits de señalización, 16 de CRC, 320 de datos y 4 de protección de los 320 bits (sólo detección).

Estructura de la ranura en DECT

	guarda	sinc.	señaliz.	CRC	datos	prot.	guarda
RANURA	30	32	48	16	320	4	30

La distancia puede aumentarse con repetidores, que colocan la señal en otras ranuras. En la figura siguiente, sin el repetidor tal vez el terminal no tendría cobertura.

Figura 1. Repetidores en el estándar DECT



Velocidad de la trama:

$$v_{\text{trama}} = (32 + 388 + 60) \text{ bit/ranura} \cdot (24 \text{ ranuras} / 10 \text{ ms}) = 1.152 \text{ kbps}$$

Velocidad de los datos de usuario:

$$v_{\text{usuari}} = 1.152 \text{ kbps} \cdot ((320 \text{ bits útiles}) / (32 + 388 + 60 \text{ bits totales})) \cdot (1 \text{ usuario} / 24 \text{ ranuras}) = 32 \text{ kbps/usuario}$$

El sistema utiliza una codificación ADPCM de 32 kbps con modulación GFSK de parámetro $B \cdot T = 0,5$.

Si agrupamos ranuras, podemos tener accesos a RDSI: con dos ranuras, conseguimos 64 kbps; con doce ranuras en cada sentido tenemos 384 kbps y con veintidós ranuras en una dirección tenemos más de 500 kbps.

2) Nivel de acceso

En el apartado anterior hemos visto que hay diez portadoras DECT y que cada portadora consta de doce ranuras bidireccionales. En este apartado hablaremos de la manera como los terminales acceden a estos recursos.

En cada llamada, el terminal escoge el mejor canal. Por eso, cuando el terminal está en reposo, va haciendo una lista de la interferencia en cada par frecuencia-ranura. El sistema transmite información de sistema en todos los pares frecuencia-ranura.

RDSI

Siglas de Red Digital de Servicios Integrados. En inglés, ISDN (Integrated Services Digital Network).

Beacon

Esta información de sistema que se radia hacia todos los terminales se llama *beacon*.

Mientras un terminal está en reposo, éste comprueba si alguien le llama.

Cuando un terminal quiere acceder al sistema, busca un canal libre y transmite el código adecuado. El móvil señala a la EB en el mismo canal por el que quiere hacer la llamada. Quizás la EB está escuchando otro canal. Por eso la EB emite la **secuencia de exploración**, mediante la cual la EB dice al móvil qué frecuencia está escuchando. De esta manera, como máximo esperaremos diez tramas (100 ms).

El terminal móvil decide en qué momento debe hacerse un traspaso. El terminal, mientras tiene una comunicación, explora el resto de canales. Si detecta que hay algún canal libre con más calidad, transmite una petición a la EB. Cuando el nuevo enlace está establecido, el terminal pide la conmutación de canales, que es imperceptible (10 ms).

3) Perfiles

El estándar define perfiles, que sirven para asegurar que los dispositivos DECT son compatibles entre ellos o con dispositivos de otras redes. Los más conocidos son el **PAP** (*public access profile*), que describe el acceso a redes cuando la interfaz es DECT (por ejemplo, en las aplicaciones de telepunto), y el **GAP** (*generic access profile*), que asegura la interoperabilidad entre equipos DECT. Otros perfiles son el DECT/GSM, DECT/ISDN...

2.3. RFID

El estándar RFID es un código de barras evolucionado. El código de barras tradicional es un sistema que permite leer estos códigos con lector de rayos infrarrojos (el rayo debe apuntar al código, sin obstáculos en el medio). RFID es parecido, pero las ondas no son direccionales y pueden atravesar obstáculos.

La potencialidad de esta tecnología es muy grande. Un claro ejemplo es la compra en supermercados. Cuando pasamos por caja, la persona que está en la caja debe leer uno por uno los códigos de barras de los artículos que adquirimos. Con este sistema ni habría que retirar los objetos del carro: el mismo sistema podría leer todas las etiquetas al mismo tiempo. Para poder capturar varias señales al mismo tiempo, dispone de mecanismos de resolución de colisiones.

En general es útil para identificar objetos a pequeñas distancias. Para estas aplicaciones, las velocidades de 10 kbps que da esta tecnología suelen ser suficientes.

El sistema puede trabajar en varias **bandas de frecuencia**:

- **125 KHz**: son las que tienen menos alcance (unos pocos centímetros) pero se utilizan para identificar animales o en las llaves del coche, como a sistema de seguridad antes de arrancar.
- **13 MHz**: de alcance intermedio, se emplean como sistema antirrobo en los libros de bibliotecas o para acceder a edificios.

RFID

RFID son las siglas de Radio Frequency Identification.

Precios

Los precios han ido bajando. Mientras que en el 2006 se podían conseguir lectores por unos 400 euros y etiquetas por unos 20 céntimos, en el 2010 ya se podían encontrar algunos lectores sencillos por unos 30 euros y etiquetas por unos 10 céntimos. Se considera que cuando las etiquetas estén por debajo de 2 céntimos, el mercado hará un uso masivo de esta tecnología.

- **960 MHz, 2,4 GHz:** son los que tienen más alcance (hasta unos 30 metros) y se utilizan para hacer el seguimiento de contenedores y pagar peajes.

Las dos últimas son las más utilizadas. A la de 13 MHz se la conoce como HF, y a la de 900 MHz, como UHF.

A continuación, se pueden observar las diferencias que hay entre las dos tecnologías:

- **HF**
 - Frecuencia 13,56 MHz (internacional).
 - Trazabilidad e identificación a nivel de ítem.
 - Distancia de lectura corta (máx. 1,5 m) y dependiente de la medida del tag.
 - Alta fiabilidad (cercana al 100%) y campo de cobertura uniforme.
 - Existe un estándar universal único.
 - Posibilidad de utilizar *tags* pequeños.
 - Insensible a la orientación del *tag*.
 - Trabaja en ambientes con líquidos.
 - Sensible al metal, pero puede trabajar en ambientes metálicos con ciertas limitaciones.
 - Resistente a las interferencias eléctricas.
 - Diversidad de *tags* en tamaño, forma y capacidad.
 - Mayor tamaño de las antenas lectoras.
- **UHF**
 - 868 MHz (Europa) o 915 MHz (Estados Unidos).
 - Identificación de palés y cajas.
 - Distancia de lectura larga (distintos metros 3m-5m).
 - Bajo precio de los *tags*.
 - Dimensiones reducidas de la antena lectora.
 - Diversidad de *tags* en forma.
 - Sensible a líquidos, personas y metales.
 - A partir de una determinada distancia, el campo de lectura puede tener algún agujero.
 - Diferentes estándares de frecuencia (Estados Unidos - Europa - Asia)

Como se puede apreciar, en Estados Unidos se ha autorizado la banda de 915 MHz para el uso de RFID y UHF, mientras que Europa ha adoptado la banda 868 MHz como estándar de RFID. Por lo tanto, queda claro que en estos momentos no hay todavía un estándar universal de RFID en la banda UHF, pero en cambio sí que está en la banda HF, donde se sitúa en los 13,56 MHz.

Hay dos **tipos de etiquetas:** pasivas y activas.

- **Pasivas:** no utilizan batería. La etiqueta consta de una bobina. La mínima corriente inducida por el lector sobre la bobina da energía a la etiqueta para transmitir una respuesta a corta distancia.

A veces, el emisor utiliza dos bobinas: una para transmitir energía y otra para transmitir los datos. De esta manera, la respuesta de la etiqueta puede llegar a más distancia.

- **Activas:** utilizan una batería para transmitir las respuestas. Estos sistemas tienen un alcance mayor.

Detallamos un poco más sus características:

1) *Tags* pasivos

- La característica diferenciadora de los *tags* pasivos es que no disponen de alimentación eléctrica ni de batería. Puesto que no disponen de batería, obtienen la energía necesaria para el correcto funcionamiento del chip de la propia energía que emite el lector RF, el cual envía ondas electromagnéticas (señal de excitación) que transportan la suficiente energía a la antena del *tag* pasivo. Es decir, se activan al pasar por la proximidad de una antena y recibir su petición y excitación.
- Debido a las limitaciones de energía, la señal de respuesta tiene un tiempo de vida bastante corto, una menor distancia de lectura y menor capacidad de memoria. Por el contrario, tienen la ventaja de que su tamaño puede ser menor que el de las etiquetas activas.
- Su coste varía dependiendo del encapsulado y de las cantidades, pero a causa de su coste más bajo y del hecho de que no necesitan baterías, la gran mayoría de las etiquetas RFID del mercado son pasivas.
- Las etiquetas RFID pasivas acostumbran a ser exclusivamente de lectura, similares a los códigos de barras, pero identificando los productos de manera individual.
- Dentro de las pasivas, encontramos las etiquetas semipasivas. Son muy similares a las pasivas, pero incorporan una pequeña batería. Esta batería permite activar el circuito interno del *tag*, pero la energía para generar la comunicación la recoge, al igual que los *tags* pasivos, de las ondas de radio del lector (principal diferencia con las etiquetas activas).

Tags semipasivos

Debido a la utilización de la batería, los *tags* semipasivos son más grandes y caros que los pasivos, pero responden de manera más rápida, lo que implica una mejora en la ratio de lectura respecto a los *tags* pasivos.

2) *Tags* activos

- Las etiquetas RFID activas disponen de su propia fuente interna de alimentación en forma de batería u otra conexión eléctrica. Esta energía se utiliza para activar los circuitos internos y enviar la señal a la antena. Tienen me-

mayor capacidad de lectura-escritura, mayor capacidad de memoria y mayor distancia de alcance que las etiquetas pasivas.

- Su tamaño es mayor que las etiquetas pasivas, lo que hace que puedan almacenar un mayor número de datos. La mayoría de las etiquetas activas tienen un rango de alcance de unos 10 metros y una duración de la batería de años.
- A pesar de todo, su alto coste, en comparación con los *tags* pasivos, impide que puedan ser utilizados en productos de gran consumo y acostumbran a reservarse para otros usos, como por ejemplo la identificación de empleados y personas o productos de gran valor.

EPCglobal es un consorcio creado por EAN International. La principal aportación del EPCglobal al proceso de estandarización de la RFID es la creación del Código Electrónico de Producto o EPC (*Electronic Product Code*).

La intención fue promover un concepto de tecnología que pretendía cambiar la actual cadena de suministro con un estándar abierto y global, que permitiera la identificación en tiempo real de cualquier producto en cualquier empresa situada alrededor del mundo.

EAN International

EAN International es el organismo encargado de asignar un código electrónico de identificación a cada producto en el actual sistema de código de barras

El EPC asocia una serie numérica unitaria e inequívoca a cada objeto.

La tabla siguiente muestra algunos de los estándares que se han creado para la tecnología RFID.

Banda de frecuencias	Nombre del estándar	Detalles
13,55 ~ 13,57 MHz	ISO 18000-3	Uso común
433 MHz	ISO 18000-7	<i>Tags</i> activos en Asia
868 ~ 870 MHz	ISO 18000-6 A/B	Europa
902 ~ 928 MHz	AutoID clase 0/1 (EPCGlobal)	EE.UU.
860 ~ 960 MHz	EPCGlobal Gen2	Mundial
8.725 ~ 5.785 MHz	ISO 18000-5	Raramente utilizado por RFID

Como se aprecia en la tabla anterior, la estandarización en el campo de RFID se caracteriza por la existencia de diferentes grupos de especificaciones competidoras: por un lado, ISO y por el otro, Auto-ID Centre (conocido desde octubre del 2003 como EPCglobal).

La Organización Internacional de Estandarización (ISO) ha desarrollado diferentes estándares para RFID en función de la utilización que se le quiera dar y los distintos mercados.

Actualmente la tecnología RFID todavía dispone de otros estándares de comunicación, según la aplicación para la que se quiere utilizar.

A pesar de todo, parece que el nuevo estándar EPCglobal Gen2 se convertirá en el estándar universal, ya que se ha desarrollado con el objetivo de conseguir la interoperabilidad con los estándares de ISO.

El proceso de creación de un estándar único resultó más complejo cuando el Auto-ID Center desarrolló su propio estándar de comunicación RFID: el EPC. El Auto-ID Center se creó en Estados Unidos en el año 1999 para desarrollar el Código de Producto Electrónico (EPC). Su objetivo era que su estándar fuese adoptado por todo el mundo, basándose en estándares abiertos.

La necesidad de crear un estándar universal era clara, ya que permitiría rastrear mercaderías en cualquier parte del mundo, algo que con protocolos distintos sería evidentemente un problema.

De esta manera nació el EPC, también con la idea de, mediante la red de Internet, poder identificar cualquier elemento físico y consultar información asociada a un determinado identificador almacenado en un *tag*. Este sistema se puede comparar a la red Internet, donde se etiquetan (mediante direcciones IP) los ordenadores que están conectados a la red. Por este motivo, se habla del sistema RFID como “la Internet de los productos”.

En el año 2003, el Auto-ID Center se dividió en dos organizaciones independientes: Auto-ID Labs, que junto con algunas universidades de todo el mundo continuó su investigación en RFID, y el UCC (Uniform Code Council), que se encargó de estandarizar el EPC. De aquí surgió el estándar EPCglobal, que estandarizó los *tags* de clase 0 y clase 1 en septiembre del 2003.

La tabla siguiente muestra las diferentes clases que existen de *tags* EPC:

Clase EPC	Características	Tipos de <i>tag</i>
Clase 0	Sólo lectura	Pasivo (64 bits)
Clase 1	Una escritura, muchas lecturas (WORM)	Pasivo (96 bits)
Clase 2 (Gen2)	Lectura/escritura	Pasivo (96 bits)
Clase 3	Lectura/escritura	Semipasivo
Clase 4	Lectura/escritura	Activo

Tanto la clase 0 como la clase 1 tenían algunos problemas, como por ejemplo el hecho de que la clase 0 trabajaba con unas frecuencias que en Europa no estaban autorizadas completamente.

En el año 2004, surge la mejora del primer estándar: el EPCglobal Gen2, con la intención de no ser compatible con los anteriores (clase 0 y clase 1), pero sí con las normativas ISO para que fuese admitido internacionalmente. Por último, muchos fabricantes han adoptado este nuevo estándar, lo que facilita una adopción global de manera progresiva.

Difusión del estándar EPCglobal

Las grandes empresas del sector de la distribución están adoptando el EPCglobal y, con la publicación del estándar ISO 18000-6C, se acepta el protocolo EPC UHF Gen2 como estándar internacional para la identificación RFID en el espectro UHF

Ejemplos de aplicación de RFID en diferentes campos

Etiquetaje de libros en bibliotecas, Biblioteca Bücherhallen de Hamburgo*. Con el nuevo sistema basado en RFID, la biblioteca central y las diecisiete restantes de la ciudad de Hamburgo se benefician de un mejor servicio al cliente, al mismo tiempo que los trabajadores disponen de más tiempo para dedicar ayuda y apoyo a los clientes.

*<http://www.buecherhallen.de>

Antes de implantar las soluciones de RFID, los trabajadores se encargaban de gestionar manualmente cada uno de los ítems de la biblioteca. Esto provocaba que valiosos recursos de personal estaban centrados en los procesos de préstamo de material o gestión del inventario, mientras que el servicio de atención al usuario que se proporcionaba era bastante pobre en lo que respecta a consultas de ubicación y otras recomendaciones.

El sistema está formado por puertas de seguridad, estaciones de préstamo y devoluciones y un sistema de clasificación automático. También se ha desarrollado todo el software necesario para integrar el sistema con la aplicación existente de gestión de la biblioteca.

En enero del 2007 se habían adherido cerca de 300.000 etiquetas RFID a los libros, CD y otros artículos de la Biblioteca Bücherhallen.

Identificación de piezas de ropa, Marks & Spencer*. Con la implantación de la tecnología RFID en todas sus tiendas, Marks & Spencer quiere llegar al 100% de precisión en su control de stock. Después del éxito experimentado en 42 de sus tiendas, cuando en el 2003 empezaron la identificación en un nivel de producto en el caso de la ropa de hombre, Marks & Spencer lo hace extensivo durante el 2007 a todo el resto de los departamentos de ropa de sus 450 tiendas. De este modo, expanden el etiquetaje RFID a nivel de ítem a los productos textiles que suponen una compleja gestión en un ámbito de colores y tallas.

*<http://www.marksandspencer.com>

Los *tags* RFID se encuentran ubicados en unas etiquetas enganchadas a las piezas de ropa. Estas etiquetas no van incrustadas a la ropa, sino que se pueden sacar. Los trabajadores de Marks & Spencer van equipados con lectores móviles RFID que permiten llevar a cabo inventario de stock en los diferentes departamentos de las tiendas. Los *tags* RFID tienen un tamaño de 12,7 cm de largo y son enganchados a la ropa antes de salir de la fábrica, aunque son ilegibles hasta que llegan a la tienda.

Los trabajadores utilizan lectores móviles con un rango de lectura de unos 70 cm que captura e identifica un número único para cada *tag*. La base de datos asocia este identificador con las características de talla, color y producto.

Identificación de delincuentes en libertad condicional, Ministerio de Justicia de Taipéi. Para identificar en todo momento a los delincuentes sexuales, el Ministerio de Justicia de Taipéi ha implantado una solución RFID consistente en colocar una pulsera RFID a las siete personas con mayor probabilidad de reincidencia.

El mecanismo impide que ellos mismos se puedan quitar la pulsera. La pulsera RFID avisa a la policía si los individuos abandonan su domicilio después de las 8 de la noche. Este horario responde a un toque de queda establecido por el Ministerio de Justicia de Taipéi a los ex presidiarios, que empieza a las 8 de la noche y se alarga hasta las 7 de la mañana. En esta franja horaria es cuando se cometen más actos violentos. En el caso de que alguna de las personas identificadas abandone el domicilio después de las 8 de la noche, un ordenador del Ministerio registrará el número de identificación de la pulsera RFID y enviará una señal a la policía para que localice a la persona.

Identificación de personas en congresos, Softcongres*. Para encontrar una solución que permitiese la identificación de las personas que asisten a un acto, congreso o acontecimiento en general, sin necesidad de molestarlas pidiéndoles la acreditación, se requería una manera de leer esta acreditación de un formato similar al de una tarjeta de crédito y que el usuario llevaría colgada. Con el uso de la tecnología RFID, se satisfacen todos estos requisitos.

*<http://www.softcongres.com>

Cada persona lleva una identificación RFID con un formato similar a una tarjeta. Las instalaciones se preparan con antenas de paso RIFD. Estas antenas deben ser móviles, ya que no estarán instaladas permanentemente en una misma ubicación. Las antenas están conectadas a través de un sistema Wi-Fi a una base de datos central donde se incluyen las fichas de las personas inscritas. Estas antenas identifican la tarjeta sin contacto ni visión, para permitir una identificación amable sin tener que pedir ninguna acreditación.

El sistema permite al mismo tiempo registrar todos los movimientos, aparte de poder dar la bienvenida, o cualquier otra estadística, a través de una pantalla.

Señalización accesible por RFID, Signaletics. El objetivo es el de facilitar a personas con discapacidad la identificación de la señalización en el entorno del edificio y de sus accesos, mediante el uso de señales electrónicas de tecnología RFID.

A diferencia de las aplicaciones más habituales y generalizadas de la RFID, como son la identificación de objetos y de personas, en este proyecto se identifica con RFID una señal y una posición en un edificio o entorno. De este modo, *tags* RFID especialmente diseñados son adosados al lado o cerca de la actual señalización del edificio, especialmente en las señales de indicación de evacuación de emergencia. El usuario lleva una PDA con lector RFID de largo alcance que, al acercarse a estas señales, las representa en imagen y voz para ser identificadas con su propio idioma. Además, también se identifica el punto en el que se encuentra la persona en el edificio.

Los beneficios son una mayor independencia y privacidad para los usuarios, que no necesitan ya del guiado por parte de asistentes, ni les hace falta preguntar continuamente la ubicación de oficinas, lavabos y otros destinos habituales.

Actualmente hay cierto debate en cuanto a la seguridad de estos sistemas, ya que las etiquetas pueden invadir la intimidad de las personas. Por ejemplo, si compramos una camisa con una de estas etiquetas, la etiqueta delatará nuestra presencia en todos los lugares que dispongan de lectores de RFID. En este sentido, ya hay etiquetas que se pueden desactivar de manera permanente.

WEB

Podemos encontrar más información en www.rfidjournal.com

2.4. NFC

El estándar NFC es muy parecido al estándar RFID en aplicaciones de corto alcance. Se basa en el acoplamiento de dos circuitos inductivos, pero está pensado para integrarlo en terminales móviles.

NFC

NFC son las siglas de Near Field Communication.

Algunas aplicaciones son:

- Pago de parquímetros, autobuses... mediante el móvil.
- Transferencia de fotografías desde una cámara a una televisión.
- Apertura de puertas.
- Información turística.

Tiene un alcance de hasta 20 cm, aunque las más típicas son de 5 cm. Se considera un sistema seguro, básicamente por su corto alcance. Da velocidades de 106 kbps, 212 kbps y 424 kbps.

Un dispositivo NFC puede ser lector y escritor al mismo tiempo. Dos dispositivos lector/escritor pueden compartir datos. La etiqueta es pasiva y sólo puede ser leída. Se definen tres **modos de trabajo**:

- **Lectura/escritura:** una aplicación puede ser en visitas turísticas (lectura de etiquetas situadas en puntos de especial interés).
- **Punto a punto o *peer to peer*:** para intercambiar datos entre dos dispositivos.
- **Emulación de tarjetas:** como su nombre indica, hace las funciones de una tarjeta pero sin ser necesario el contacto entre emisor y receptor. Una aplicación puede ser el pago en autobuses.

NFC está reconocido por organismos de estandarización internacionales. Las empresas fabricantes de móviles tienden a incorporar esta tecnología en sus terminales, ya que permitirá sustituir los monederos clásicos.

2.5. Bluetooth

Los elementos de una oficina móvil (PC, móvil, impresora...) deben interconectarse. Primero se hizo con cables, después con infrarrojos y después llegó el estándar Bluetooth. Bluetooth es una interfaz de radio (trabaja en 2,4 GHz) para distancias cortas y servicios multimedia, como la transmisión sin hilos de imágenes entre cámaras de fotos digitales y móviles.

La idea de Bluetooth surgió en 1994 con la iniciativa de Ericsson. En 1998, Ericsson, IBM, Nokia, Toshiba e Intel formaron el grupo de interés SIG (*Special Interest Group*), al cual ahora pertenecen más de 34.000 empresas, que han adoptado esta tecnología para desarrollar sus productos. La versión actual (enero del 2019) es la 5.1 y, respecto al anterior, incluye facilidades para determinar la dirección de llegada de la señal a otros dispositivos y pequeñas mejoras en el consumo energético. Estas prestaciones y el hecho de que no necesite una trayectoria limpia de obstáculos lo ha convertido en un estándar de referencia de las PAN. Si emitimos una potencia de 0 dBm, el alcance del Bluetooth es de unos 10 metros; si emitimos 20 dBm, el alcance llega a unos 100 metros.

WEB

Podemos encontrar más información en www.nfc-forum.org

Bluetooth

Bluetooth debe su nombre al rey danés Harald Blåtand (s. X), Harold Bluetooth en inglés, que unificó Dinamarca y Noruega, tal como lo hace Bluetooth con los protocolos de comunicaciones.

Recordemos...

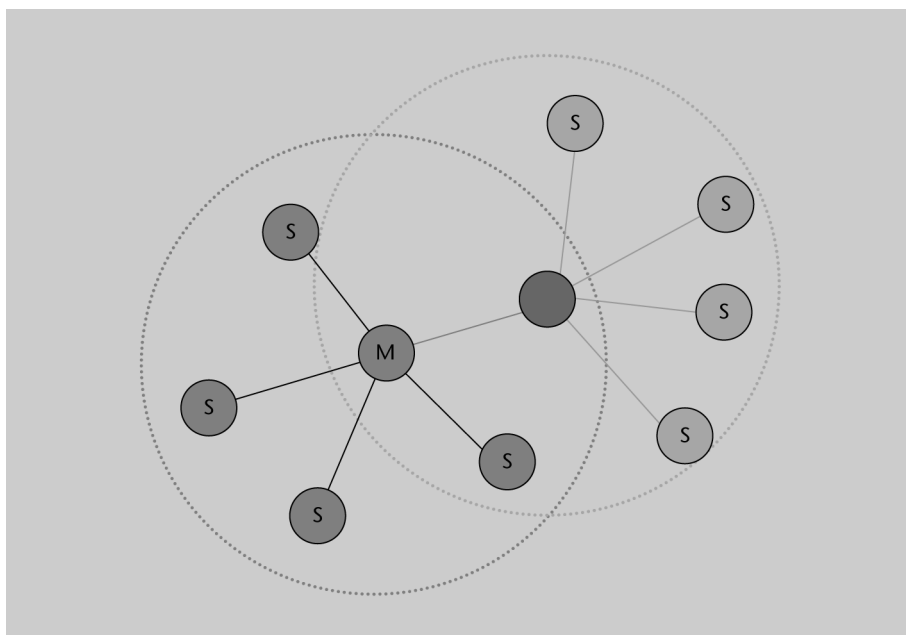
... que 0 dBm equivale a 1mW de potencia, y 20 dBm a 100 mW.

La arquitectura del estándar Bluetooth es muy simple, ya que consta de dispositivos que se llaman *maestros* o *esclavos* en función de si controlan otros dispositivos o de si son controlados.

Una picorred (*piconet*) está formada por un dispositivo maestro (*master*), que asigna las frecuencias y controla el correcto funcionamiento de la red. Los demás dispositivos son esclavos (*slaves*) del maestro. Los esclavos pueden ofrecer servicios pero dependen del maestro para su sincronización. Un maestro puede tener hasta siete esclavos activos, pero puede tener más en estado aparcado (*parked*). Cada picorred sólo puede tener un maestro, y a la vez un maestro de una picorred puede ser esclavo de otro formando así una *scatternet*. Así, un móvil GSM podría ser maestro para un auricular y esclavo para un PC portátil. En cada picorred, los papeles de maestro/esclavo pueden cambiar dinámicamente.

En la figura siguiente representamos una estructura formada por dos picorredes, con cinco esclavos cada una.

Figura 2. Estructura de dos picorredes



Una *scatternet* es útil para la conexión de dispositivos que no disponen de visibilidad radioeléctrica directa.

2.5.1. Gestión del enlace

Bluetooth trabaja con setenta y nueve canales de 1 MHz, en torno a los 2,4 GHz. Las comunicaciones cambian constantemente de portadora. Así, si una comunicación ocupa una ranura de la frecuencia F , la siguiente ranura de esta

comunicación irá en otra frecuencia. Cada ranura dura 625 μ s y, tal como se ha comentado, hace el cambio de portadora 1.600 veces por segundo (1 / 625 μ s). El maestro dice a los elementos de la picorred en qué secuencias de frecuencias se emite y se recibe. Por eso, pueden convivir varias picorredes en una sala. Si hay muchas y tenemos coincidencias, se pide retransmisión.

Para facilitar las comunicaciones, el estándar obliga a que el maestro siempre transmita en las ranuras pares. El esclavo lee lo que le dice el maestro porque en la cabecera va la dirección del dispositivo destino.

Un dispositivo puede tener diferentes necesidades de transmisión. Así, una comunicación entre un teléfono móvil y un auricular equipados con Bluetooth puede requerir una ranura bidireccional; pero una comunicación entre una cámara fotográfica y un ordenador equipados con Bluetooth puede requerir dos o tres ranuras en un solo sentido. Por ello se definen dos tipos de enlace:

Observación

Cuando se concatenan ranuras no se hacen saltos de portadora.

1) Síncrono (SCO)

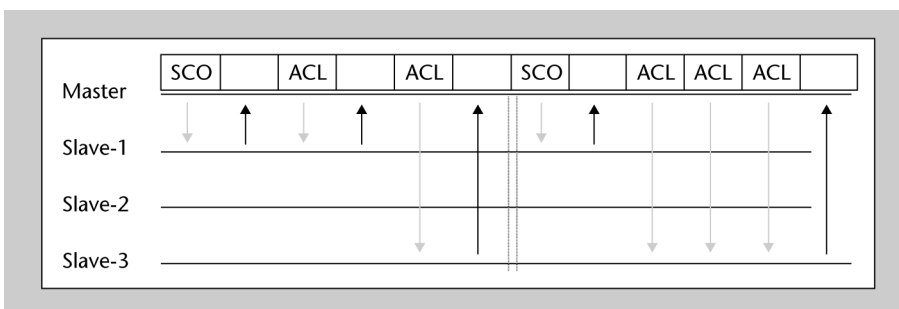
- Simétrico (pensado básicamente para voz).
- Reserva de ranura a intervalos fijos (64 kbps/ranura).
- Un maestro puede soportar 3 SCO con los esclavos. Un esclavo puede soportar 3 SCO del mismo maestro o 2 SCO de maestros diferentes.

2) Asíncrono (ACL)

- Asimétrico (pensado básicamente para datos) y simétrico.
- El maestro asigna las ranuras.
- Entre un maestro y un esclavo sólo podemos tener 1 ACL.
- Los 721 kbps son para el caso de un enlace ACL 5+1, donde obtenemos 721 kbps (57 kbps) sin FEC o 477 kbps (36 kbps) con FEC.

En la figura siguiente podemos ver un ejemplo de los tipos de enlace que pueden establecerse entre un maestro y tres esclavos. El maestro tiene un enlace síncrono y un enlace asíncrono con el esclavo número 1 y un enlace asíncrono con el esclavo número 3.

Figura 3. Ejemplo de asignación de recursos en el estándar Bluetooth



El maestro realiza dos funciones fundamentales en una picorred: la investigación de dispositivos y la conexión en éstos:

1) **Master inquire**: el maestro busca dispositivos. Entre otros, éstos le dicen su dirección (48 bits), el tipo de dispositivo (impresora, auriculares...) y la fase de su reloj.

2) **Master paging**: el maestro inicia una conexión con el dispositivo que le interesa.

Un dispositivo puede ofrecer diferentes servicios a los demás dispositivos de la picorred. En el Bluetooth, además de hacer la búsqueda de los dispositivos, también debe hacerse la búsqueda de los servicios que ofrecen estos dispositivos (SDP, *service discovery protocol*). Esta última búsqueda es bastante lenta, cosa que hace que el estándar Bluetooth esté pensado para entornos estáticos.

Bluetooth es el estándar 802.15.1. Hay otros estándares relacionados con Bluetooth, como el 802.15.2, que quiere facilitar la coexistencia con las redes locales sin hilos (trabajan a la misma frecuencia, como veremos en el próximo módulo), y el 802.15.3a, también llamado *UWB (ultra wide band)* y que, como veremos más adelante, es un Bluetooth pero con más velocidad.

2.5.2. Bluetooth Mesh

Bluetooth Mesh es una evolución de Bluetooth. La especificación técnica de Bluetooth Mesh actúa de una manera similar a la red WiFi creando una red en red con equipos de bajo consumo mediante conexión Bluetooth.

Así, en lugar de ir de punto a punto, las comunicaciones en malla «saltan» de dispositivo en dispositivo, lo cual permite conseguir una cobertura a larga distancia con conexión inalámbrica que no conseguiremos con una conexión punto a punto. Las redes en malla son muy importantes si tenemos una casa grande y no queremos utilizar repetidores ni cables.

Algunos de los dispositivos en este tipo de redes utilizan la batería, por lo cual es importante que el consumo sea tan bajo como se pueda. Por eso, gracias al Bluetooth Mesh, no todos los dispositivos tendrán que ser capaces de reenviar la señal inalámbrica para mantener así el consumo al mínimo. Un ejemplo de esto lo encontramos en los termómetros que regulan la temperatura de los termostatos.

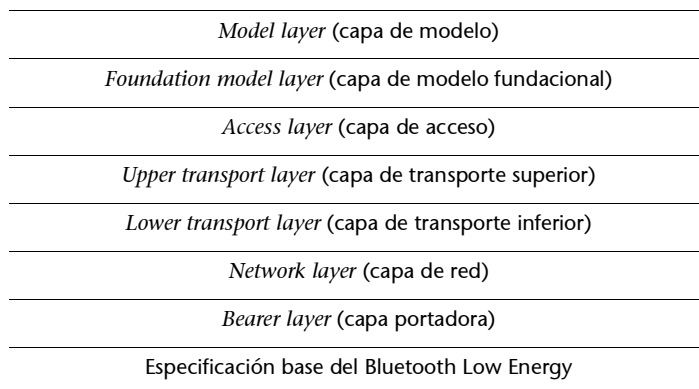
En cuanto a seguridad, Bluetooth Mesh requiere que todas las comunicaciones que se hagan con este estándar estén totalmente codificadas. Además, es compatible con todos los dispositivos que soportan Bluetooth 4.0 o posteriores.

Las especificaciones definen los requisitos para habilitar una solución de redes malladas interoperable para la tecnología inalámbrica Bluetooth Low Energy, ideal para redes de dispositivos a gran escala para apoyar a la automatización del edificio, redes de sensores, seguimiento de activos y otras soluciones en las que los diferentes dispositivos necesitan comunicarse de manera fiable y segura:

- *Mesh profile specification*: define los requisitos fundamentales para permitir una solución interoperable de redes malladas para la tecnología inalámbrica Bluetooth LE.
- *Mesh model specification*: presenta modelos utilizados para definir la funcionalidad básica de los nodos en una red de malla.
- *Mesh device properties*: define las propiedades del dispositivo requeridas para la especificación del modelo de malla.

En las especificaciones de Mesh se habla de sensores. Los sensores constan de cuatro estados: un estado de descripción del sensor (que no cambia), dos estados de configuración (que, como su nombre indica, son configurables) y un estado que contiene el valor del sensor totalmente cambiante.

La arquitectura de capas es la siguiente:



Model layer

Define modelos que se utilizan para estandarizar el funcionamiento de los escenarios de usuario típicos y están definidos en la especificación del modelo de malla Bluetooth o en otras especificaciones de la capa superior. Ejemplos de especificaciones de modelos de capas superiores incluyen modelos de iluminación y sensores.

Foundation model layer

Define los estados, los mensajes y los modelos necesarios para configurar y gestionar una red de malla.

Access layer

Define cómo las aplicaciones de capa más alta pueden utilizar la capa de transporte superior. Define el formato de los datos de la aplicación. Define y controla el cifrado y descifrado de datos de la aplicación hecho en la capa de transporte superior, y comprueba si se han recibido los datos de aplicación entrantes en el contexto de la red adecuada y las claves de aplicación antes de reenviarla a la capa superior.

Upper transport layer

Cifra, descifra y autentica los datos de la aplicación, y está diseñada para proporcionar confidencialidad a los mensajes de acceso. También define cómo se utilizan los mensajes de control de transporte para gestionar la capa de transporte superior entre los nodos, incluso cuando la utiliza la función Friend.

Lower transport layer

Define cómo los mensajes de la capa de transporte superior se segmentan y se montan a varias PDU de transporte inferior para entregar grandes mensajes de la capa de transporte superior a otros nodos. También define un único mensaje de control para gestionar la segmentación y el montaje.

Network layer

Define cómo se dirigen los mensajes de transporte hacia uno o más elementos. Define el formato del mensaje de red que permite transportar las PDU por la capa *bearer*. La capa de red decide si retransmitir/reenviar mensajes, aceptarlos para procesarlos o rechazarlos. También define cómo se cifra y se autentica un mensaje de red.

Bearer layer

Define cómo se transportan los mensajes de red entre nodos. Hay dos portadores definidos, el portador de la publicidad y el portador del GATT. Se puede definir un portador adicional en el futuro.

2.6. UWB

Podemos definir UWB como un Bluetooth pero que permite más velocidad (de 100 Mbps a 2 Gbps). Su inconveniente es que el alcance queda limitado a unos 10 metros.

UWB

UWB son las siglas de *ultra wide band*.

El estándar UWB utiliza un ancho de banda de 500 MHz entre 3 y 10 GHz (inicialmente, se piensa en 3,1-4,8 GHz, donde caben 3 subbandas). Tiene un **con-**

sumo muy reducido y no provoca interferencias significativas sobre sistemas existentes, ya que distribuye su energía sobre 500 MHz.

UWB está basado en OFDM y para transmitir utiliza pulsos muy estrechos (10-1000 ps) y de baja potencia. Como los pulsos son muy estrechos, ocupan un gran ancho de banda. Tecnológicamente, se le considera el USB sin hilos (el USB 2.0 llega a 480 Mbps).

UWB (802.15.3a) está enmarcado dentro del estándar 802.15.3. Éste es un estándar de redes personales de alta velocidad que da calidad de servicio y está pensado para distribuir contenidos multimedia en tiempo real.

Algunas aplicaciones son:

- Volcado de sonido, fotos, vídeos... entre cámaras, PC, TV, MP3...
- Distribución de contenido en sistemas de ocio para vehículos
- Transmisión de fotografías de cámara a ordenador en tiendas de fotografía
- Bajada de juegos en aeropuertos
- Cine en casa

2.7. ZigBee

El estándar 802.15.4, llamado también *ZigBee*, trabaja en 2,4 GHz, la misma banda que Bluetooth, pero también utiliza otras bandas libres.

Estrictamente hablando, el estándar abierto IEEE 802.15.4 sólo define las capas física y de enlace, y sobre el mismo ha aparecido ZigBee (entre otros, como 6LowPAN y WirelessHART). Nosotros sólo hablaremos de ZigBee.

En realidad es como el Bluetooth pero con menos prestaciones (velocidades entre 20 kbps y 250 kbps), cosa que hace que pueda ser más económico (se habla de un precio objetivo de 2 euros).

Otra diferencia respecto de Bluetooth son sus **mecanismos de ahorro de potencia**, que reducen su consumo (las baterías pueden durar hasta dos años).

Mientras Bluetooth es un estándar orientado a la movilidad y a reducir cables, ZigBee está **orientado al control remoto**. A pesar de eso, es un estándar ideal en aplicaciones domóticas (calefacción, control de luces...) ya que los volúmenes de información que deben transmitirse son pequeños.

Una posible aplicación puede ser la reducción de cables eléctricos en los hogares. Para encender una luz, no haría falta tender cables eléctricos desde la luz hasta el interruptor;



las órdenes del interruptor podrían ir al módulo ZigBee incorporado a la misma luz. Cabe decir que los dispositivos ZigBee ya están en el mercado.

ZigBee trabaja con topología en forma de malla para poder aumentar su alcance. Se pueden definir hasta 255 nodos y el estándar incorpora un mecanismo pregunta-respuesta para determinar en cada momento cuáles son las rutas óptimas.

Técnicamente se definen cuatro **tipos de paquetes**:

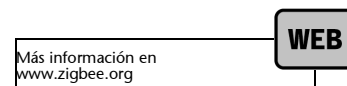
- De datos (están numerados).
- ACK (reconocimiento de cada paquete de datos).
- De acceso al medio (para configurar dispositivos).
- De baliza (cada cierto tiempo –entre 15 ms y 4 min– “despiertan” los dispositivos que escuchan).

Hay tres **tipos de dispositivos**:

- Coordinador.
- Dispositivo de función completa (FFD): se utiliza en dispositivos que actúan de interfaz con los usuarios. Tienen memoria y capacidad de cálculo. Los dispositivos FFD pueden actuar de coordinadores.
- Dispositivo de función reducida (RFD).

ZigBee puede trabajar en dos modos:

- **Modo sin baliza**: cada dispositivo es autónomo e inicia la comunicación en el momento que quiere. Los elementos “despiertan” regularmente para anunciar que siguen estando en la red. Si se produce un acontecimiento, se despierta instantáneamente y lo transmite al coordinador, que está alimentado mediante la red eléctrica (su consumo eléctrico es moderado, porque siempre debe estar mirando el estado de la red –no se puede dormir–). Éste es el modelo típico en sistemas de seguridad.
- **Modo con baliza**: permite controlar el consumo, ya que cada dispositivo sabe en qué instante puede transmitir. Es ideal si el coordinador debe ir alimentado con baterías, ya que, una vez que ha hecho el embalamiento de los dispositivos que controla, el coordinador puede volver a dormir.



2.8. WiBree

Ya hace unos años que se está trabajando en otro estándar muy parecido, denominado **WiBree** o, más recientemente, *Bluetooth low-energy technology*. Dicen que cuando este estándar aparezca, sustituirá al ZigBee ya que tiene un

consumo muy inferior, y esto lo hace particularmente interesante para incorporar elementos que deben funcionar con baterías.

El *Bluetooth low-energy technology* trabaja en los 2,4 GHz y ofrecerá hasta 1 Mbps.

En el 2001 se empezó el estudio y en el 2006 se le denominó *WiBree*. En junio del 2007, se anuncia como *Bluetooth low-energy technology*.

Los mandos a distancia proveídos con chips *Bluetooth low-energy* tendrán todas las ventajas de la tecnología de RF a un coste sólo un poco superior a infrarrojos. Mientras que RF tiene algunas ventajas inherentes sobre infrarrojos, como solución de control remoto moderna, hay algunos desafíos por vencer:

- Consumo de potencia bajo, de modo que las pilas duren un tiempo prudencial.
- Tiempo de espera bajo, de manera que el usuario no sea consciente de cualquier retraso entre pulsar el botón de control remoto y la respuesta desde el electrodoméstico que se controla.
- La capacidad para controlar algunos mecanismos simultáneamente en una red de área personal, de manera que el usuario pueda utilizar sólo un control remoto para todos los electrodomésticos.

Además, la mayoría de los protocolos están patentados, lo que limita la posibilidad de que un fabricante los incorpore en sus productos a precios competitivos.

Bluetooth low-energy detalla una tecnología de comunicación de RF de corto alcance que presenta un consumo muy bajo, una pila de protocolos ligera e integración con tecnología sin hilos Bluetooth.

El organismo regulador del Bluetooth dice que el consumo de pico será menor a 15 mA al transmitir a 0 dBm (suficiente para un alcance de hasta 10 metros mientras obedecen las restricciones de potencia de las autoridades en la banda de 2,4 GHz), y un poco menos que esto cuando se está recibiendo.

El compromiso está entre la potencia de transmisión –que sube con el ancho de banda– y el ciclo de trabajo –que disminuye con el ancho de banda para una cantidad dada de datos. Por ejemplo, *Bluetooth low-energy* a 1 Mbps sólo debe transmitir una corriente de pico de 15mA durante el 25% del tiempo que lo haría un enlace IEEE 802.15.4 típico que funcionaría a 250 kbps y con una corriente de transmisión de 28 mA, para enviar la misma cantidad de datos.

Observación

Bluetooth low-energy no se comunicará con los actuales chips de Bluetooth, ya que estos requerirán unos ciertos añadidos.

Poniendo el transceptor de RF en un modo de “sueño” profundo, se puede reducir el consumo de potencia en el control remoto. Este nivel de consumo es lo bastante bajo para que un par de pilas AA duren meses o años.

Un chip *Bluetooth low-energy* se podrá “despertar”; por ejemplo, cada 10 ms escuchará transmisiones (consumiendo cerca de 15 mA en un periodo muy corto) y entonces retornará a un estado de sueño profundo mientras mantiene un consumo tan pequeño como algunas decenas de microamperios.

Por ejemplo, si ponemos este chip en un reloj, éste podría conectarse a una amplia gama de periféricos como monitores de latido cardiaco, teléfonos, reproductores MP3, etc.

Wibree puede transmitir un pequeño paquete de datos aproximadamente cada segundo durante un año, usando una pila de botón. Si el ciclo de trabajo se reduce a una transmisión de cada 15 o 30 segundos, entonces la vida de la pila aumenta en proporción. Este bajo consumo se consigue con un protocolo que hace que la parte radio del dispositivo esté “dormida” (inactiva) la mayor parte del tiempo. Se puede despertar de prisa, momento en el que dirá a los otros dispositivos que tiene datos que transmitir. El receptor, que probablemente contendrá una pila más grande porque estará encendido por más tiempo, hará confirmación de recepción del mensaje y dirá al primer dispositivo a qué canal enviar sus datos. Éste hará un reconocimiento de los datos recibidos y los dos podrán volver a dormir. Este proceso llevará menos de tres o cuatro milisegundos.

Este procedimiento permite que el receptor seleccione el canal de radio que hay que utilizar, y esto introduce el concepto de agilidad de frecuencia, en el que las comunicaciones pueden hacerse en partes del espectro con poco ruido. En la mayoría de los casos, este dispositivo de recepción será un teléfono móvil. El mismo chip Bluetooth que contiene Wibree dentro del teléfono estará escaneando constantemente el espectro para ver qué parte está más libre. Tiene mucho sentido que comparta esta información con el Wibree.

La generación más reciente de Bluetooth tiene sensibilidades en torno a -85 dBm y puede transmitir potencias de cerca de $+4$ dBm. Esto da un alcance en campo abierto de unos 200 metros. El índice de modulación más alto de Wibree sugiere que en las mismas condiciones, el alcance debe mejorar un 20%. Añadiendo un amplificador de potencia para salir a 100 mW ($+20$ dBm), debería ser posible llegar a un quilómetro.

El receptor no necesita estar estático. Si consideramos un transmisor con 100 metros de cobertura, un vehículo que se mueve a 100 km/h estará dentro de su radio de acción en torno a los 4 segundos (tiempo suficiente para tomar información de una baliza).

**“Despertarse” un chip
Bluetooth low-energy**

Todavía no se ha hecho público el tiempo que tarda en “despertarse” un chip *Bluetooth low-energy*, pero se piensa en unos 2,5 ms, un tiempo insignificante desde la perspectiva del usuario.

Hay tres grandes áreas de aplicación: las de perfil “reloj”, los sensores sin hilos y las aplicaciones con dispositivos que actúan como interfaz ante las personas (*Human Interface Devices*, HID). Sobre estas, podemos decir lo siguiente:

- Quizá la *killer application* del perfil reloj *watch profile* es utilizarlo para control remoto de los diferentes dispositivos de ocio en el hogar.
- Los sensores sin hilos son otro gran mercado. No cubre sólo monitores industriales en fábricas, sino que incluye la extracción de información de dispositivos médicos, alarmas en casa y cualquier aplicación en la que un dispositivo necesite enviar información.

El bajo consumo de Wibree lo hace adecuado para funcionar a pilas o simplemente con energía solar.

- Las aplicaciones HID deben tener en cuenta la latencia. Este es el tiempo de espera en sistemas sin hilos entre que pasa algo en el sensor y el instante en el que esto se informa al sistema de recepción. Los retrasos pueden pasar por muchas razones. Para algunas aplicaciones, es vital que este tiempo esté muy controlado.

Algunos de los nuevos mercados son los siguientes.

- **Salud y *fitness***: podemos tener zapatos, básculas, cuentaquilómetros de bicicleta, medidores de latido, etc. Estos dispositivos se conectarán con el teléfono y permitirán a todo el mundo controlar el rendimiento de sus cuerpos mientras se hace ejercicio. Se incluyen dispositivos como medidores de oxígeno de sangre, medidores de glucosa en la sangre, etc. que pueden dar alarmas cuando hay problemas, o enviar sus datos a los servicios web de control de asistencia sanitaria por control médico.
- **En casa**: desde utilizar el teléfono como control remoto para el sistema de ocio hasta controlar los sistemas de calefacción y ventilación.
- **Oficina**: los típicos ratones y teclados utilizarán esta tecnología.
- **Automoción**: monitores de presión de neumáticos y control remoto de dispositivos para reducir el peso del cableado dentro de un coche.
- **Reloj**: el único ordenador de muñeca que la mayoría de las personas aceptarán es el reloj. El reloj puede mostrar información de identificación de usuarios y permite al usuario aceptar o rechazar llamadas, sin necesidad de mirar el teléfono.

Bluetooth low-energy tiene dos modos de trabajo.

- **Single mode:** será de muy bajo consumo. Los perfiles incluirán soporte para relojes, dispositivos de deportes, etc.
- **Dual mode:** se pondrán en auriculares, ordenadores, etc. Compartirán mucha de la funcionalidad existente de tecnología Bluetooth, pero el consumo no será tan pequeño como los de *single mode*. Se calcula que será un 75% del consumo del actual Bluetooth. Estos chips soportan Bluetooth y *Bluetooth low-energy*.

Bluetooth low-energy consigue esta eficiencia optimizando tres áreas básicas de funcionalidad: los procesos de conexión y descubrimiento de dispositivos, el número de paquetes transmitidos durante las conexiones y el tamaño de cada paquete individual.

En la tecnología Bluetooth clásica, para que un mecanismo sea conectable o se pueda descubrir debe estar con el receptor activo un largo tiempo, para que esté despierto cuando alguien le podría estar transmitiendo un paquete; esto equivale a unos 22 μ s de actividad. Este tiempo es necesario para que la tecnología Bluetooth clásica escanee 32 frecuencias distintas, lo que supone un lapso determinado. Con el *Bluetooth low-energy*, el mecanismo de conexión y descubrimiento sólo necesita transmitir tres paquetes cortos y entonces escucha para ver si algún dispositivo desea empezar una conversación. Estos tres paquetes y el tiempo para escuchar una respuesta equivalen a sólo 1,4 ms.

Cuando se pide una conexión, toda la información sobre esta conexión está en un paquete transmitido del maestro al esclavo. Esto incluye el mapa de saltos en frecuencia. Esta información significa que no se debe hacer ninguna negociación adicional de los parámetros de conexión antes de enviar datos reales de aplicación. Esto ahorra tiempo y energía.

Los acontecimientos de comunicación son instantes de tiempo en los cuales los dos dispositivos han aceptado recibir o transmitir paquetes para sincronizarse. En la tecnología Bluetooth clásica, estos acontecimientos de comunicación tienen un tiempo mínimo en el que los dispositivos se deben estar escuchando. En el *Bluetooth low-energy*, cada paquete incluye un bit adicional que manifiesta si hay más datos para enviar.

Cuando un esclavo no tiene datos para transmitir, ni siquiera se debe molestar en escuchar los paquetes de acontecimiento de comunicación del maestro. Esto permite al esclavo quedarse en modo de bajo consumo. Sin embargo, si tiene algo importante para decir, entonces puede despertarse en el próximo acontecimiento de comunicación y transmitir sus datos muy deprisa.

Otra optimización es el esquema de confirmación de recepción. Cuando un paquete se transmite en la tecnología Bluetooth clásica, el próximo paquete debe indicar si este paquete se recibía correctamente o no. Si aquel paquete de confirmación de recepción no incluía datos de aplicación, entonces se trans-

mite un paquete vacío y se malgasta tiempo y energía. *Bluetooth low-energy* utiliza un esquema en el que sólo se hace confirmación de recepción cuando es absolutamente necesario.

Bluetooth low-energy puede transmitir 1 millón de bits por segundo en la capa física. Para la tecnología Bluetooth clásica, el *overhead* del paquete es de 210 μ s, mientras que para el *Bluetooth low-energy* es de sólo 112 μ s. De este modo, se usa mucha menos energía para transmitir la misma cantidad de datos de aplicación.

Las principales características del *Bluetooth low-energy* son las siguientes.

- **Bajo consumo:** el consumo de potencia de la tecnología Bluetooth ha mejorado en todas las versiones. *Bluetooth low-energy* mejorará esta eficiencia y también dispone de mecanismos para enviar una cantidad pequeña de datos muy deprisa desde un estado desconectado.
- **Bajo coste:** esto se consigue relajando algunos parámetros de la especificación y reduciendo la medida física a aproximadamente la mitad.
- **Corto alcance:** la tecnología Bluetooth nunca ha intentado ser una tecnología de largo alcance. Concentrándose en aplicaciones de corto alcance, se ha convertido en un referente.
- **Mundial:** se puede utilizar tecnología Bluetooth en prácticamente todos los países.
- **Robusto.**

La nueva especificación tiene un cierto número de rasgos que la hacen muy atractiva a una variedad amplia de mercados. Esto incluye lo siguiente.

- **Número de dispositivos:** el número de dispositivos que pueden estar activos dentro de una red ha aumentado significativamente hasta algunos miles.
- **Integración de servicio web:** la capacidad de los dispositivos para enviar una cantidad pequeña de datos a un servicio web es vital para un gran número de casos.
- **Conexiones rápidas:** se hacen en 3 ms. Esto quiere decir que un dispositivo puede despertarse, conectarse, enviar algunos datos y desconectarse dentro de 3 ms.
- **Sensores compatibles:** se han creado perfiles para salud y *fitness* y los mercados de la medicina y la automatización, lo que da lugar a sistemas plenamente compatibles.

Enlaces de interés

Podemos encontrar información en:

http://www.bluetooth.com/Bluetooth/Products/low_energy.htm

<http://www.ieee802.org/15/pub/2001/Jul01/>

<http://www.ezurio.com/dl/?id=110>

2.9. ANT+

ANT es un protocolo inalámbrico de ultra baja potencia (ULP) que se encarga de enviar información inalámbrica desde un dispositivo a otro, de manera robusta y flexible. Con millones de nodos desplegados, ANT se adapta perfectamente a cualquier tipo de topologías de redes de sensores de baja velocidad de datos, desde redes punto a punto o estrella hasta redes *mesh*, que son ideales para aplicaciones orientadas a deportes, acondicionamiento físico, bienestar y aplicaciones de salud en el hogar. Además, ANT es una solución práctica para redes de área local (LAN) en hogares y aplicaciones de automatización industrial diseñada específicamente para redes inalámbricas de sensores (WSN) que requieren:

- Potencia ultrabaja: años de funcionamiento autónomo.
- Optimización alta en recursos: se adapta a una memoria de tamaño compacto.
- Flexibilidad y escalabilidad de la red: autoadaptativo y capaz de trabajar de manera mallada (*mesh*).
- Bajo coste del sistema: funciona de manera independiente con un solo chip.

Los dispositivos ANT pueden usar cualquier frecuencia de RF de 2400MHz a 2524MHz, con la excepción de 2457MHz, que está reservado para dispositivos ANT+. De manera similar, los dispositivos ANT pueden utilizar clave de red pública o privada, pero no pueden usar la clave de red ANT+, que también está reservada para dispositivos ANT+.

ANT+ es un conjunto de definiciones acordadas mutuamente en aquello que representa la información enviada por medio de ANT. Estas definiciones, denominadas perfiles de dispositivos, generalmente están vinculadas a un caso de uso específico. Por ejemplo, un monitor de frecuencia cardíaca enviará información sobre la frecuencia cardíaca, que se define en el perfil del dispositivo ANT+ para un monitor de frecuencia cardíaca. Estos perfiles de dispositivo se comparten entre todos los adaptadores ANT+, hecho que permite a cualquier adaptador ANT+ crear un monitor de frecuencia cardíaca o un receptor de monitor de frecuencia cardíaca que funcionen de manera intercambiable entre sí. Cuando un dispositivo es ANT+ quiere decir que ha sido certificado para ser interoperable con otros dispositivos ANT+.

Dado que ANT+ se basa en el protocolo ANT de potencia ultrabaja, la red está optimizada en consumo de energía, coste, latencia, comunicación fiable y facilidad de implementación.

En conclusión, ANT+ es un subsistema del protocolo ANT. Es una tecnología inalámbrica patentada que tiene acceso abierto. ANT+ está diseñado para garantizar que los datos del dispositivo ANT sean interoperables (que no es necesariamente el caso entre dispositivos ANT). Conceptualmente es similar a Bluetooth Smart, pero está destinado al uso con sensores. ANT(+) utiliza la frecuencia de 2,4 GHz ISM. Admite velocidad de datos de hasta 60 kbps y tiene un rango de comunicación de 30 metros. Los ejemplos de uso de ANT+ son: monitores de actividad, monitores de frecuencia cardíaca, control de luz y sensores de temperatura.

2.10. EnOcean

La energía, que está al alcance de todos, solo necesita ser capturada: este es el principio de la «recolección» de energía (en inglés, *energy harvesting*). EnOcean utiliza este principio para sus módulos inalámbricos, que obtienen la energía del entorno circundante. Los pequeños convertidores de energía alimentan los sensores y los interruptores, cosa que les permite funcionar sin baterías ni cables y, por lo tanto, sin mantenimiento. Reemplazar las baterías quiere decir gastos, tanto desde el punto de vista de la maquinaria como del mantenimiento. Con EnOcean nunca es necesario sustituir las baterías.

Hay tres fuentes principales de energía que utiliza la tecnología EnOcean: movimiento, luz y diferencias de temperatura. En el proceso, un convertidor de energía electrodinámico emplea movimiento cinético, o un módulo solar miniaturizado genera energía a partir de la luz disponible en una habitación. Con estas pequeñas cantidades de energía recogida hay suficiente para transmitir y recibir señales inalámbricas, además de permitir el funcionamiento de numerosas soluciones de sensores sin mantenimiento. Esto incluye interruptores sin batería, ventanas inteligentes, sensores de temperatura, humedad y luz alimentados por energía solar, así como sensores de ocupación autoamplificados, incluso receptores de retransmisión.

EnOcean obtiene energía mediante los elementos siguientes:

- **Energía del movimiento.** El convertidor de energía mecánica convierte la energía mecánica, al presionar un interruptor, por ejemplo, en energía eléctrica. Funciona de manera similar a una dinamo y hace que la energía esté disponible inmediatamente.
- **Energía de la luz.** Los módulos solares miniaturizados pueden utilizar incluso luz interior para suministrar electricidad a los módulos de radio inalámbrica de potencia ultrabaja.
- **Energía de las diferencias de temperatura.** Los generadores termoeléctricos obtienen la energía. El convertidor que se usa empieza a resonar con

una pequeña tensión de entrada, de tal manera que con pequeñas diferencias de temperatura ya se produce energía.

La tecnología EnOcean utiliza el estándar internacional ISO/IEC 14543-3-1X (también conocido como estándar EnOcean), que está optimizado para aplicaciones inalámbrica de energía ultrabaja y recolección de energía.

Para una efectividad de RF óptima, el protocolo de radio usa bandas de frecuencia sub 1 GHz (por debajo de 1 GHz). La fiabilidad de RF está garantizada porque las señales inalámbricas tienen una duración inferior a un milisegundo y se transmiten a una velocidad de datos de 125 kbps.

Los dispositivos que operan en la banda de frecuencia ISM sub 1 GHz ofrecen robustez de transmisión a través de paredes, interferencias mínimas y una comunicación de hasta 30 metros en edificios y 300 metros en campo abierto. Estas características hacen que el estándar EnOcean sea altamente adecuado para el control integrado de edificios.

Los módulos EnOcean transmiten paquetes de datos a intervalos aleatorios para garantizar que la probabilidad de colisión e interferencia sea extremadamente pequeña. Como resultado de esto, una amplia gama de interruptores y sensores que utilizan la banda de frecuencia sub 1 GHz pueden operar muy cerca uno del otro. Además, cada módulo estándar EnOcean incluye un número de identificación (ID) único de 32 bits, que no se puede cambiar ni copiar y, por lo tanto, protege contra la duplicación.

Este método de autenticación ofrece una comunicación segura y fiable probada en campo en la automatización de edificios. Para aplicaciones que solicitan seguridad de datos adicional, como por ejemplo en los sistemas domésticos inteligentes, EnOcean protege la comunicación con medidas de seguridad para evitar la reproducción o el espionaje de ataques y la falsificación de mensajes. Estas características incluyen un encriptado usando el algoritmo AES con una clave de 128 bits.

2.11. El estándar 802.11ah

El estándar 802.11ah se aprobó en 2016. La gran diferencia de este estándar HaLow (802.11ah) con sus predecesores es que utiliza la banda de 900 MHz para la transmisión de datos, cosa que permite duplicar el alcance de los estándares, que funcionan sobre la banda de 2,4 GHz utilizando menos potencia. Esto permite tener conectividad en todas las partes de una casa, y avanzar así hacia la internet de las cosas (IoT). El nombre de HaLow se lo dio la WiFi Alliance.

El estándar no está pensado para aumentar las velocidades de transmisión, y para navegar por internet continuamos utilizando alguno de los estándares que operan en las bandas de 2,4 GHz o 5 GHz, pero permitirá conectar muchos elementos del hogar (electrodomésticos, sensores, cámaras de seguridad, muebles...). Al usar una frecuencia más baja (900 MHz) se controlan mejor las interferencias y las pérdidas de señal ocasionadas por obstáculos, como por ejemplo, las paredes son mucho más bajas. El objetivo es consumir poco. La estación de usuario típica tiene un modo de suspensión para conservar la carga de la batería. Se minimizan los paquetes de datos breves y el uso de la energía en general.

En este estándar, los anchos de banda de los canales utilizados son de 1 MHz y 2 MHz para la mayoría de los casos y de 4, 8 y 16 MHz para aquellos dispositivos que necesitan más velocidad. Los pequeños anchos de banda de canal utilizados por 802.11ah no están pensados para transmitir a velocidades de Gbps o Mbps, sino para transmitir a velocidades de kbps. Es un estándar totalmente pensado para el IoT y por eso no son necesarias altas velocidades de transmisión. Está optimizado para tener muchos nodos conectados sin que esto produzca una saturación.

Este estándar puede utilizar cualquier espectro de frecuencia industrial, científica y médica (ISM) por debajo de 1 GHz, pero la banda principal es la banda libre de licencias de 902 a 928 MHz en Estados Unidos. Bandas similares justo por debajo de 1 GHz se encuentran en otros países, como por ejemplo 863-868 MHz en Europa, 717-723 MHz en Corea, 916-927 MHz en Japón y 755-787 MHz en China. En condiciones ideales, HaLow puede llegar hasta 1 km.

El espectro de 902 a 928 MHz ofrece 26 MHz de ancho de banda dividido en canales de 1, 2, 4, 8 o 16 MHz. El esquema de modulación es OFDM, que utiliza 24 subportadoras en un canal de 1 MHz y 52 subportadoras de datos en los anchos de banda más grandes.

La modulación puede ser BPSK, QPSK o 16QAM, 64QAM o 256QAM con múltiples opciones de codificación, lo que proporciona una amplia gama de velocidades de datos. Se pueden conseguir fácilmente 100 kbps en un canal de 1 MHz y hasta unos cuantos centenares de megabits por segundo en un canal de 16 MHz.

El estándar admite una gran cantidad de estaciones de red posibles (8191). Un tipo de estación especial es el punto de acceso del retransmisor, que ayuda para que todas las otras estaciones pasen los mensajes a distancias más largas con poca potencia.

También se proporciona asistencia de hasta cuatro flujos de datos espaciales para aumentar todavía más la velocidad de datos. Además, la función de segmentación de la antena hace particiones del área de cobertura.

2.12. *Human Body Communications* (HBC)

HBC (*Human Body Communications*) es una de las especificaciones descritas en el estándar 802.15.6-2012. Trabajando en la banda de los 21 MHz permite obtener velocidades en el rango de los 100 kbps-1.000 kbps, dependiendo de la sensibilidad del receptor.

En HBC, la transmisión de datos de un dispositivo a otro se hace a través del cuerpo de un usuario, y los dispositivos pueden comunicarse haciendo uso de la conductividad de la piel, aprovechando la diferencia de potencial entre dos puntos del cuerpo. El usuario simplemente toca los dispositivos, que están conectados entre sí mediante la tecnología *Touch-And-Play* (TAP).

Un dispositivo que utiliza HBC incluye un electrodo, un componente analógico para restaurar la señal de datos desde una señal recibida y un elemento controlador para generar datos de transmisión u obtener los datos transmitidos de la señal restaurada. El electrodo es para transmitir o recibir una señal eléctrica a través del cuerpo mientras está en contacto con el cuerpo. El componente analógico está formado por un preamplificador que amplifica la señal recibida a través del electrodo, un filtro paso banda para eliminar el ruido de la señal amplificada y un comparador para comparar la señal filtrada con una tensión de referencia.

La tecnología HBC es muy adecuada para proporcionar un servicio basado en TAP. Los ID de dispositivo se asignan a cada dispositivo, que puede conectarse a través del cuerpo como un canal de transmisión, y después los servicios que se proporcionan mediante las interacciones entre los dispositivos se asignan a cada par de dispositivos, al estilo de lo que se hace en Bluetooth, donde tiene lugar un descubrimiento de las propiedades de cada dispositivo para saber el tipo de servicios que pueden gestionar (pensamos, por ejemplo, en un móvil que genera datos hacia una impresora o audio hacia unos auriculares).

Un dispositivo recibe el ID de dispositivo de otro dispositivo si estos están conectados a través del cuerpo como canal de comunicación y, a continuación, se reconocen los servicios correspondientes entre los dispositivos identificados y se encuentra el servicio que se proporciona al usuario mediante la interacción entre ambos. La ejecución del servicio identificado se determina según el nivel de ejecución. La información requerida para proporcionar el servicio determinado se identifica automáticamente y, a continuación, se proporciona el servicio. Un buen ejemplo es un servicio de publicidad. Un dispositivo para el servicio de publicidad se compone de un electrodo para contactar con el cuerpo, un controlador para detectar el contacto del cuerpo con el electrodo y un componente HBC para utilizar HBC. Cuando un usuario selecciona un icono de anuncio en una pantalla poniendo en contacto el electrodo, el controlador adquiere su contenido, definido como contenido asociado al contacto de usuario, y envía el contenido al HBC. El HBC convierte los

contenidos adquiridos en una señal por HBC y envía la señal a un terminal de datos para el usuario, como una PDA, por medio del electrodo y el cuerpo del usuario.

Actividades

1. Últimamente están cobrando fuerza las aplicaciones del tipo RFID (*radio frequency identification*). Estas aplicaciones supondrán una revolución en la identificación de objetos, tal como lo fue el código de barras hace unos cuantos años. Mientras que para leer un código de barras hace falta que el lector esté muy cerca de la etiqueta (todos lo hemos visto en los supermercados), RFID permite que el lector esté más alejado de la etiqueta. Básicamente el lector emite ondas de radio que detectan las etiquetas que están en su radio de acción. Incluso hay etiquetas que emiten ondas (*active tags*) para poder aumentar todavía más este radio de acción. El inconveniente es que, en este caso, el producto se encarece.

Claramente, el sistema tiene muchas aplicaciones desde el punto de vista del control/seguridad de mercancías, pero también se puede aplicar al control/seguimiento de personas.

Este ejercicio pretende que os introduzcáis en este tema, y que habléis de la tecnología RFID. Debéis hablar, como mínimo, de los siguientes temas:

- Fundamentos básicos de la tecnología RFID.
- Aplicaciones reales: empresas que lo utilizan.
- Algunos suministradores de dispositivos en España y algunos de sus productos, indicando su radio de acción y el precio.

Ejercicios de autoevaluación

- 1.** Una de las principales aplicaciones del DECT es el telepunto. ¿En qué consiste?
- 2.** ¿Por qué motivo el sistema DECT sería lento para transmitir/conmutar paquetes?
- 3.** Bluetooth es un estándar útil para conectar vía radio dispositivos que están a poca distancia entre ellos. Si queremos conectar dos dispositivos que están a más distancia, lo podemos hacer formando una *scatternet*. ¿En qué consiste?
- 4.** En una misma sala hay dos sistemas Bluetooth ($v_{\text{máx}} = 700$ kbps) configurados como dos picorredeas. ¿Podemos tener dos enlaces cada uno de los cuales goza de todo el ancho de banda o deben repartirse los 700 kbps entre los dos? Razonadlo.
- 5.** En un sistema DECT, ¿dónde encuentra el terminal la información del sistema?
- 6.** En el estándar RFID, ¿cuál es la diferencia entre las etiquetas activas y las pasivas?

Solucionario

1. El telepunto es una aplicación unidireccional en la que el operador DECT pone unas estaciones base en unos lugares poblados de manera que los usuarios que estén dentro del área de cobertura podrán hacer llamadas. Por ejemplo, en una estación de tren servida por un telepunto, los usuarios que dispongan de terminales DECT podrán hacer llamadas.

2. El sistema DECT es lento para transmitir/conmutar paquetes a causa del mecanismo de acceso. La base escucha a cada una de las diez portadoras de manera secuencial. Si un usuario pide un acceso a la portadora N y el sistema está escuchando la $N + 1$, tendrá que esperar 10 tramas (100 ms) para tener acceso. Este tiempo es aceptable para una comunicación de voz, pero no podemos esperar este tiempo en una transmisión de paquetes para cada uno de los paquetes, ya que cada uno de ellos necesita las 10 tramas y, por lo tanto, sería muy lento.

3. En Bluetooth, una picorred es una estructura de un maestro y varios esclavos. El maestro controla a los esclavos porque tiene visibilidad radioeléctrica con ellos. Si ponemos de forma consecutiva dos picorredes de manera que un elemento sea esclavo en una picorred y maestro en la otra, estamos formando una *scatternet*, que permite la comunicación entre dos dispositivos que, por sí solos, quizás no tendrían visibilidad radioeléctrica directa.

4. Una picorred tiene un maestro que la controla, y este maestro dispone de toda la velocidad (700 kbps) para gestionarla como crea conveniente. Si en un área hay dos sistemas (con dos maestros), el uno es independiente del otro y los dos pueden utilizar la totalidad de recursos.

5. La información de sistema va en todos los pares frecuencia-ranura. De esta manera, el terminal la conoce en todo momento, independientemente del par que esté utilizando.

6. Las etiquetas activas utilizan baterías. Las etiquetas pasivas utilizan la energía recibida de la antena lectora para transmitir sus datos (eso sí, a menos distancia).

Glosario

ADPCM *f* Modulación de tipo PCM pero que codifica las diferencias entre muestras y con un paso de cuantificación variable.

CEPT *f* Conferencia europea de administraciones de correos y telecomunicaciones. Es un organismo europeo que agrupa a los reguladores de comunicaciones.

CRC *m* Código de redundancia cíclica que sirve para detectar errores.

CT *m* Teléfono sin hilos.

DECT *m* Estándar de tercera generación de telefonía sin hilos.

EB *f* Estación base.

FDMA *m* Acceso múltiple por división en frecuencia.

FEC *m* Mecanismo que permite la corrección de errores sin retransmitir la información original

FFD *m* Dispositivo de función completa en ZigBee.

FM *f* Modulación en frecuencia.

GAP *m* Perfil de acceso genérico del DECT.

GFSK *f* Modulación digital de frecuencia que incorpora un filtro gaussiano.

IRDA *f* Asociación relacionada con la transmisión de datos por infrarrojos.

ISDN *f* Red digital de servicios integrados.

OFDM *f* Técnica de modulación por división en frecuencia donde la señal se transmite simultáneamente en varias frecuencias ortogonales entre ellas.

PAN *f* Red de área personal.

PAP *m* Perfil de acceso público del DECT.

QPSK *f* Modulación de fase en cuadratura.

RFD *m* Dispositivo de función reducida en ZigBee.

RFID *f* Tecnología de identificación por radiofrecuencia.

RLL *m* Bucle local de radio.

SDP *m* Protocolo de descubrimiento de servicios.

TDD *m* Duplexado en tiempo.

TDMA *m* Acceso múltiple por división en tiempo.

USB *m* Bus serie universal. Es una interfaz para transmitir/recibir datos.

UWB *f* Tecnología que trabaja con un ancho de banda muy grande.

WLAN *f* Red de área local sin hilos.

WPABX *f* Centralita sin hilos.

Bibliografía

Huidobro, J. M. (2002). *Comunicaciones móviles*. Madrid: Paraninfo.

Sendín Escalona, A. (2004). *Fundamentos de los sistemas de comunicaciones móviles*. Madrid: McGraw Hill.

