

Comunicaciones inalámbricas

Miquel Font Rosselló

PID_00147722



Universitat Oberta
de Catalunya

www.uoc.edu

Índice

Introducción	5
Objetivos	7
1. Sistemas de comunicación de la telefonía móvil	9
1.1. GSM (<i>global system for mobile communication</i>)	10
1.2. GPRS	16
1.3. EDGE	19
1.4. UMTS	19
1.4.1. Equipos móviles	28
2. Redes inalámbricas	29
2.1. Infrarrojos	30
2.2. Bluetooth	33
2.3. ZigBee	40
2.4. WiFi	43
2.5. WiMax	47
Resumen	54
Bibliografía	55

Introducción

Las ondas infrarrojas, microondas y ondas hertzianas son las llamadas radiaciones electromagnéticas que se utilizan en el campo de las telecomunicaciones inalámbricas (sin cable).

En las primeras comunicaciones a larga distancia que se realizaron, se utilizaban columnas de humo o luz creada con antorchas de fuego. La luz se ha usado como medio de comunicación por su facilidad de producirse y porque recorre distancias largas a gran velocidad. La ventaja de las ondas infrarrojas, microondas y hertzianas es que no son visibles para el ojo humano, a pesar de que pueden servir para la comunicación de información.

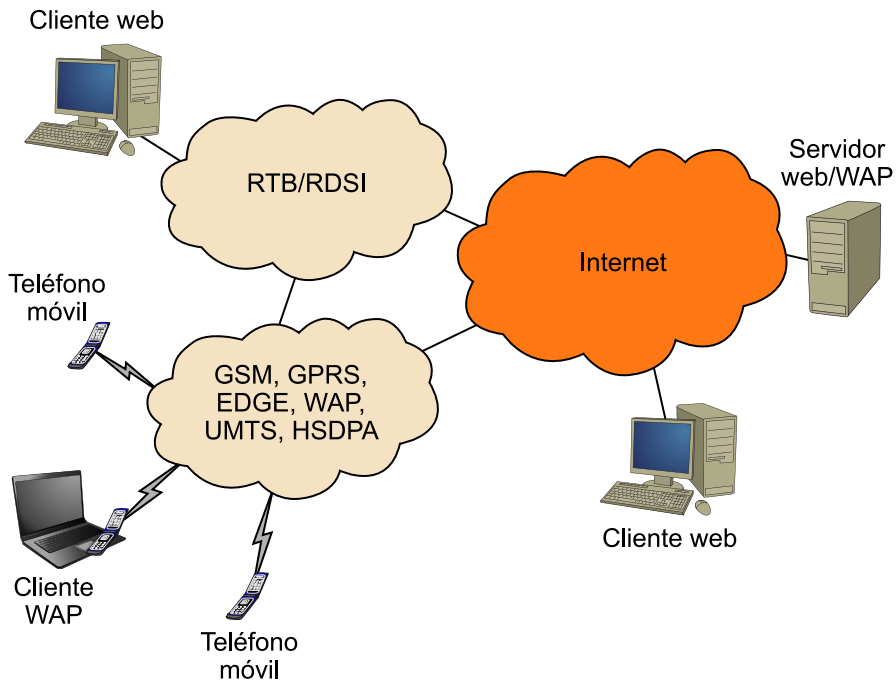
En los últimos años, el mercado de las comunicaciones inalámbricas se ha popularizado debido a las ventajas de las redes sin hilos: movilidad, flexibilidad, facilidad de instalación, escalabilidad, dinamismo en los cambios de la topología, y la posibilidad de llegar donde no llega el cable. Como principales inconvenientes podemos destacar su elevado coste inicial y su seguridad.

Dentro del mundo de las comunicaciones sin hilos, podemos distinguir dos grandes grupos:

- Sistemas de comunicación con telefonía móvil.
- Redes inalámbricas.

Actualmente, la gran mayoría de la población tiene un teléfono móvil, y su uso ha experimentado un crecimiento exponencial en todo el mundo durante los últimos años. Inicialmente, la telefonía móvil, que sólo servía para mantener conversaciones telefónicas, evolucionó con la posibilidad de realizar envíos de pequeños mensajes de texto (SMS). Más adelante se posibilitó el acceso a Internet, primero a través del protocolo WAP, después el aumento de las velocidades de acceso a Internet con GPRS y finalmente, con las tecnologías UMTS, que permiten disponer de terminales móviles (teléfonos, ordenadores de bolsillo...) multimedia con múltiples servicios y aplicaciones con conexiones a altas velocidades.

A escala mundial se ha alcanzado la cifra de 4.000 millones de abonados móviles, con un índice de penetración en torno al 60%. En el 2009, China era el mercado más importante, con más de 600 millones de usuarios. El sistema GSM era el más utilizado, con una cuota en torno al 80% y más de 3.000 millones de usuarios. El número de usuarios de 3G en el mundo superaba los 900 millones (250 millones UMTS/HSPA).



La evolución de las redes inalámbricas de área local WiFi, gracias a la popularización de los accesos domésticos a Internet, se ha extendido en multitud de hogares y empresas, así como la utilización del protocolo Bluetooth para interconectar diferentes accesorios y dispositivos en ordenadores, impresoras, ratones, teclados, etc.

Objetivos

El estudio de los materiales didácticos de este módulo tiene que permitirnos alcanzar los objetivos siguientes:

- 1.** Conocer las tecnologías más habituales y actuales utilizadas en la telefonía móvil comercial.
- 2.** Tener una visión general de la rápida evolución histórica de la tecnología móvil en los últimos treinta años.
- 3.** Entender bien las características y limitaciones de cada tecnología de telefonía móvil.
- 4.** Saber cuáles son las funcionalidades actuales y futuras que se ofrecen a los usuarios de la telefonía móvil.
- 5.** Conocer los estándares y los nombres de las redes inalámbricas de uso más común en la actualidad.
- 6.** Entender bien la diferencia de las funcionalidades de las redes inalámbricas según su tipología: consumo, prestaciones, velocidad de transmisión, distancia entre los equipos, etc.
- 7.** Saber elegir una tecnología inalámbrica concreta para una situación particular.

1. Sistemas de comunicación de la telefonía móvil

En 1985 surgió en Europa la primera generación (1G) de teléfonos móviles después de adaptar el sistema *advanced mobile phone system* (AMPS) a los requisitos europeos denominados *total access communications system* (TACS). TACS engloba todas las tecnologías de comunicaciones móviles analógicas. Con ella se podía transmitir voz pero no datos. Actualmente, esta tecnología está obsoleta y desaparecerá en el futuro.

Debido a la sencillez y las limitaciones de la primera generación surgió el sistema *global system for mobile communications* (GSM), que marcó el comienzo de la segunda generación (2G) de la telefonía móvil. Esta tecnología puede transmitir datos, además de las bien conocidas conversaciones de voz, a una velocidad de 9,6 kbit/s; la transmisión de datos se inició con el servicio de mensajería corta o mensajes SMS.

Después, surgió la tecnología WAP, que consistía en unas páginas web pensadas para verlas con las pantallas monocromas de los teléfonos móviles. Las primeras conexiones se hacían con llamadas al proveedor telefónico, que transmitía los datos como si fuera un módem tradicional y los transmitía a una velocidad de 9,6 kbits/s.

En el 2001 surgió la denominada segunda generación y media (2,5G), como paso previo a la tercera generación (3G). En la 2,5G están incluidas todas las tecnologías que permiten una mayor capacidad de transmisión de datos y que surgieron como paso previo a las tecnologías 3G. Dentro de esta generación nació la tecnología *general packet radio service* (GPRS), que permitía acceder a Internet a través del protocolo TCP/IP. La velocidad de comunicación era de 54 kbits/s de bajada y 9,6 kbits/s de subida, y el servicio se pagaba por los datos descargados, no por el tiempo de conexión.

Con la finalidad de facilitar las comunicaciones inalámbricas debido a su generalización en todo el mundo, la International Telecommunication Union (ITU) adoptó diferentes interfaces de acceso radioeléctrico llamadas *international mobile telecommunications-2000* (IMT-2000) o comunicaciones móviles internacionales.

Después surgieron las tecnologías 3G, que se definen dentro del IMT-2000 (de la ITU) que marca el estándar para que todas las redes 3G sean compatibles unas con otras. Actualmente, el 3GPP (*3er generation partnership project*) está trabajando con el *universal mobile telecommunications system* (UMTS), una de las

tecnologías que utilizan los móviles de tercera generación (3G). Esta tecnología permite descargar datos a una velocidad de hasta 2 Mbits/s, lo que fomenta la aparición de nuevas aplicaciones y servicios.

A pesar de todo, la tecnología UMTS no está actualmente concebida para suplantar la tecnología ADSL por cable de los hogares, empresas y oficinas, ya que todavía sólo se factura por descarga de datos. También es necesario que en la zona donde se utiliza haya cobertura para esta tecnología. Además, también hace falta que en la zona donde se opera haya cobertura para esta tecnología. Hoy día, la tecnología UMTS se puede utilizar para conexiones a Internet, correo electrónico, FTP (transferencia de archivos), telnet (terminal remoto), videoconferencias, comercio electrónico, etc.

La cuarta generación (4G) será el futuro de la tecnología móvil, con velocidades de transmisión de 50 Mbps de subida y 100 Mbps de bajada, y utilizará diferentes tecnologías (MIMO, HSDPA, OFDM).

1.1. GSM (*global system for mobile communication*)

El sistema *global system for mobile communication*¹ (GSM) es un estándar aceptado por los teléfonos móviles o celulares. GSM es el nombre de un grupo de estandarización, ideado en 1982, pensado para crear un estándar de comunicación para los teléfonos móviles europeos.

⁽¹⁾En castellano, sistema global de comunicación móvil.

El sistema GSM, por ser un sistema estándar, ofrece la ventaja de permitir al usuario disfrutar de los servicios contratados al mantenerlo conectado de manera automática independientemente de la parte del mundo donde se encuentre. Eso es posible gracias al hecho de que, al ser un sistema celular global, el espacio está dividido en celdas, de modo que cada una de ellas dispone de una estación de radio que le da cobertura. De esta manera, a medida que un usuario se desplaza de una celda a otra, la cobertura y la transmisión se recuperan de manera automática en la nueva estación de radio gracias al hecho de que todas ellas se encuentran interconectadas (proceso denominado handover). Por este motivo, y a causa del auge de este sistema de comunicación, puede ocurrir que, en algunos lugares y ciertas épocas del año, el sistema quede congestionado cuando la demanda de servicio en una celda o zona geográfica concreta supera su capacidad, como pasa en algunas zonas turísticas en temporadas de gran afluencia.

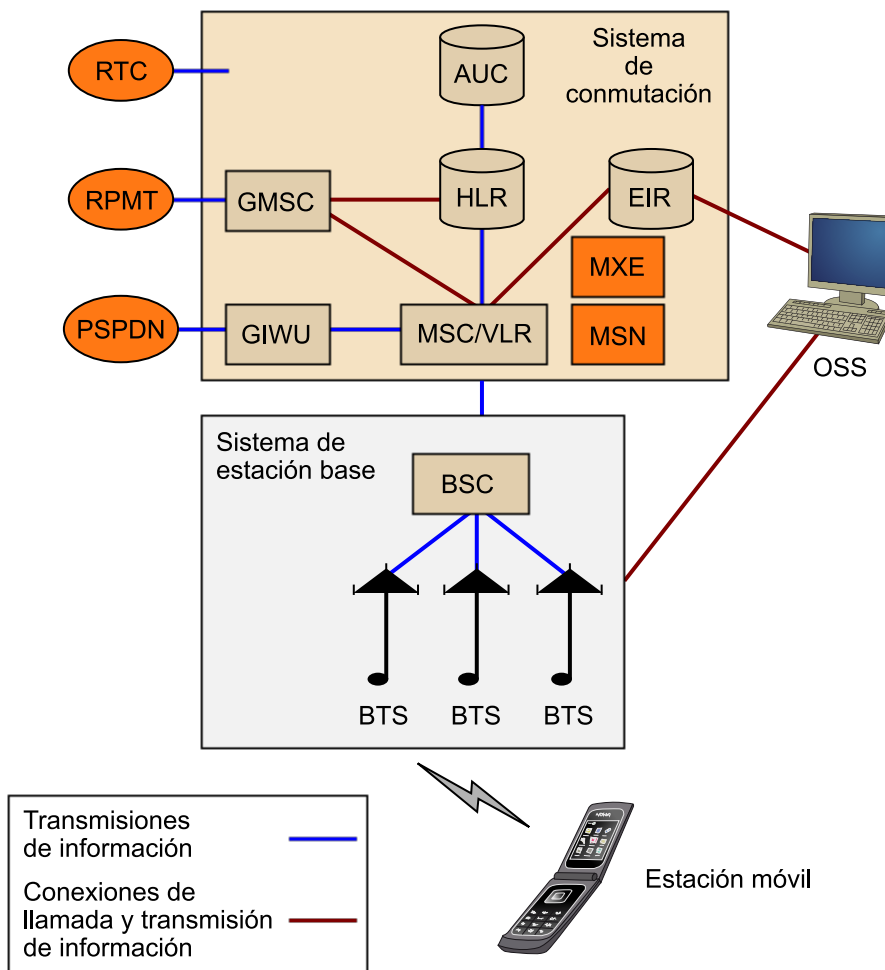
El estándar GSM proporciona recomendaciones pero no requerimientos. Las especificaciones definen en detalle las funciones y los requerimientos de las interfaces, pero no describen el hardware de los equipos. La razón de hacerlo

así es limitar al máximo el número de diseñadores para hacer posible que un mismo operador de telecomunicaciones pueda adquirir los equipos de varios fabricantes diferentes.

La red GSM se divide en tres sistemas:

- 1) el sistema de conmutación (*switching system, SS*),
- 2) el sistema de estación base (*base station system, BSS*), y
- 3) el sistema de operación y soporte (*operation and support system, OSS*).

Los elementos básicos de una red GSM se describen en la siguiente figura.



El sistema de conmutación (SS) es el responsable de gestionar el procesamiento de las llamadas y las funciones del suscriptor. Su estructura está constituida por los elementos siguientes:

Suscriptor

Es el cliente-usuario de un operador de telecomunicación.

- **Registro de localización (HLR).** Es una base de datos utilizada para guardar y gestionar las suscripciones. Se la considera la base de datos más importante y guarda la información permanente sobre los suscriptores, los perfiles de servicios de los suscriptores, información de localización y estado de la actividad. Cuando una persona individual compra una suscripción (se da de alta con un operador de telecomunicaciones) a uno de los

operadores de telecomunicaciones (operador PC), la persona queda registrada en el HLR de este operador.

- **Centro de conmutación de los servicios móviles (MSC).** El MSC proporciona las funciones de conmutación de telefonía en el sistema. Controla las llamadas a, y desde, otros teléfonos y sistemas de datos.
- **Registro de localización de los visitantes (VLR).** La VLR es una base de datos que contiene información temporal sobre los suscriptores que necesitan el MSC como suscriptores visitantes. El VLR se integra dentro del MSC. Cuando una estación móvil permanece en una nueva área MSC, el VLR conectado a este MSC pedirá información sobre la estación móvil a la HLR. Después, la estación móvil realiza una llamada, y el VLR tendrá la información necesaria para realizar el establecimiento de llamada sin necesidad de tener que interrogar al HLR constantemente.
- **Centro de autoidentificación (AUC).** El AUC proporciona autoidentificación y encriptación para determinar la identidad y asegurar la confidencialidad de cada llamada. Protege las operaciones de red contra diferentes tipos de fraudes.
- **Registro de la identidad de los equipos (EIR).** El EIR es una base de datos que contiene información sobre la identidad de los equipamientos móviles que realiza la prevención que las llamadas sean escuchadas, no autorizadas o detectar estaciones móviles defectuosas.

El sistema de estación base (BSS) realiza todas las funciones relacionadas con la transmisión por radio, que consiste en controladores de estación base (BSC) y las estaciones transmisoras base (BTS). Sus funciones son las siguientes:

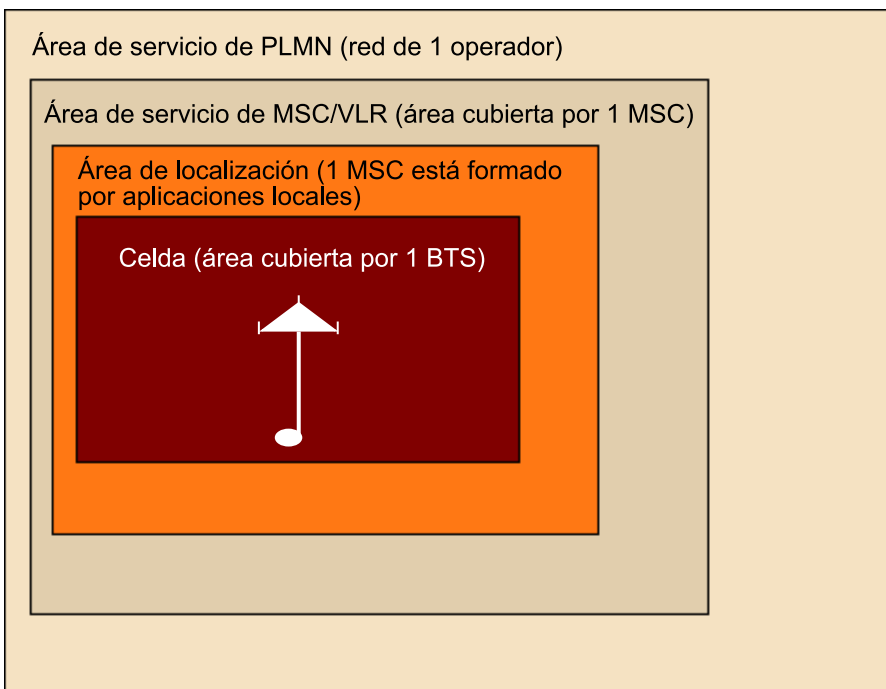
- El BSC proporciona todo el control de las funciones de los enlaces físicos entre el MSC y el BTS. Es un conmutador de alta capacidad que proporciona funciones como el control de la radiofrecuencia (RF), información de la configuración de celda, niveles de potencia en las BTS. Varios BSC son servidos por un mismo MSC.
- El BTS proporciona la interfaz de radio hacia la estación móvil. El BTS es el equipamiento de radio (transmisores y receptores y antenas) que se necesita para proporcionar servicio a cada celda. Un grupo de BTS es controlado por un BSC.

El centro de mantenimiento y operaciones (OMC) se conecta a todos los equipos en el sistema de conmutación y a los BSC. La implementación del OMC se llama el sistema de soporte y operaciones (OSS). El OSS es la entidad funcional a partir de la cual el operador de la red controla y monitoriza el sistema. El OSS ofrece al cliente soporte para las operaciones de mantenimiento centrali-

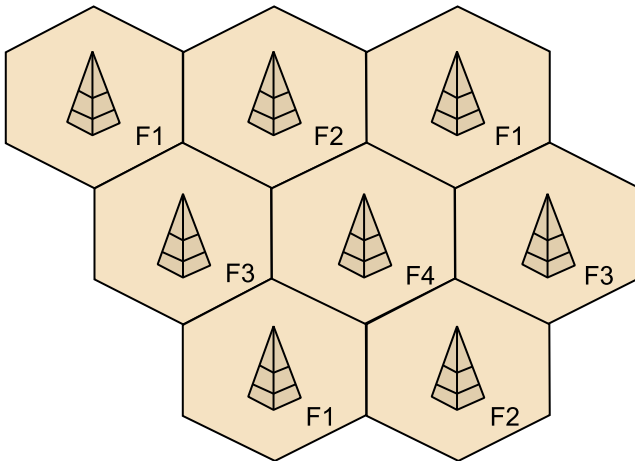
zadas, regionales y locales. Una función importante del OSS es proporcionar una visión global de la red y dar soporte a las actividades de mantenimiento de las diferentes organizaciones.

Otros elementos son el *message center* (MXE), que guarda los mensajes de datos, de voz, y de fax; el *mobile service node* (MSN), que proporciona servicios de red inteligentes, el *gateway mobile services switching center* (GMSC), que sirve para interconectar dos redes, y la *GSM interworking unit* (GIWU), que consiste en el hardware y software de la interfaz de varios redes.

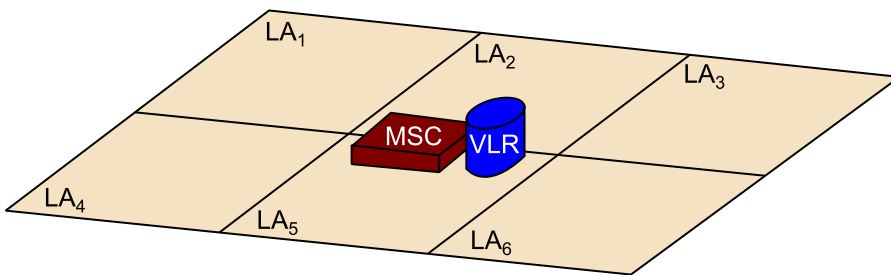
La red GSM se construye a partir de áreas geográficas. La siguiente figura muestra las agrupaciones en celdas, áreas de localización (LA), áreas de servicio MSC/VLR y áreas públicas móviles de tierra (PLMN).



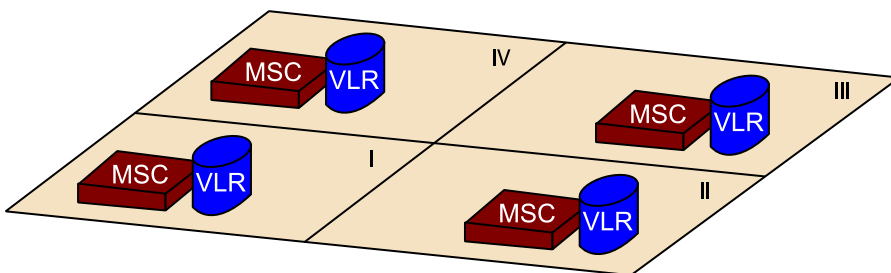
La celda es el área de cobertura proporcionada por una estación base de transmisión (BTS). La distribución más habitual de posicionar las celdas es crearlas hexagonales para aumentar la cobertura de la red y minimizar los efectos de los transmisores de las celdas contiguas.



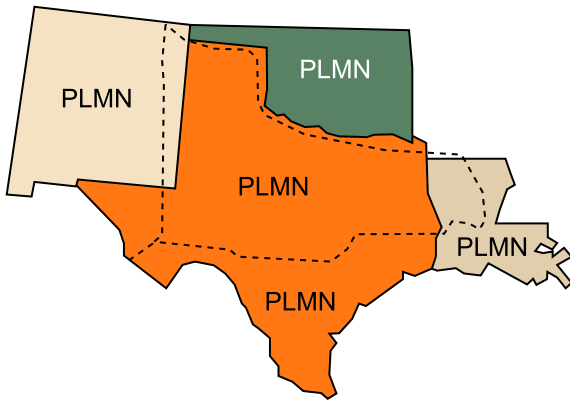
La red GSM identifica cada celda a través de la identidad global de celda (CGI), que es un número asignado a cada celda. Un área de localización es un conjunto de celdas. En esta área es donde el suscriptor está situado. Cada área de localización está servida por uno o más controladores de estaciones base, para una sola MSC. A cada área de localización se le asigna un número denominado identidad de localización de área.



Cada área de servicio MSC/VLR representa la parte de la red GSM que es cubierta por una MSC, y se registra en el VLR de la MSC.



El área de servicio PLMN es un área servida por un operador de red:



GSM transmite entre las frecuencias de 1,850-1,9990 MHz (teléfono móvil y estación base), y su velocidad de transmisión máxima puede ser de 270 Kbps.

Hay dos tipos de servicios básicos ofrecidos por GSM: telefonía y datos.

Los servicios de telefonía son básicamente los servicios de voz que proporcionan los suscriptores para comunicarse con otros suscriptores (telefonía normal y llamadas de emergencia). Los servicios de datos son básicamente los siguientes:

- Servicio de fax de grupo III: permite que un fax GSM se pueda comunicar con un fax analógico.
- Servicio de transmisión de mensajes cortos SMS: 160 caracteres alfanuméricos entre estaciones móviles, garantizando que los mensajes se guardarán si la otra estación no está conectada, y, por tanto, se recibirán con toda seguridad.
- Servicio de buzón de voz: una máquina del operador recibe y guarda las llamadas y mensajes del buzón de voz.
- Servicio de envío de mensajes broadcast entre los suscriptores de un área.
- Servicio de correo de fax: el suscriptor puede recibir un mensaje de fax en cualquier máquina de fax.

Otros servicios que ofrece GSM

Otros servicios suplementarios que ofrece GSM son:

- redireccionamiento de llamadas entrantes hacia otro número de teléfono
- prevención o filtrado de determinadas llamadas salientes de la estación móvil
- prevención o filtrado de recepción de determinadas llamadas
- aviso del coste de una llamada o un mensaje
- conversaciones telefónicas múltiples
- etc.

El suscriptor, para comunicarse dentro de la red GSM, utiliza el teléfono móvil, que internamente es un transmisor y receptor de señales. El teléfono móvil está formado por diferentes circuitos de control; tiene unos dispositivos de

amplificación y modulación/desmodulación de la señal, circuitos de codificación y decodificación de señales A/D y D/A, un altavoz y un micrófono, una batería, una pantalla, un teclado y una antena.



El teléfono móvil lleva una tarjeta inteligente, denominada módulo de identificación de suscriptor (SIM). Es un elemento exclusivo del suscriptor del servicio y constituye la base del sistema de abonado ofrecido por el operador de la red. Cuando se introduce dentro de un teléfono móvil, éste adquiere el número de teléfono asociado a la tarjeta SIM. Dentro de cada tarjeta SIM se guarda la *international mobile subscriber identity* (IMSI), que es la identificación internacional del suscriptor.

1.2. GPRS

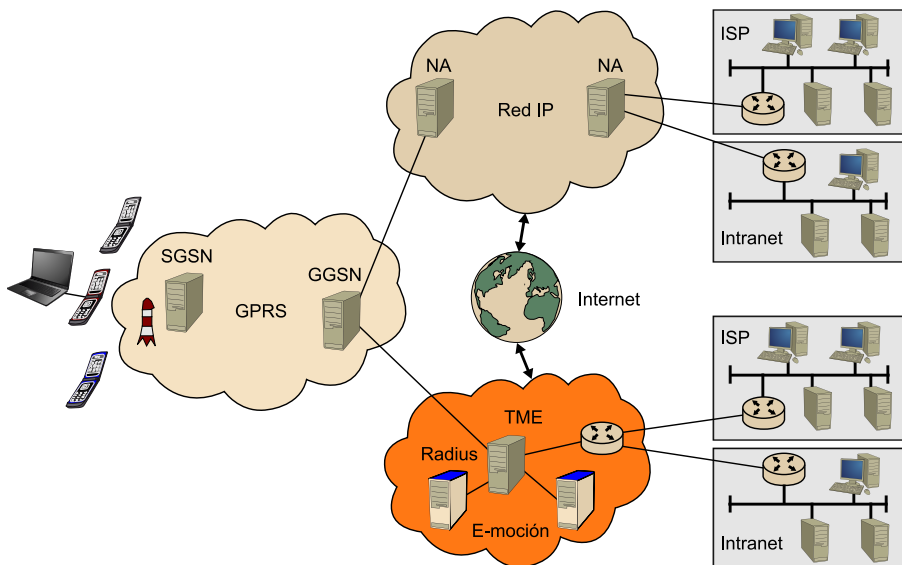
El *general packet radio service* (GPRS) o servicio general de paquetes vía radio es una extensión del GSM, que permite la transmisión de datos por paquetes, con velocidades de transferencia de 56 a 144 Kbps. Servicios como el *wireless application protocol* (WAP), servicio de mensajería multimedia (MMS), acceso a Internet o SMS pueden utilizar el GPRS. La transferencia de datos de GPRS se cobra por volumen de información transmitida, no por tiempo, independientemente de si el usuario utiliza toda la capacidad del canal o está en estado de inactividad.

GPRS es una tecnología de conmutación de paquetes que surge como una evolución de las redes GSM para proporcionar mayor velocidad y más prestaciones en el acceso móvil a servicios de datos e Internet. Complementa las redes GSM, y no las sustituye. Es una buena alternativa a la migración progresiva hacia la tercera generación de redes móviles y permite una introducción gradual de aplicaciones y servicios para evaluar la viabilidad y rentabilidad del acceso móvil a Internet.

GPRS se basa en una red de conmutación superpuesta a la red GSM. Fue necesario instalar nuevos nodos y elementos de red sobre la red GSM para soportar servicios de conmutación de paquetes pero se utiliza la misma infraestructura GSM en el subsistema de radio. Las estaciones base son las mismas en GSM que en GPRS.

Los tipos de terminales GPRS pueden ser de:

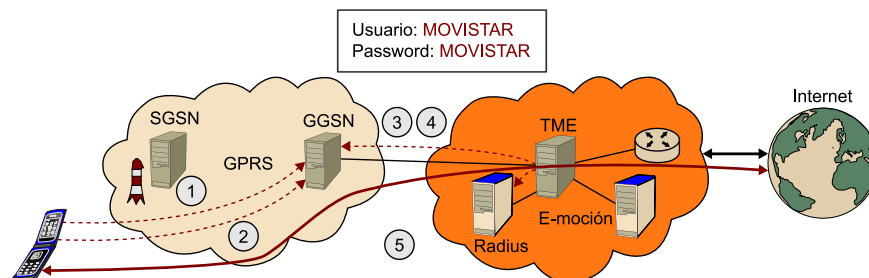
- **Clase A:** soporta tanto servicios GSM como servicios GPRS de manera simultánea.
- **Clase B:** soporta servicios GSM y servicios GPRS, pero de forma alternativa, no simultánea.
- **Clase C:** soporta servicios GPRS de forma exclusiva, habitualmente en forma de tarjeta para insertar en un PC portátil.



Acceso a Internet

Un acceso propio a Internet podría ser de la siguiente manera con APN: movistar.es. El perfil estaría configurado por defecto para navegar por Internet con el TME como proveedor del servicio y acceso a los diferentes servicios ubicados en la red de TME. La secuencia de acciones sería:

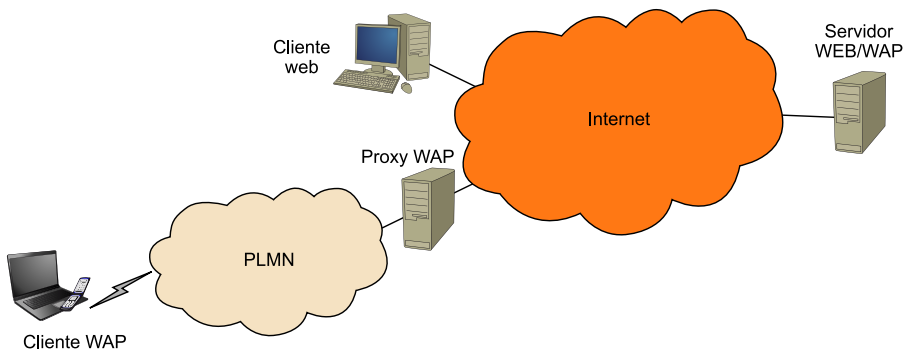
- 1) MS solicita la activación de un contexto con el APN movistar.es.
- 2) El MS proporciona un identificador y una contraseña genéricos. Por ejemplo, usuario: MOVISTAR; clave: MOVISTAR.
- 3) El GGSN solicita la asignación de una dirección IP.
- 4) El servidor Radius del TME asigna una dirección IP al MS.
- 5) El MS puede acceder a Internet a través de la red de TME.



Por ejemplo, se puede crear una conexión a Internet en un ordenador portátil de las siguientes maneras:

- Creando una conexión entre el portátil y un teléfono móvil mediante el protocolo bluetooth (o un enlace de infrarrojos). El teléfono móvil tiene la capacidad de crear una conexión a Internet a través de la red GPRS. La comunicación entre el ordenador y el teléfono móvil se hace a través de una aplicación que gestiona la conexión entre los dos equipos.
- Conectando al ordenador directamente con una tarjeta PC Card con un SIM GSM

El *wireless application protocol* (WAP) es un protocolo con el objetivo de la combinación de dos tecnologías de comunicación inalámbrica e Internet. Funciona sobre GSM, pero lo puede hacer sobre GPRS o UMTS, como veremos más adelante. Se trata de un protocolo que permite la conexión de terminales móviles a fuentes externas de forma interactiva, ya sean servidores IP, bases de datos o multimedia. Por ejemplo, las estaciones móviles para navegar por Internet incorporan un micronavegador WAP, que es equivalente a un navegador web. El micronavegador es el visualizador que permite ver páginas WML, que es un lenguaje muy parecido al HTML. Las pasarelas WAP convierten páginas HTML en páginas WML, teniendo en cuenta el reducido tamaño de las pantallas y las funcionalidades de los dispositivos móviles (teléfonos móviles, PDA...).

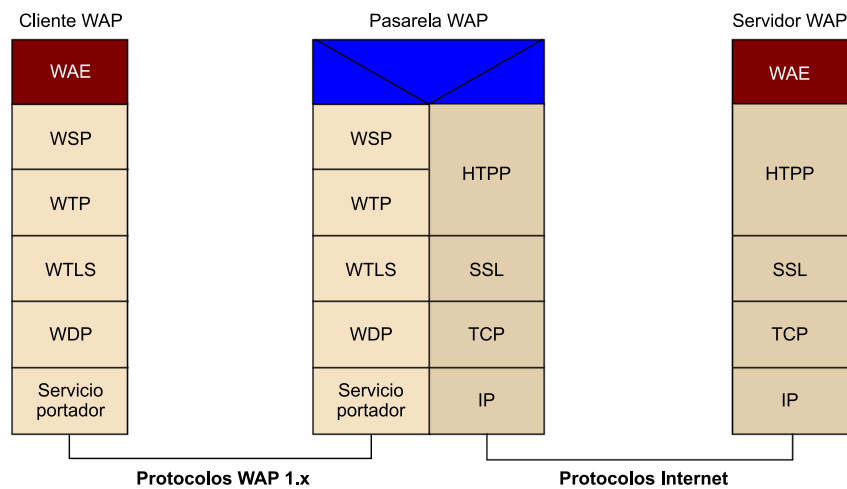


Otros usos de WAP

WAP también ofrece servicios para la transferencia asíncrona de mensajes multimedia (MMS), y también permite enviar y recuperar los mensajes en un servidor *e-mail* de Internet a través de las oportunas conversiones.

Difusión de EDGE

Últimamente han aparecido tarjetas de red y teléfonos móviles con tecnología EDGE de diversos fabricantes, como el aumento de redes y operadores en diversos países con esta tecnología.



1.3. EDGE

Enhanced data for global evolution (EDGE) y enhanced data rates for GSM evolution son tecnologías que permiten aumentar las velocidades de transmisión de datos y la eficiencia espectral, facilitando nuevas aplicaciones y el aumento de la capacidad para el uso en servicios de telefonía móvil.

Suponen un paso adelante en los servicios de datos de GSM y GPRS y distinguen:

- *Enhanced circuit-switched data (ECSD)*.
- *Enhanced general packet radio service (EGPRS)*.

1.4. UMTS

El espectacular desarrollo que ha experimentado la tecnología de los sistemas de comunicación y el acceso a todo tipo de información por parte de los usuarios son algunas de las causas que han potenciado el desarrollo de una nueva generación de terminales de comunicación capaz de facilitar la interconexión de las distintas redes mundiales.

Los sistemas UMTS (o UTMS) o sistemas de tercera generación (3G o W-CDMA) han ido desplazando gradualmente los sistemas GSM actuales a causa de las grandes ventajas que supone para los usuarios tener a su disposición un sistema de interconexión global de todas las redes. UMTS equivale a la tercera generación de comunicaciones móviles. Una generación más fiable y flexible que las dos anteriores.

IMT-2000 define un estándar global para la tercera generación, iniciativa de la ITU para proveer de acceso inalámbrico a la infraestructura global de telecomunicaciones a través de sistemas por vía satélite y sistemas terrestres. UMTS es la propuesta europea (ETSI) para promover la utilización de UMTS Terrestrial Radio Access (UTRA) en el IMT-2000. 3GPP (Third Generation Partnership Project) es un foro formado por organismos de diferentes países (ETSI, TTA, TTC y CWTS) para la elaboración de especificaciones técnicas para UMTS.

Los objetivos de IMT son: la convergencia de redes fijas y móviles, igualar la calidad de servicio, ofrecer servicios multimedia simétricos y asimétricos, *roaming global*, asignación dinámica de ancho de banda hasta un máximo inicial de 2 Mbps, acceso personalizado –concepto de *virtual home environment* (VHE) para definir un perfil de servicio constante y homogéneo independiente de la red que le sirve el abonado–, uso de la tecnología de paquetes y protocolos IP, soporte de un amplia gama de terminales, y capacidad para un alta densidad de usuarios.

En la implantación de los sistemas 3G juega un papel muy importante el foro UMTS, un organismo independiente, creado en 1996, en el que participan cerca de 170 compañías de 30 países, pertenecientes a las industrias suministradoras de equipos, operadores de telecomunicaciones y organismos de regulación. El foro está comprometido en la formación del consenso necesario para introducir y desarrollar con éxito el estándar UMTS y así poder satisfacer la demanda del mercado de unas comunicaciones móviles personales de bajo coste y alta calidad. Los países europeos lo están desarrollando en cooperación con las organizaciones de estandarización en el 3G.

UMTS en España

España fue uno de los países pioneros en la tecnología UMTS, y ha sido uno de los primeros países en lanzar el servicio. En el 2000 se adjudicaron cuatro licencias UMTS disponibles a las operadoras Telefónica Móviles (Movistar), Airtel (actualmente Vodafone), Amena (actualmente Orange) y el consorcio Xfera (más conocido como Yoigo).

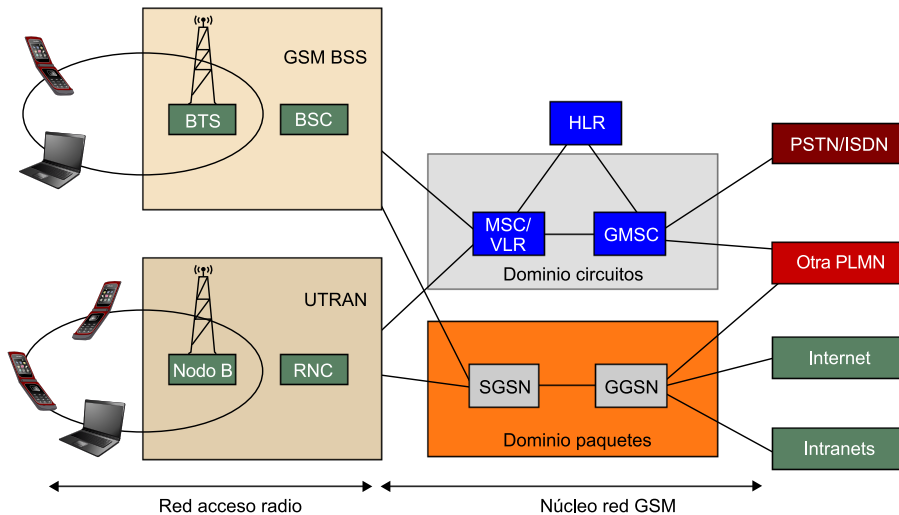
Las fases del desarrollo de UMTS han sido:

- **Primera fase.** Elaboración de las descripciones técnicas y evaluación de las soluciones para UTRAN. Concluir con una descripción detallada de UTRAN en la que se incluyen los protocolos de interfaz de radio, los protocolos internos y los protocolos del subsistema de red.
- **Segunda fase.** Elaboración de las especificaciones del Release 99 para la integración de UMTS con las redes GSM/GPRS existentes.
- **Tercera fase.** Corrección iterativa de las especificaciones prevista para finales del 2001.
- **Cuarta fase.** Incremento del bit rate para alcanzar tasas superiores a 2 Mbits/s.

Dirección web recomendada

Podéis acceder al foro UMTS a través de la página web <http://www.umts-forum.org>.

Arquitectura global GSM



UMTS es una tecnología apropiada para una gran variedad de usuarios y de tipos de servicios, y no únicamente para usuarios avanzados. UMTS ofrece facilidad de uso y costes bajos, servicios modernos y mejorados, acceso rápido, transmisión de paquetes de datos y velocidad de transferencia de datos a demanda, entorno de servicios amigable y consistente.

Las características más sobresalientes de UMTS son: *roaming* sin fisuras, acceso global rápido, multimedia, separación de servicios y plataformas, un terminal puede estar conectado a varios nodos a la vez, velocidad de transmisión de hasta 2 Mbps, capacidad para determinar la posición, mecanismos de seguridad, calidad de servicio (servicios de valor añadido o calidad) muy desarrollada, VHE (interfaz para cualquier red).

UMTS proporciona servicios de fácil uso y adaptables para abordar las necesidades y preferencias de los usuarios, una amplia gama de terminales para realizar un fácil acceso a distintos servicios y bajo coste de los servicios para hacerse con un mercado masivo. También ofrece la capacidad de ofrecer diferentes formas de tarificación y el servicio de *roaming* internacional.

UMTS ha evolucionado para integrar todos los servicios ofrecidos por las distintas tecnologías y redes actuales (GSM, RDSI, Internet...) y se puede utilizar en determinados terminales (teléfono fijo, inalámbrico, celular, terminal multimedia...), tanto en ambientes profesionales como domésticos, ofreciendo una mayor calidad de servicios y soportando la personalización del usuario y los servicios multimedia móviles en tiempo real. Los terminales son multimodo y multibanda, con cámara incorporada, pantalla de color y una gran memoria.

Los servicios 3G combinan el acceso móvil de alta velocidad con los servicios basados en el protocolo IP. Pero la 3G no sólo lleva una conexión rápida al World Wide Web (WWW), sino que, además, implica nuevas formas de comu-

nicación, de acceder a la información, de hacer negocios, aprender y disfrutar del tiempo libre, que relegan al pasado las conexiones fijas y lentas. Como la 3G puede realizar múltiples conexiones simultáneamente desde un mismo terminal móvil, un usuario se puede conectar a una base de datos remota para obtener información sin necesidad de interrumpir una sesión de videoconferencia.

Para asegurar el éxito de los servicios 3G, se proporciona a los usuarios unas comunicaciones muy eficientes, con una alta velocidad y calidad, y fáciles de utilizar. Por eso ofrecen: transmisión de alta fiabilidad, hasta 384 kbits/s en espacios abiertos y 2 Mbits/s con baja movilidad, uso del ancho de banda dinámico en función de la aplicación, soporte tanto en conmutación de paquetes como de circuitos, acceso a Internet (navegación WWW), videojuegos, comercio electrónico, vídeo y audio en tiempo real, diferentes servicios simultáneos en una sola conexión, calidad de voz con la red fija, mayor capacidad y uso eficiente del espectro, personalización de servicios según el perfil de usuario, servicios dependientes de la posición, incorporación gradual en coexistencia con los sistemas actuales de 2 GR, itinerancia o *roaming* (incluido el internacional) entre diferentes operadores y cobertura mundial con servicios terrestres y por satélite.

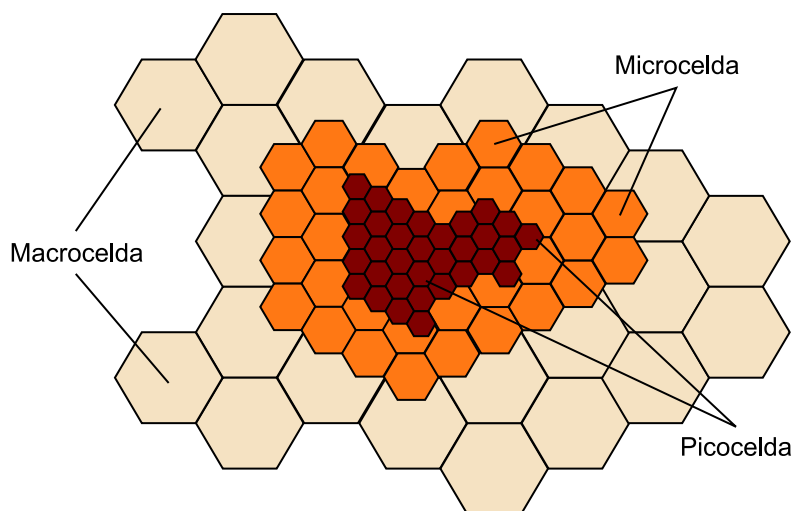
La estructura de las redes UMTS está compuesta por dos grandes subredes: la red de telecomunicaciones y la red de gestión. La primera es la encargada de sustentar el trasvase de información entre los extremos de una conexión. La segunda tiene como objetivo la provisión de medios para la facturación y tarificación de los abonados. Tiene los siguientes elementos:

- Núcleo de la red (*core network*).
- Red de acceso a radio (UTRAN).
- Terminal móviles.

La velocidad de transferencia de datos que la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) requiere en su solución IMT-2000 va desde los 144 kbit/s sobre vehículos a gran velocidad, hasta los 2 Mbits/s sobre terminales en interiores de edificios (cifra al menos 60 veces superior a la que se tenía cuando se utilizaba un módem convencional para la red telefónica conmutada, la telefonía de toda la vida), pasando por los 384 kbit/s en usuarios móviles en vehículos de baja velocidad.

Los tipos de celdas en UMTS son:

- Macroceldas (radio entre 1 y 40 Km). Cobertura celular en grandes áreas abiertas y las celdas sirven de paraguas para cubrir agujeros entre zonas con microceldas.
- Microceldas (radio entre 50 y 1.000 metros). Son la cobertura celular en áreas urbanas y autopistas. Usan antenas direccionales, y sirven también para cubrir las zonas oscuras en macroceldas.
- Picoceldas (radio inferior a 50 metros). Se usan en entornos residenciales e interiores de oficinas. La zona cubierta depende de la estructura del edificio y los materiales utilizados.



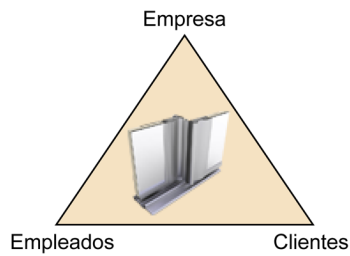
Después de la implantación del sistema UMTS, el concepto de teléfono móvil ha cambiado radicalmente, pasando de ser un simple instrumento de comunicación a convertirse en un terminal multimedia con múltiples capacidades para la comunicación y el ocio, gracias a la gran cantidad de servicios ofrecidos y que crecen cada día. Además, para zonas en las que la telefonía móvil no llega o llega de manera deficiente, la tecnología UMTS habilita la posibilidad de hacer llegar los servicios de telecomunicaciones avanzados.

Nuevos servicios a través de UMTS

Actualmente, algunos operadores ya ofrecen vídeollamadas, vídeo mensajería, descarga de juegos, música de calidad MP3, clips de vídeo e imágenes en directo de temas de actualidad y la conexión a Internet para navegar desde el móvil. Algunos operadores ya prometen canal de televisión 24 horas en directo, cursos en línea, etc.

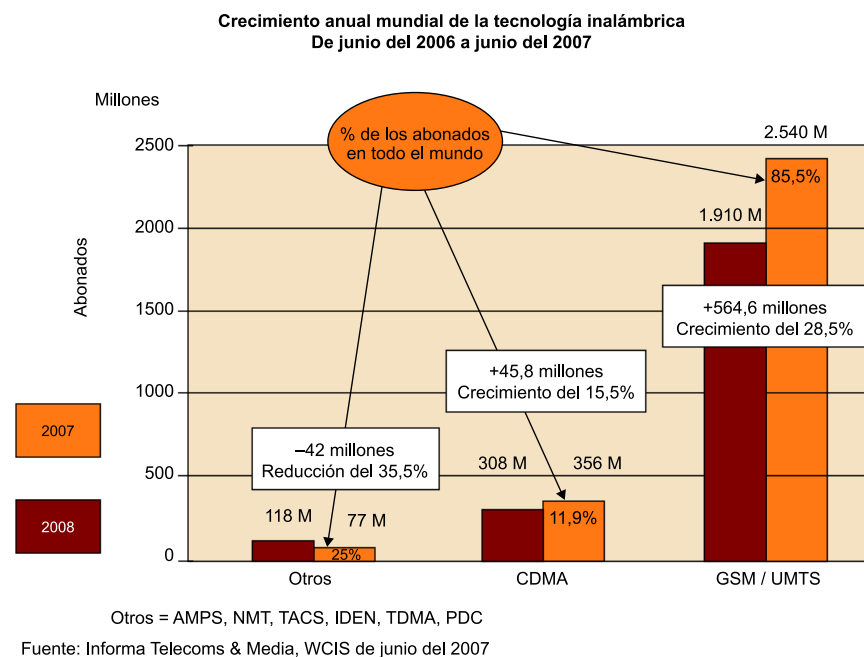
Los modelos de mercado UMTS son:

- Modelos de interrelación:
 - B2B: *Business-to-Business*.
 - B2E: *Business-to-Employee*.
 - B2C: *Business-to-Consumer*.



- Clases de servicios básicos:
 - Intranet/extranet móvil.
 - Servicios de localización.
 - Servicios de voz.
 - Servicios de mensajería multimedia.
 - Acceso móvil a Internet.
 - Ocio personalizado.

Gráfico de la implantación de UMTS



UMTS ofrece servicios básicos de telecomunicación:

- **Servicios portadores:** servicios de conmutación de circuitos para transmisión de voz y audio, servicios de conmutación de paquetes (llamadas virtuales, canales virtuales permanentes, conectividad RDSI –interactiva: conversación, mensajería a demanda–, distribución –envío continuo a múltiples usuarios–, señalización a los usuarios). En la transferencia de la información puede ofrecer una tasa binaria constante de información garantizada, una tasa binaria variable dinámicamente no garantizada, una tasa binaria variable dinámicamente en tiempo real con una tasa binaria mínima garantizada. El tráfico puede ser punto a punto o unidireccional punto-multipunto (multicast, broadcast). Con respecto a la calidad de la

información, puede tener un máximo retardo en la transferencia, una variación en el retardo, una tasa de error de bit y una tasa de datos.

Tasas de transmisión en redes de acceso móvil. Tiempo de descarga de aplicaciones típicas

Aplicación	RDSI	GSM	GRPS	UMTS
E-mail (10 Kbytes)	1 s	8 s	0,7 s	0,04 s
Página web (20 Kbytes)	2 s	20 s	1,6 s	0,1 s
Fichero PowerPoint (2 Mbytes)	4 min	28 min	2 min	7 s
Videoclip (4 Mbytes)	8 min	48 min	4 min	14 s

- **Teleservicios:** servicios de telecomunicación que proporcionan la capacidad de comunicación completa entre los usuarios, incluidas las funciones de los equipos terminales, en funciones de los protocolos acordados entre los operadores de red: telefonía (voz, fax, transmisión de datos), teleconferencia (multiparte, llamadas múltiples, llamadas en grupo), servicios propios UMTS (audio, vídeo, multimedia, emergencia, mensajería, movilidad), servicios multimedia interactivos (IMN: datos, gráficos, imágenes, audio y vídeo interactivo).

Teleservicios de UMTS

Algunos ejemplos de teleservicios propios de UMTS son: petición de bases de datos, servicio de listín telefónico, navegación y localización, *e-mail*, llamadas de emergencia, llamadas de emergencia masiva, servicios de mensajería corta (fax, mensajes de voz, correo electrónico), control de equipos remotamente, telecompra, monitorización de vídeo, mensajes de voz, paginación, transmisión de audio y vídeo...

Servicio	Duración de la llamada	Tasa de datos (kbit/s)	Error de bit	Retardo (ms)
Telefonía	2 min.	8-32	10^{-4}	40
• Voz	1 h	32-128	10^{-4}	40
• Teleconferencia				
Videotelefonía	2 min.	64-348	10^{-7}	40-90
Videoconferencia	1 h	348-768	10^{-7}	90
Mensajería	Sin conexión	1,2-9,6	10^{-6}	100
• SMS	2 min.	8-32	10^{-4}	90
• Buzón de voz	Sin definir	64	10^{-4}	100
• Videomensaje	Sin conexión	1,2-64	10^{-7}	100
• Correo electrónico			10^{-6}	
Bases de datos	Sin definir	2,4-768	10^{-6}	200+
Telecompra	Sin definir	2,4-768	10^{-6}	90
Teleacción/control	Sin definir	1,2-64	10^{-6}	100-200

- **Servicios suplementarios:** servicios que modifican o complementan un servicio básico de telecomunicación, como, por ejemplo, la identificación

del número (marcación abreviada, rechazo de llamadas, identificación de grupos de llamadas), redireccionamiento de llamadas y finalización de las llamadas, comunicación multiparte (llamadas entre grupos cerrados de usuarios), tarificación (información adicional sobre la llamada), restricción de llamadas (rechazo de llamadas entrantes).

- **Servicios de valor añadido:** servicios adicionales específicos de un usuario, como, por ejemplo, movilidad personal (transferencia de números de teléfono en cualquier terminal a través de USIM, entorno virtual donde el usuario puede establecer su propia lista de servicios), ancho de banda a demanda, utilización eficiente de recursos por servicios que dependen críticamente de variaciones en la tasa de transmisión MMS y vídeo según la calidad-precio que desee el usuario...

El *virtual home environment* (VHE) es el entorno portable de servicios personales disponibles para el usuario en las diferentes redes y terminales. Los usuarios acceden a las mismas características personalizadas, interfaz de usuario y servicios particulares con independencia de la red y el terminal, en cualquier lugar donde esté localizado. Así, los servicios personalizados incluyen los datos de usuario personalizados, el conjunto de servicios integrados desde la perspectiva del usuario independientemente de la red de acceso (fija, móvil, inalámbrica...).

Las clases de calidad de servicio en UMTS son:

- **Clase conversacional:** permite la conversación en directo (*real time*) entre los usuarios. El retardo máximo viene dado por la percepción humana de audio y vídeo.
- **Clase de tramas (*streaming*):** recepción audio y vídeo en un solo sentido. Conserva la relación temporal entre las entidades (retardo limitado).
- **Clase interactiva:** una máquina o un humano recibe datos bajo demanda. Depende del patrón de interacción y de la carga de datos (por ejemplo, acceso a web o a una base de datos).
- **Clase de fondo (*background*):** el usuario envía y recibe datos en segundo plano y el destino no espera los datos en un período de tiempo preciso (correo electrónico, SMS, recepción de registros de datos...).

Los atributos del QoS pueden ser:

- Tráfico unidireccional/bidireccional.
- Clase de tráfico: conversacional, *streaming*, interactivo, *background*.
- Tasa binaria máxima (kbps) y tasa binaria garantizada (kbps).

⁽²⁾ Sigla de unidad de datos del servicio.

- Orden de envío (sí/no).
- Tamaño máximo de la SDU² (bytes).
- Información de formato de la SDU (bits).
- Tasa de error de SDU y tasa de error de bit en la SDU.
- Reenvío de la SDU errónea (sí/no).
- Retardo en la transferencia (ms).
- Prioridad de gestión de tráfico.
- Prioridad en la asignación / retención de canal.
- Descriptor estadístico de la fuente.
- Indicación de señalización (sí/no).

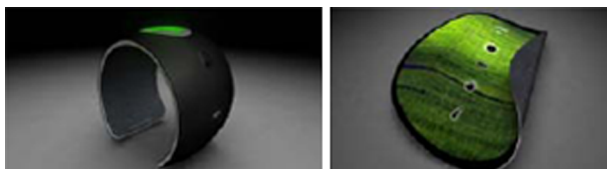
Clase de tráfico	Conversacional	Técnica tramas	Interactivo	Trasfondo
Tasa de bits máxima (kbps)	<=16.000	<=16.000	<= 16.000 – tiempo de sistema	<= 16.000 – tiempo de sistema
Orden de entrega	Sí/no	Sí/no	Sí/no	Sí/no
Medida máxima de SDU (unidad de datos de servicio) (octetos)	<= 1.500 o 1.502	<=1.500 o 1.502	<= 1.500 o 1.502	<= 1.500 o 1.502
Información en formato SDU	Sí	Sí		
Entrega de SDU erróneas	Sí/no/-	Sí/no/-	Sí/no/-	Sí/no/-
BER (probabilidad de error de bit) residual				
Porcentaje de errores de SDU				
Retraso de transferencia (ms)	100 – valor mínimo	300 – valor mínimo		
Tasa de bits garantizada (kbps)	<=16.000	<=16.000		
Prioridad de gestión del tráfico			1, 2, 3	
Prioridad de asignación/retención	1, 2, 3	1, 2, 3	1, 2, 3	1, 2, 3
Descriptor estadístico de origen	Habla/desconocida	Habla/desconocida		
Indicación señalizadora			Sí/no	

El valor añadido de las aplicaciones y servicios sigue las normas de las 4 Qs:

- Cualquier lugar: oficina, casa, carretera y medio de transporte.
- Cualquier red: GSM/GPRS, EDGE, UMTS.
- Cualquier dispositivo: teléfono móvil, PDA, portátil.
- Cualquier situación: negocios, ocio, educación.

Las características clave serán su universalidad, que siempre estará encendido, su alcance, la personalización, la accesibilidad y la localización.

La evolución de UMTS irá hacia las tecnologías *high speed downlink packet access* (HSDPA) (3,5G y 3,75G) con terminales HSUPA y a los teléfonos de cuarta generación (4G) para mejorar el rendimiento por el uso simultáneo de aplicaciones y aumentar la cobertura de tecnologías 3G, de forma que el rendimiento de la red se incremente hasta un 81% con respecto a GPRS y se produzca una evolución en millones de usuarios los próximos años.



UMTS

1.4.1. Equipos móviles

Para que los usuarios utilicen los servicios 3G hacen falta nuevos teléfonos y otros terminales capaces de proporcionar los servicios que aquellos desean, desde la telefonía móvil hasta los multimedia (voz, datos y vídeo).

Los teléfonos móviles UMTS son muy útiles para el viajero y el cosmopolita. Están diseñados de manera tal que puedan realizar el roaming en otras redes UMTS (en el supuesto de que su proveedor UMTS se asocie con el proveedor local UMTS) en diversas zonas del mundo. Además, casi todos los teléfonos UMTS, a excepción del Japón, son UMTS/GSM de modo dual; eso significa que durante una llamada, si salimos fuera de los límites de la zona UMTS, la llamada será transferida por una cobertura GSM.



Teléfono móvil

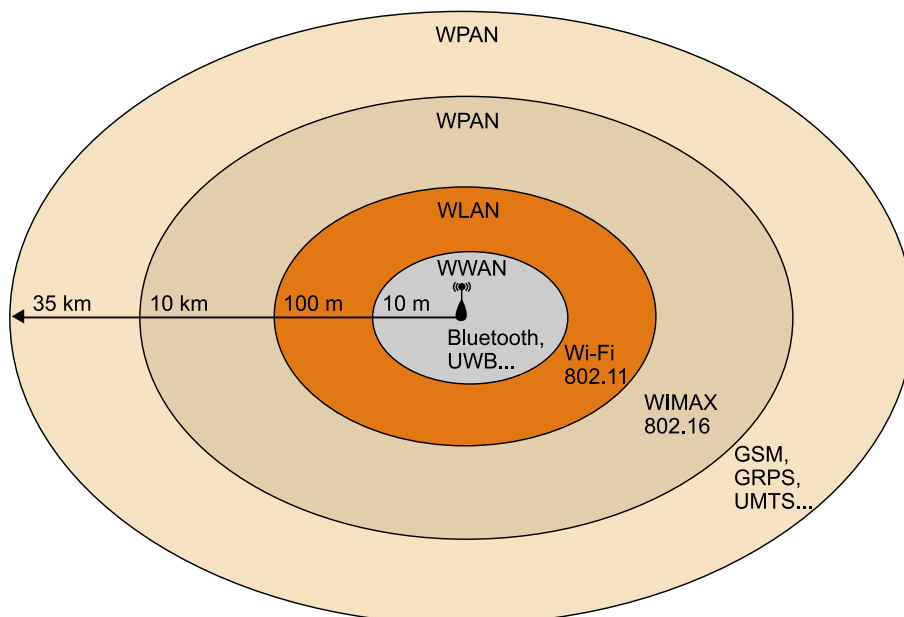
Los teléfonos UMTS soportan una gran variedad de frecuencias ya que tienen que poder utilizarse en todo el mundo. Muchos países aportan diferentes frecuencias UMTS. Al igual que las tarjetas SIM para teléfonos GSM, existe la tarjeta USIM para los teléfonos UMTS. Parecidas a las tarjetas SIM, las tarjetas USIM son una forma de identificar y autenticar a nivel local a los clientes itinerantes. Si las redes UMTS tienen un acuerdo entre ellas, a continuación, un usuario móvil puede utilizar sus teléfonos UMTS en otra red, aunque los precios pueden cambiar. Las tarjetas USIM tienen espacio para almacenar los contactos, mensajes y otra información. De la misma manera que las tarjetas SIM, las tarjetas USIM también se pueden cambiar de un teléfono a otro, y el nuevo mantendrá la identificación de la tarjeta.

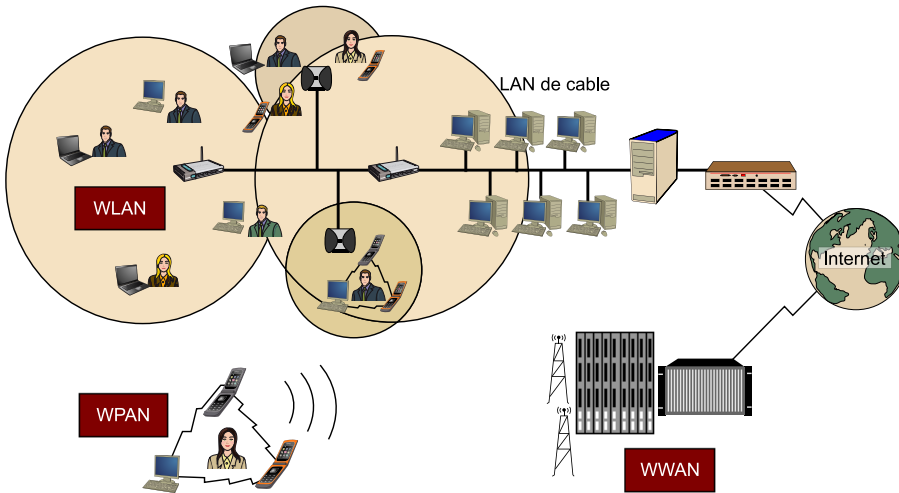
2. Redes inalámbricas

Las diferentes tecnologías sin hilos (Wireless) se suelen agrupar basándose en el radio de acción (alcance) de cada una de ellas:

- **Redes personales sin hilos (WPAN, *wireless personal area network*)**. Este concepto se aplica cuando la distancia que se quiere cubrir es del orden de unos cuantos metros. La familia de estándares más representativos son el 802.15.1 (Bluetooth), el 802.15.3a (UWB) y el 802.15.4 (Zigbee).
- **Redes locales sin hilos (WLAN, *wireless local area network*)**. Permiten dar servicios a distancias del orden de un centenar de metros (un piso, una planta de un edificio, una nave industrial, unas cuantas calles, etc.). El estándar más destacado en este campo es el 802.11 (WiFi).
- **Redes metropolitanas sin hilos (WMAN, *wireless metropolitan area network*)**. Permiten dar servicios a distancias del orden de unos cuantos kilómetros (un barrio, un pueblo, una urbanización...). El estándar más destacado en este campo es el 802.16 (WiMAX).
- **Redes de gran alcance sin hilos (WWAN, *wireless wide area network*)**. Tienen una cobertura más amplia. La familia de estándares más representativos es la de GSM, GPRS y UMTS.

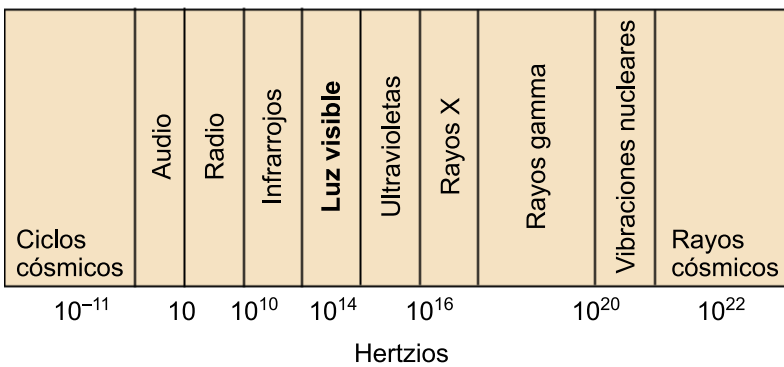
Clasificación de las tecnologías sin hilos



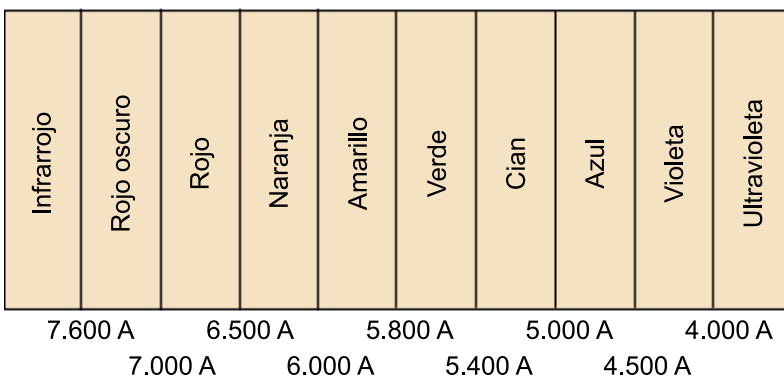


2.1. Infrarrojos

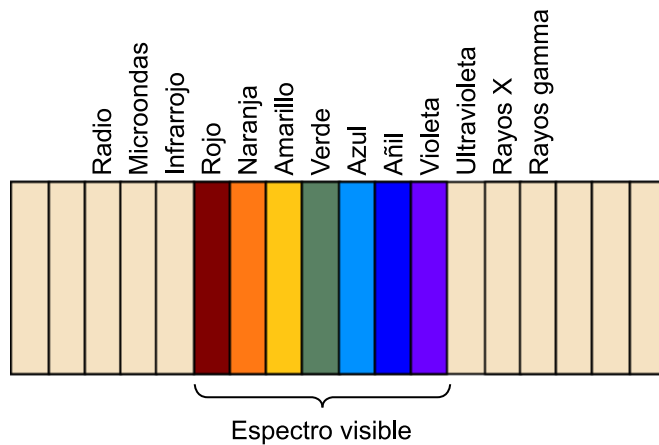
En el año 1800, Friedrich William Herschel descubrió la radiación infrarroja. Esta radiación tiene longitudes de onda más largas que la luz visible, pero más cortas que las microondas. Sus frecuencias son menores que las de la luz visible y mayores que las de las microondas. La fuente primaria de una radiación infrarroja es el calor o radiación térmica. Cualquier objeto que tenga una temperatura superior al cero absoluto (-273,15 °C o 0° Kelvin) irradia ondas en la banda infrarroja.



Espectro electromagnético



Espectro luminoso (A = Amstrong)



El espectro de la radiación

Ventaja de la luz infrarroja

La luz se ha utilizado como medio de comunicación por su facilidad de producirse y porque recorre distancias largas a gran velocidad. La ventaja de las ondas infrarrojas, microondas y hertzianas es que no son visibles para el ojo humano, a pesar de que pueden servir para la comunicación de información.

Dentro del mundo de las comunicaciones, se utiliza mucho porque hace falta relativamente poca energía para generarla. Los primeros en utilizarla fueron los ingenieros de una empresa que comunicaron una calculadora con una impresora para imprimir los cálculos que hacía. Otro ejemplo muy cotidiano al respecto es el mando a distancia del televisor o del reproductor de DVD.

De forma general, podemos definir la comunicación infrarroja como un haz enfocado de luz en el espectro de frecuencia infrarroja, medido en terahertz o billones de hercios (ciclos por segundo), donde se modula la información y se envía de un transmisor a un receptor a una distancia relativamente corta.

En el año 1993, 50 compañías se unificaron para crear el IrDA, estándares internacionales para el equipo y los programas utilizados en los enlaces de comunicación por infrarrojos. La norma "IrDASerial Infrared Data Link Standard Version 1.1." establece tres niveles que deben cumplir los equipos en las secciones física, *infrared link access protocol* (IrLAP) e *infrared link management protocol* (IrLMP). Las características de la norma son:

- Bajo coste de implementación.
- Bajos requerimientos de potencia.
- Conectividad direccional, punto a punto.
- Alta inmunidad al ruido.
- Optimización por transferencia de datos.

Los datos informáticos se tratan con numeración binaria, la cual, en la comunicación infrarroja se codifica como un bit 0 si hay luz, o como un bit 1 si no hay luz. Podemos ver la comunicación infrarroja como un cable virtual por



Ejemplo de un puerto IrDA de la placa madre de un ordenador

el que pasan los datos de un elemento a otro. Este tipo de comunicación que permite enviar los bits de información uno detrás de otro se llama comunicación en serie.

La capa física tiene un codificador y un decodificador que transforman los niveles 1 y 0 de la señal binaria en pulsos de duración y formato especificados. Tiene un transductor (IrTxRx) consistente en un emisor (LED) y un detector (fotodíodo). Un valor binario "0" se representa por un pulso, con una duración nominal mínima de 1,6 microsegundos y un máximo de 3/16 del período de bit. Un "1" se representa por la ausencia de pulso.

Esta comunicación exige que el receptor de la información esté a la espera, lo que implica que el sensor receptor utilice energía para detectar cuando llega la luz. Por ello los elementos móviles con batería (teléfonos móviles, PDA...) necesitan activar y desactivar la recepción de datos.

La capa de transporte se define como un flujo de datos serie asincrónica convencional compuesto por sucesivos caracteres, donde cada carácter está compuesto por un bit de arranque, 8 bits de datos, sin paridad, y un bit de parada.

Con respecto al protocolo de enlace, IrDA ha definido y adoptado un protocolo denominado IrLAP, que es una adaptación del clásico HDLC³. Transmite información para pedir una conexión a 9.600 baudios.

⁽³⁾High-Level Data Link Control es un protocolo de comunicaciones de propósito general punto a punto.

Las velocidades de transmisión son:

- SIR (*Serial IR* - 115,2 kbps).
- MIR (velocidad media - 1,152 Mbps).
- FIR (alta velocidad - 4 Mbps).
- VFIR (muy alta velocidad - 16 Mbps).

La comunicación entre el emisor y el receptor que se establece puede ser:

- Una línea recta directa entre el emisor y el receptor (comunicación punto a punto).
- Si apuntamos a una pared para hacer una "carambola" entre el emisor y el receptor, establecemos una comunicación cuasidifusa.
- Una comunicación difusa, en la que no hace falta que haya una visión directa entre emisor y receptor, de manera que los equipos tienen que ser muy potentes.

2.2. Bluetooth

Actualmente, la tecnología Bluetooth es la tecnología sin hilos más popular. Se trata de un protocolo basado en el estándar de comunicaciones IEEE 802.15, pensado por la transmisión de datos y voz sin hilos entre dispositivos, mediante una radiofrecuencia. Al inicio del desarrollo de los productos Bluetooth de primera generación, se tuvo en cuenta lo siguiente:

- El sistema tenía que ser universal.
- El emisor había de consumir poca energía, ya que se usaba en equipos que funcionan con batería.
- La conexión debía permitir la transmisión de datos y voz (aplicaciones multimedia).
- Tenía que ser de bajo coste (el objetivo fue unos cuantos dólares para cada dispositivo).

De acuerdo con estos requisitos, Ericsson desarrolló en 1994 una tecnología que utiliza un canal de comunicación con un máximo de 720 Kb/s (1 Mbps de velocidad bruta), con un rango óptimo (opcionalmente de 100 metros con repetidores).

En 1999 se creó el SIG (grupo de interés especial) de Bluetooth, formado por las empresas Ericsson, Intel, IBM, Toshiba y Nokia. Este SIG trabaja para definir, desarrollar, promover y publicar el protocolo Bluetooth. Actualmente, este SIG tiene más de 9.000 miembros.

Esta tecnología es propietaria, es decir, que sólo puede producirla quien tiene la patente. Por eso sólo puede introducir esta tecnología en sus productos quien pertenece al SIG de Bluetooth. Actualmente, la velocidad máxima de transmisión oscila entre 1 Mbps y 3 Mbps.

Difusión de la tecnología Bluetooth

Actualmente existen muchos dispositivos electrónicos que incorporan el protocolo Bluetooth: auriculares con micrófono, ordenadores, PDA, ratones, teléfonos móviles, impresoras, gafas Oakley, cámaras fotográficas, teclados, otros dispositivos de entrada de ordenadores, etc.

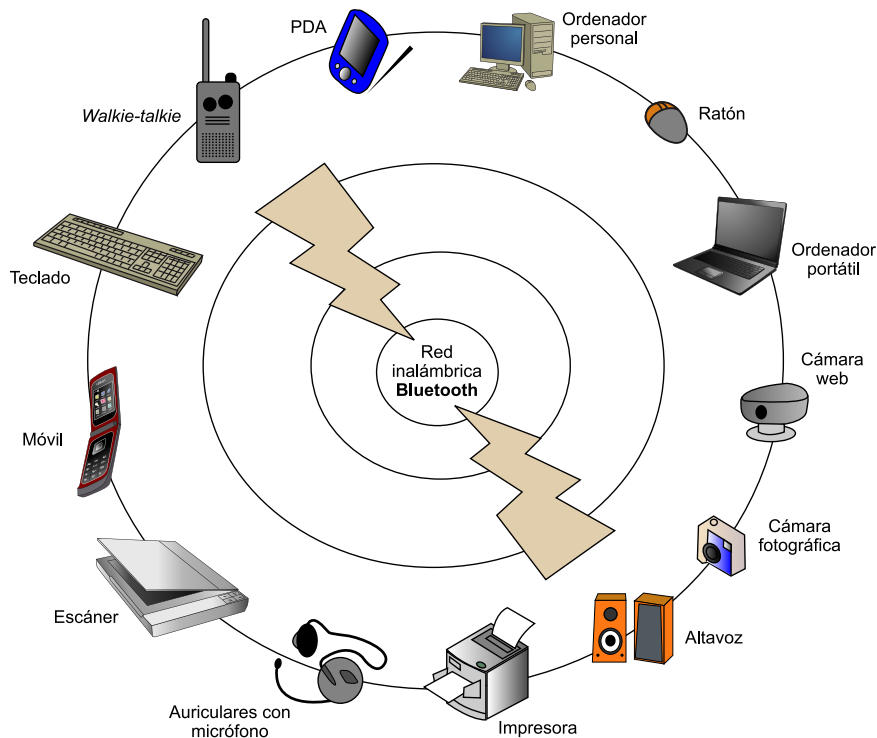
Los sectores industriales en los que se utiliza son: automoción, aeronáutica, naval, otros transportes, bienes de equipo mecánico, eléctrico, electrodomésticos, ordenadores, equipos de oficina, hogar, telecomunicaciones y equipos electrónicos y otros segmentos industriales. En el sector servicios tenemos: los financieros, contenidos y ocio, administración y servicios públicos, servicios privados para empresas.

Origen del nombre Bluetooth

El nombre Bluetooth tiene su origen en el rey danés Harald Blatand (Harold Bluetooth en inglés) que unificó los pueblos de Dinamarca, Noruega y Suecia, que antes estaban en guerra.



Logotipo de Bluetooth



Esta tecnología representa una ventaja con respecto a la tecnología de comunicación por infrarrojos ya que no hace falta que los dispositivos tengan que verse directamente para comunicarse (como ocurre con un mando a distancia y un aparato de televisión por infrarrojos).

Brevemente, los servicios de las conexiones Bluetooth que actualmente se suelen ofrecer en algunos sistemas operativos como Windows o Linux:

- **Transferencia de elementos del PIM:** permite que los dispositivos Bluetooth remotos intercambien tarjetas de visita con este equipo, para aceptar elementos del *personal information manager* (PIM) con elementos de calendario, contactos, notas y mensajes de los Bluetooth remotos.
- **Sincronización del PIM:** permite que los dispositivos Bluetooth remotos sincronicen una base de datos PIM con las del PIM del equipo.
- **Transferencia de archivos:** permite que los dispositivos Bluetooth remotos realicen operaciones de archivo en un directorio específico en este equipo y en los subdirectorios y archivo de este directorio.
- **Acceso a la red:** permite que los dispositivos Bluetooth remotos compartan la conexión a la red de este equipo, que puede ofrecer acceso a Internet.
- **Acceso telefónico a redes:** en este caso se puede utilizar para acceder desde un ordenador a Internet a través de un teléfono móvil. El teléfono móvil accede a Internet por GPRS, y la conexión móvil-ordenador se hace por Bluetooth. El ordenador ve el teléfono móvil como si fuera un módem

clásico conectado directamente al ordenador (a pesar de que la comunicación entre los dos dispositivos sea inalámbrica). El ordenador crea una conexión a Internet a través del "módem" mediante el protocolo PPP con el operador del servicio de Internet (operador de telefonía móvil).

- **Puerto serie Bluetooth:** permite que los dispositivos Bluetooth remotos se conecten al equipo a través de un puerto serie inalámbrico.
- **Fax:** permite que los dispositivos Bluetooth remotos utilicen las opciones del equipo para enviar un fax.
- **Pasarela de audio:** permite que los dispositivos Bluetooth remotos, como unos auriculares, reemplacen el micrófono y los altavoces del equipo.
- **Auriculares:** permite que los dispositivos Bluetooth remotos, como un teléfono móvil, utilicen el micrófono y los altavoces de este equipo con dispositivos propios de entrada y salida. De hecho, cuando este servicio está conectado, el equipo se convierte en los auriculares del dispositivo remoto.

El sistema Bluetooth consiste en un transmisor de radio, una banda frecuencial de transmisión y una serie de protocolos de comunicaciones (físico, enlace, lógico).

En muchos casos se ha desarrollado un chip CMOS que gasta mucha menos energía que un teléfono móvil (un 97% aproximadamente), controla la emisión de radio y una parte que controla digitalmente las señales recibidas. Los valores típicos de consumo se muestran en la siguiente tabla.

Modo	Potencia
En espera	Menos de 0,3 mA
Voz	8 a 30 mA
Datos	5 mA (media)

mA = miliamperio

Bluetooth emite a la frecuencia de 2,4 GHz, que es una banda base, es decir, que no interfiere las frecuencias utilizadas para la industria, la ciencia y la medicina. Como se verá posteriormente, en este aspecto es bastante parecido a un sistema WiFi.

El sistema tiene un transmisor de saltos de frecuencia, que consiste en una técnica de modulación en la que la señal se emite sobre una serie de frecuencias aparentemente aleatorias. De esta manera, los receptores no autorizados sólo ven una señal ininteligible.

Cuando tenemos diversos dispositivos sincronizados por un reloj y una secuencia de saltos de frecuencia, también comparte el mismo canal físico de radio. Uno de ellos proporciona estos valores de referencia (sincronización y saltos de frecuencia) y se denomina **dispositivo maestro**, mientras que los otros se llaman **dispositivos esclavos**.

Pequeña red Bluetooth

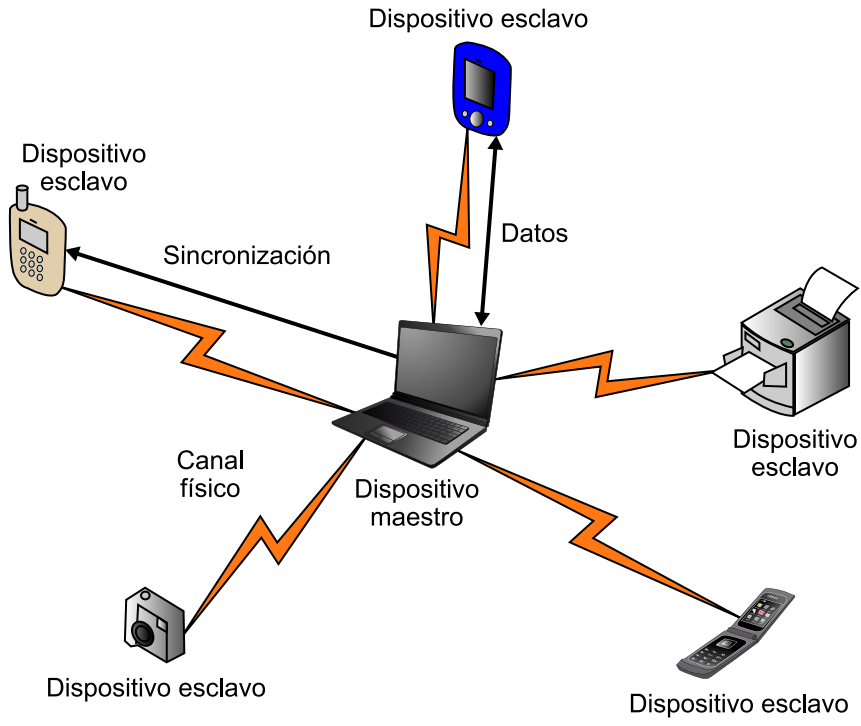
Dispositivo maestro



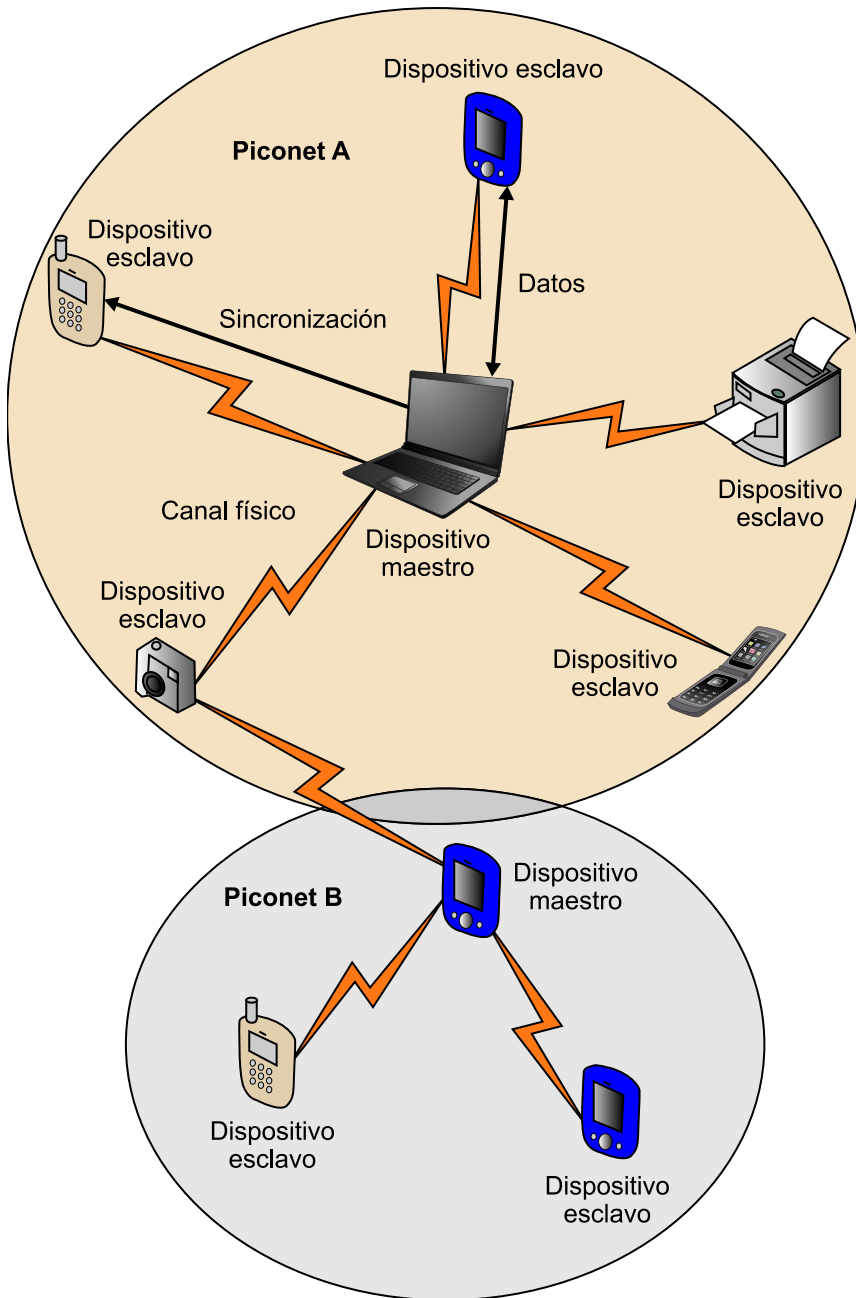
Dispositivo esclavo

Bluetooth permite conexiones punto a punto, y punto a multipunto. Cuando tenemos un maestro y uno o varios esclavos, creamos un **piconet**. Un dispositivo maestro sólo puede pertenecer a una piconet, mientras que un dispositivo esclavo se puede conectar a varias piconets al mismo tiempo (*red dispersa*).

Una red Piconet Bluetooth



Una red scatternet Bluetooth



Dentro de una piconet, cada dispositivo esclavo se conecta al dispositivo *master* por un canal físico. Cada uno de estos canales físicos se divide en slots. Los paquetes que viajan entre el *master* y el esclavo están colocados dentro de estos slots. Los canales físicos no se crean entre los esclavos. Todas las transmisiones de paquetes son gestionadas y controladas por el dispositivo *master*. El *master*, de manera secuencial, autoriza cada dispositivo para ver si requiere su servicio. El dispositivo *master* es el responsable de sincronizar todos los dispositivos para asegurar un cierto ritmo de transmisión de la información.

Un dispositivo que se une a una piconet lo puede hacer de dos maneras. En la primera, el dispositivo empieza a descubrir todos los otros dispositivos bluetooth dentro de su radio de acción y a proporcionar información con respecto al tipo de servicio que necesita. Los dispositivos que ofrecen uno o más de los

servicios demandados responden al dispositivo que demanda el servicio. En la segunda manera, el *master* busca dentro de su radio de acción, y, una vez descubiertos los dispositivos, éstos son añadidos automáticamente a la piconet de acuerdo con las medidas de seguridad que tienen tanto el *master* como el esclavo.

Distancia entre dispositivos

La distancia entre dos dispositivos para establecer un canal de comunicación depende de la clase de potencia emitida. Actualmente existen tres clases de potencia según que la distancia sea de:

- 1) Menos de 10 metros.
- 2) Aproximadamente 10 metros.
- 3) Aproximadamente 100 metros.

El protocolo Bluetooth establece tres niveles de seguridad:

- **Nivel 1: no hay seguridad.** El dispositivo funciona en modo promiscuo, permitiendo que cualquier otro equipo Bluetooth se conecte al dispositivo.
- **Nivel 2: seguridad a nivel de servicio.** Soporta autoidentificación, encriptación y autorización una vez se ha establecido el canal de comunicación.
- **Nivel 3: seguridad a nivel de enlace.** Las medidas de seguridad se implantan antes de que el canal de comunicación se haya establecido. Proporciona encriptación y autoidentificación.

Para configurar los dispositivos, en primer lugar hay que establecer un SSID (identificador) del dispositivo.

Al encontrar los dispositivos, se establece un protocolo de seguridad basado en un código. Este código puede ser de cuatro cifras o una frase larga. El código se comprueba en el dispositivo maestro y en el dispositivo esclavo. Si es el mismo, entonces se establece el acoplamiento y empieza el intercambio de información.

Esta tecnología también sufre ataques a la seguridad, y por eso tenemos que saber cuáles son y cómo se pueden detectar. Las empresas sacan mejoras (actualizaciones) para evitar estos ataques a sus productos:

- **Bluejacking:** permite enviar datos en forma de texto a un móvil. Este procedimiento no modifica ningún dato, pero quien recibe este ataque puede llegar a pensar que tiene un virus en su dispositivo.
- **Bluebugging:** permite ejecutar pedidos en un teléfono móvil sin que el propietario reciba ningún aviso. El atacante puede hacer llamadas, enviar mensajes y otras acciones.

Bluetooth y red local

Los dispositivos Bluetooth permiten integrarse dentro de una red de área local y acceder a la memoria de éstos como si fuera un recurso de red local.

- **Bluesnarfing:** permite acceder a datos internos del teléfono, leerlos o modificarlos. Sólo afecta equipos antiguos.
- **Car whisperer:** permite el acceso a un teléfono de manos libres de coche, y por lo tanto, escuchar llamadas o el micrófono, o enviar sonido al dispositivo.
- **Cabir worm:** programa gusano que, al instalarse en un teléfono, se copia en otros teléfonos. Sólo afecta al sistema operativo Symbian OS.
- **Denial of service (DoS):** consiste en denegar el servicio de Bluetooth al usuario, cosa que obliga el aparato a apagar el servicio.

2.3. ZigBee

ZigBee es el nombre de la especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para su utilización en radio digital de bajo consumo, basado en el estándar WPAN IEEE 802.15.4. Su objetivo son las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de las baterías.

La tecnología ZigBee se diferencia por su bajo consumo, su topología de red en malla, y su integración fácil (se pueden fabricar nodos con muy poca electrónica).

La relación entre IEEE 802.15.4-2003 y ZigBee es parecida a la existente entre IEEE 802.11 y WiFi Alliance. La especificación 1.0 de ZigBee se aprobó en el 2004 y está disponible en miembros del grupo de desarrollo (ZigBee Alliance). Un primer nivel de suscripción, llamado *adapter*, permite la creación de productos para su comercialización adoptando la especificación por un determinado precio. Esta especificación está disponible al público para fines no comerciales. Con el tiempo, se han ido creando nuevas versiones de la especificación original. En diciembre del año 2006 se publicó la especificación actual.

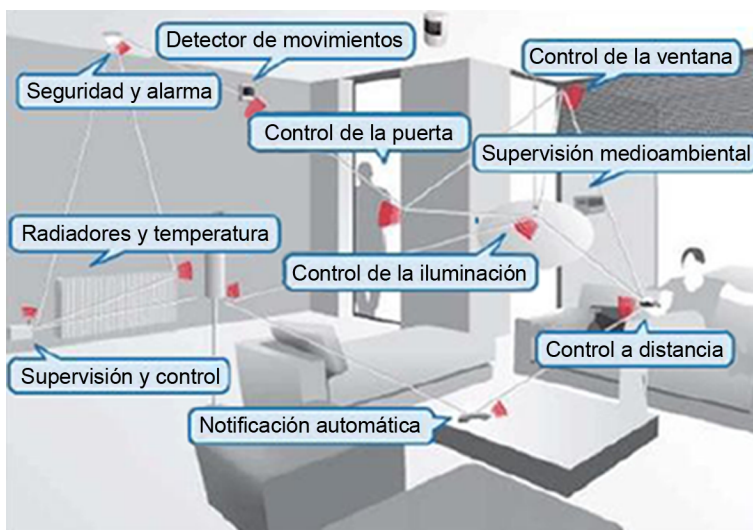
Comercialización de productos ZigBee

ZigBee tiene los módulos transmisores inalámbricos más baratos de la historia, y producidos de manera masiva. Tendrán un coste aproximado de 6 euros, y dispondrán de una antena integrada, control de frecuencia y una pequeña batería.

ZigBee utiliza la banda de frecuencias ISM para usos industriales, científicos y médicos. En concreto, en Europa utiliza la banda de 868 MHz. También muchas empresas optan por la banda de 2,4 GHz disponible en todo el mundo. El

desarrollo de esta tecnología se basa en su sencillez y bajo coste. Un nodo ZigBee más completo requiere menos del 10% del hardware que necesita un nodo Bluetooth (requiere muchos menos circuitos analógicos de lo que es habitual).

Los protocolos ZigBee están definidos para su uso en aplicaciones encastadas con requerimientos muy bajos de transmisión de datos y consumo energético. Se pueden utilizar para realizar un control industrial, albergar sensores empotrados, recolectar datos médicos, detectar humo o intrusos y en domótica o teleasistencia. Una red en su conjunto utilizará una cantidad muy pequeña de energía, de forma que cada dispositivo individual pueda tener una autonomía de hasta cinco años antes de necesitar un recambio en su sistema de alimentación.



Ejemplo de una aplicación domótica con ZigBee

Las desventajas de ZigBee son: tasa de transferencia muy baja, sólo manipula textos pequeños en comparación con otras tecnologías, trabaja de manera que no es compatible con Bluetooth porque no llega a tener las mismas tasas de transferencia, ni la misma capacidad de soporte para nodos, tiene una menor cobertura porque pertenece a redes sin hilos del tipo WPAN.

Una red ZigBee puede constar de un máximo de 65.535 nodos distribuidos en subredes de 255 nodos (frente a los 8 nodos máximo de una subred Piconet Bluetooth). Puede alcanzar una velocidad de 250 Kbps y se utiliza en aquellas aplicaciones donde la transferencia de datos es baja (artículos de juguetería, detectores...) frente al Bluetooth, que se suele utilizar en teléfonos móviles o dispositivos de entrada/salida en equipos informáticos en los que se requiere una velocidad de transmisión mayor. Provee conexiones seguras entre los dispositivos. Los dispositivos ZigBee son muy baratos y de construcción muy sencilla.

En una red ZigBee existen tres tipos de dispositivos:

1) **Coordinador ZigBee (Coordinator, ZC)**. El tipo de dispositivo más completo. Tiene que existir uno por cada red. Sus funciones son las de encargarse de controlar la red y los caminos que tienen que seguir los dispositivos para conectarse entre ellos. Requiere de memoria y capacidad de computación.

2) **Router ZigBee (ZR)**. Interconecta dispositivos separados en una topología de la red. Ofrece un nivel de aplicación para ejecutar un código de usuario.

3) **Dispositivo final (End Device, ZED)**. Tiene la funcionalidad necesaria de comunicarse al nodo padre (el coordinador o el router) pero no puede transmitir información destinada a otros dispositivos. De esta manera, este tipo de nodo puede estar dormido la gran mayoría de tiempo, lo que aumenta la vida media de sus baterías. Un ZED tiene unos requerimientos mínimos de memoria y por eso es significativamente muy económico.

Ejemplo de instalación ZigBee

En el caso de una aplicación domótica, en una habitación de la casa tendríamos diversos dispositivos finales (un interruptor y una lámpara) y una red de interconexión realizada con routers ZigBee y gobernada por el coordinador.

Si nos basamos en la funcionalidad, se puede plantear una segunda clasificación de los dispositivos ZigBee:

- **Dispositivo de funcionalidad completa (FFD)**: también conocido como nodo activo. Puede recibir mensajes en formato 802.15.4. Puede funcionar como router o como coordinador, o se puede utilizar en dispositivos de red que actúen de interfaz con los usuarios.
- **Dispositivo de funcionalidad reducida (RFD)**: también conocido como nodo pasivo. Tiene unas capacidades y funcionalidades limitadas (especificadas en el estándar) con el objetivo de conseguir un bajo coste y una gran simplicidad. Básicamente son los sensores y actuadores de la red.

Un nodo ZigBee, tanto activo como pasivo, reduce su consumo gracias a que puede estar dormido la mayor parte del tiempo (incluso muchos días seguidos). Cuando se requiere su uso, el nodo ZigBee es capaz de despertar en un tiempo muy reducido y dormir otra vez cuando no lo necesiten. Un nodo cualquiera despierta aproximadamente en 15 milisegundos.

ZigBee permite tres topologías de red:

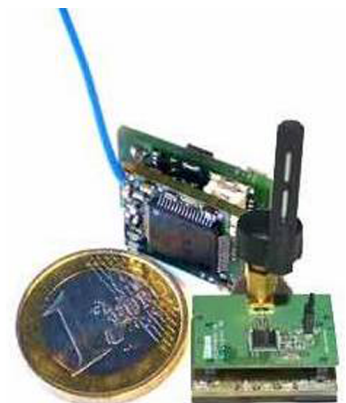
- 1) **Topología en estrella**: el coordinador se sitúa en el centro.
- 2) **Topología en árbol**: el coordinador será la raíz del árbol.



Coordinador ZigBee



Routers ZigBee



Dispositivo final

3) Topología en malla: al menos uno de los nodos tendrá más de dos conexiones.

La topología más interesante es la topología en malla. Permite que, si en un momento determinado un nodo del camino falla y se cae, se pueda realizar la comunicación entre todos los otros nodos debido a que se rehacen todos los caminos. La gestión de los caminos la realiza el coordinador.

La seguridad de las transmisiones y los datos son puntos clave en la tecnología ZigBee. Ésta utiliza el modelo de seguridad de la subcapa MAC IEEE 802.15.4, la cual especifica cuatro servicios de seguridad:

- 1) control de accesos (el dispositivo mantiene una lista de los dispositivos comprobados por la red),
- 2) datos encriptados (se usa la encriptación con un código de 128 bits),
- 3) integración de tramas (los datos se protegen para que no sean modificadas por otros), y
- 4) secuencia de refresco (se comprueba que las tramas no han sido reemplazadas por otras). El controlador de red comprueba estas tramas de refresco y su valor, para ver si son las esperadas.

2.4. WiFi

Últimamente se habla mucho del WiFi, una tecnología inalámbrica que en sus distintas versiones (802.11a, b y g) puede ofrecer desde 11 Mbits/s hasta 54 Mbits/s, y tiene distintas aplicaciones, especialmente en entornos locales (de corta distancia) como aeropuertos, hoteles, estaciones de servicio, centros comerciales, convenciones, pequeños pueblos..., en los que se ofrece acceso a Internet.

En Wi-Fi se utilizan las ondas portadoras de radio para transmitir la información. Los datos se superponen a la onda portadora de radio y se pueden extraer en el receptor final en un proceso conocido como modulación/demodulación.

Un *access point* (AP) es el dispositivo que hace de puente entre una red cableada y una red inalámbrica. Podemos pensar que, de alguna manera, es la antena a la que nos conectamos.

Si las ondas se transmiten a diversas frecuencias, puede haber varias ondas portadoras de radio al mismo tiempo, sin que se interfieren unas con otras. Los puntos de acceso (*access point*) reciben la información, la guardan, y la

Nombre "Wifi"

El nombre Wifi corresponde a las siglas de Wireless Fidelity, y se refiere a los procedimientos utilizados para las comunicaciones de redes locales (distancias cortas) sin hilos (*wireless local area network* o WLAN).



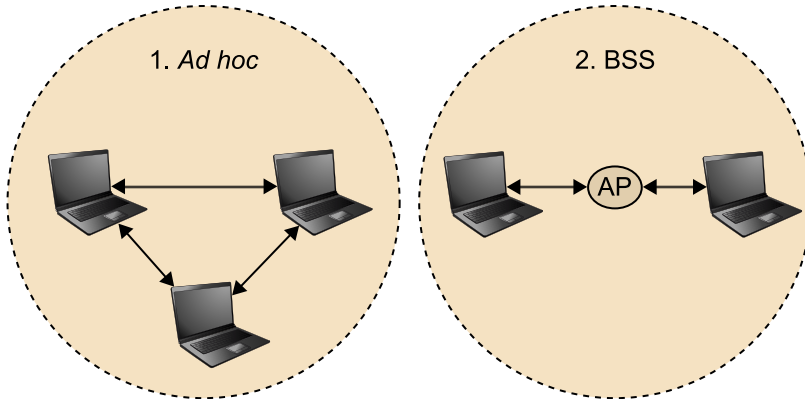
Logotipo de Wifi



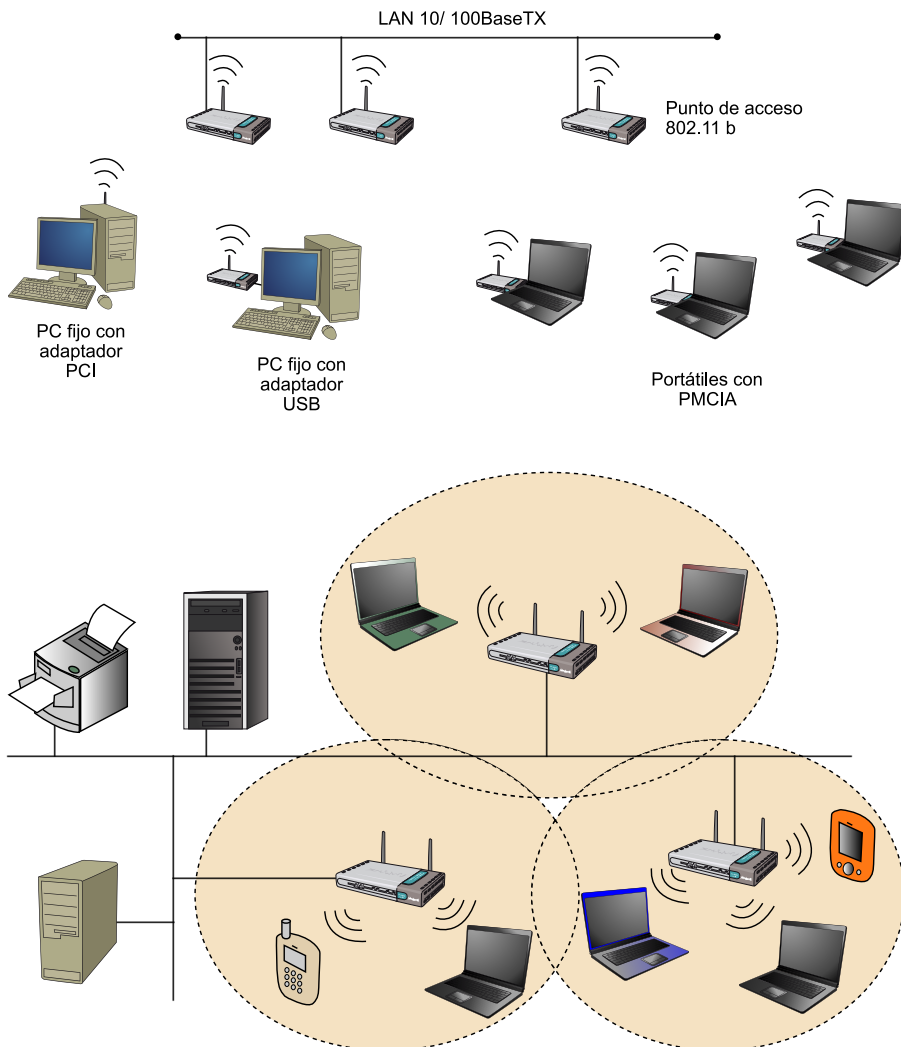
acces points

retransmiten entre la red sin hilos y la red cableada. Si los dispositivos WiFi se comunican sin ningún punto de acceso, sino entre ellos, crearemos una red llamada ad hoc.

Topología simple *ad hoc* (sin punto de acceso) y topología con un solo punto de acceso (BSS)



Topología más compleja: red cableada y puntos de acceso inalámbricos



El IEEE 802 es un comité y grupo de estudio de estándares que pertenece al Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) que actúa sobre redes de ordenadores. La especificación concreta del sistema WiFi es la IEEE 802.11.

Además de estas velocidades, el alcance de las comunicaciones puede llegar a varios centenares de metros en espacios abiertos. Continuamente aparecen equipos que pueden llegar a distancias cada vez más largas.

Los estándares IEEE 802.11b y 802.11g utilizan la banda de frecuencias de 2,4 a 2,5 GHz. En Europa, el ETSI (Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones) ha definido trece canales dentro de esta banda de señal. Pero no se utilizan todos, porque se suplantán y producen interferencias. Los más utilizados son los canales 1, 4, 9 y 13, ya que no son adyacentes y no reciben interferencias. Esta configuración sólo se hace habitualmente en el punto de acceso, ya que los dispositivos clientes detectan la señal. Para utilizar estas frecuencias no hace falta ninguna autorización (o licencia) de la administración competente, y por lo tanto, es una tecnología muy utilizada en entornos locales como edificios, oficinas, hospitales...

Red WiFi doméstica

Los elementos que se necesitan para crear una red en casa sin cable son un punto de acceso, para conectar al encaminador (router), y un dispositivo WiFi, para conectar a nuestro ordenador. Un punto de acceso es un dispositivo encargado de conectar dispositivos WiFi para crear una red sin hilos. Habitualmente, también disponemos de un conector para red con cable y podemos conectar la red sin cable con la red cableada. Muchos de los encaminadores actuales ya llevan incorporado el punto de acceso, y ofrecen tres servicios en un solo equipo: red sin hilos, red con hilos y encaminador a Internet. En el equipo encaminador encontramos la antena, que sirve para las comunicaciones sin cable; los cuatro puertos para la red Ethernet (de color amarillo habitualmente) y finalmente, el puerto de comunicación con Internet.

Si conectamos muchos puntos de acceso entre sí, el alcance de la red sin hilos aumentará. Esta acción se conoce como itinerancia, o en inglés, *roaming*.

Para establecer comunicación con el punto de acceso nuestro ordenador necesita un dispositivo WiFi. Este dispositivo sirve para recibir y enviar las ondas de radio donde está la información. Actualmente muchos ordenadores ya llevan integrado el dispositivo WiFi dentro de la placa madre. En los modelos más antiguos que no lo llevan incorporado se puede conectar al ordenador con tres elementos: tarjetas PCI, tarjetas PCMCIA y tarjetas USB.

PCI	Sirven para equipos de sobremesa.	
PCMCIA	Son muy eficaces, ya que su funcionalidad es equiparable a la de una tarjeta de red normal.	
USB	La única dificultad es que se han de manipular en el interior del ordenador.	
PCI	Destinadas en equipos portátiles.	
PCMCIA	Fueron las primeras tarjetas que se crearon, ya que esta tecnología estaba pensada para los equipos con alta movilidad, como los ordenadores portátiles.	
USB	Las primeras tarjetas PCI eran PCMCIA con un adaptador PCI.	
PCI	Destinadas tanto a equipos de sobremesa como a ordenadores portátiles, porque son muy sencillos de conectar a un equipo.	
PCMCIA	Al principio eran dispositivos muy gruesos, pero actualmente la tecnología ha creado dispositivos tan pequeños como el lápiz USB.	
USB		

Existe una amplia variedad de antenas:

- **Omnidireccionales.** Tienen poco alcance, pero permiten un radio de cobertura de 360°, unos 300 metros en el exterior.
- **Unidireccionales.** Tienen más alcance, pero sólo en una sola dirección.

Una vez se ha establecido comunicación entre una tarjeta sin cable y otro dispositivo, la tarjeta se comporta como cualquier tarjeta Ethernet cableada y se tiene que configurar como tal.

Para poder establecer la conexión entre un punto de acceso y un dispositivo WiFi hace falta configurar primero el punto de acceso. Cada punto de acceso tiene su propia configuración, y actualmente se configuran con un entorno gráfico al que se accede con el protocolo web. Cuando iniciamos por primera vez un punto de acceso, el dispositivo tiene unos parámetros de configuración básicos que pueden no satisfacer nuestros intereses. Muchos de estos parámetros se pueden cambiar. El más importante es el *serie set identifier* (SSID): indica el identificador del servicio, y es el código (o nombre) que se incorpora a todas las comunicaciones sin cable para identificarlas como parte de la red (es el nombre que aparece cuando desde un ordenador se realiza la función de buscar redes inalámbricas). También se lo conoce como nombre de la red. El punto de acceso, para identificarse, emitirá señales con este parámetro. También con el entorno gráfico se puede modificar el canal en el que emitimos la señal de onda portadora de radio. Habitualmente no cambiaremos este parámetro, pero si decidimos hacerlo, seguiremos las recomendaciones del ETSI.

Una de las cosas más importantes que se tiene que configurar es la seguridad de la comunicación para poder dar acceso a nuestra red sin hilos a los equipos o personas que queramos.

El **cifrado WEP** (Wireless Encryption Protocol) codifica la información que viaja por el aire de cada trama de datos enviados por el adaptador mediante unas claves (64, 128 y 256 bits).

Existe otro tipo de cifrado, el WPA (WiFi Protected Access), que proporciona más seguridad que el WEP; además, facilita la autoidentificación del usuario (exige una clave y una contraseña para entrar dentro de la Red, y codifica la información transmitida por el aire).

Para la mayoría de redes pequeñas, la encriptación WAP es la manera más sencilla de tener una seguridad efectiva. De las tres opciones, la PSK String es la mejor para implantar.

Estándar	Ancho de banda	Consumo de potencia	Ventajas	Aplicaciones
Wi-Fi	Hasta 54 Mbps	400 mA transmitiendo	Gran ancho de banda	Navegar por Internet, red de ordenadores, transferencia de ficheros
Bluetooth	1 Mbps	40 mA transmitiendo	Interoperatividad, sustituto del cable	USB sin hilos, móviles, informática casera
ZigBee	250 kbps	30 mA transmitiendo, 3 mA en reposo	Batería de larga duración, bajo coste	Control remoto, productos dependientes de la batería, sensores, juegos

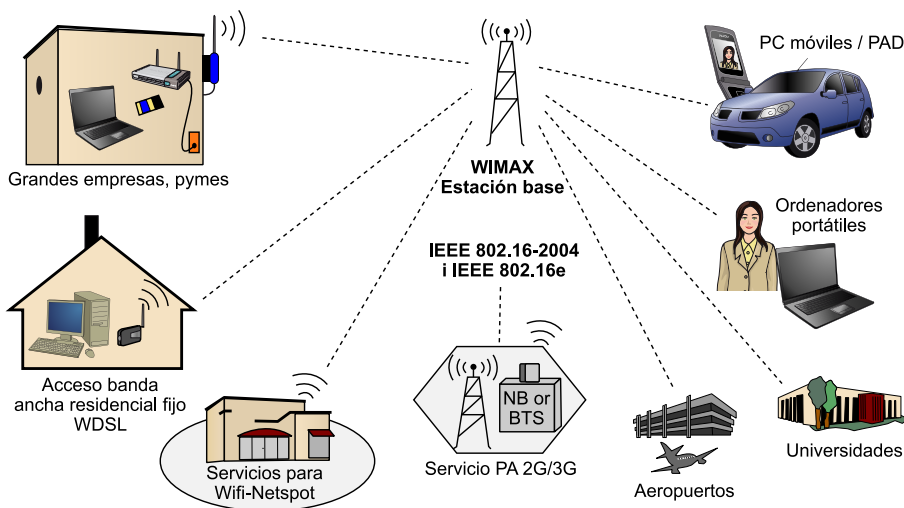
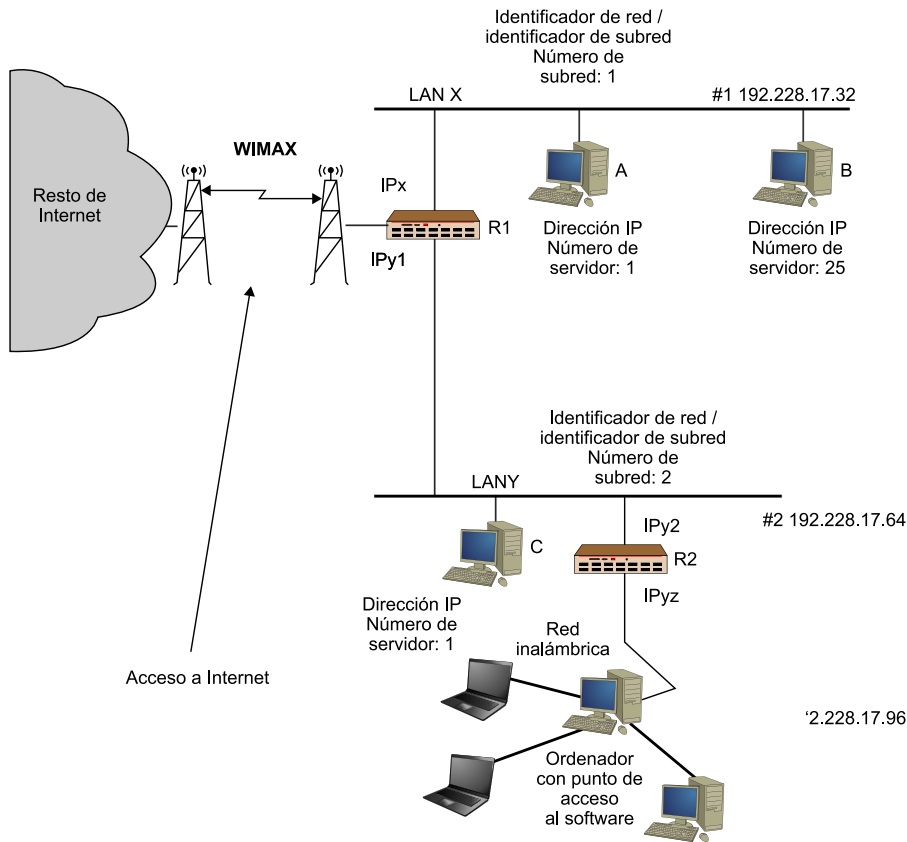
1mA = 10^{-3} amperios

2.5. WiMax

Actualmente hay una gran demanda de servicios de acceso de banda ancha (altas velocidades de transmisión) en Internet y otras aplicaciones de voz y datos. De manera cableada actualmente se ofrecen servicio con las líneas ADSL, y de manera inalámbrica WiMax es la solución que sirve tanto a los operadores de telecomunicaciones como a los usuarios. Con WiMax se está creando un mercado masivo de soluciones inalámbricas.

Un nuevo estándar WMAN de banda ancha apareció promovido y desarrollado por el grupo WiMax (*wireless interoperability for microwave access*) –acceso inalámbrico de banda ancha–, que tiene dos miembros muy representativos, como Intel y Nokia. La etiqueta WiMax está asociada globalmente al propio nombre del estándar IEEE 802.16. La tecnología WiMax supone una evolución con respecto al WiFi. Permite la conectividad entre puntos fijos, nómadas y móviles, y eventualmente la conectividad móvil sin necesidad de tener una línea punto a punto con una estación base.

Haciendo una analogía, WiMax es al estándar IEEE 802.16 lo que Wifi es al estándar IEEE 802.11.



Wimax Forum

El Wimax Forum es una agrupación de más de 350 compañías que se encarga de promover la interoperabilidad de dispositivos 802.16 y la unificación de los estándares a nivel mundial. Incluye fabricantes de chips y de equipos y empresas que ofrecen servicios. Wimax Forum promueve la utilización del estándar IEEE 802.16, la certificación de equipos, la interoperabilidad de Wimax entre diferentes marcas y la conformidad verificada en laboratorios autorizados.

WiMax utiliza bandas de frecuencia con y sin licencia gubernamental. La banda que no necesita ninguna autorización administrativa está entre 2,4 y 5 GHz. Estas bandas se tienen que utilizar con mucha cautela, ya que existe la posibilidad de una gran interferencia. En algunos países todavía no se han asignado las bandas WiMax.

La norma inicial IEEE 802.16, publicada en diciembre del 2001, sirvió para fomentar la operatividad entre los sistemas *local multipoint distribution system* (LMDS). Inicialmente, el rango de frecuencias era entre 10 y 66 GHz con necesidad de visión directa (entre emisor y receptor). A principios del 2003, con la aparición del 802.16a para ratificar el estándar inicial 802.16, se amplió el rango de frecuencias hacia las bandas de 2 a 11 GHz. En el año 2004 aparece el estándar 802.16-2004 o IEEE 802.16d, también conocido como WiMAX, para cubrir las carencias del IEEE 802.16a.

En resumidas cuentas, existen dos estándares, IEEE 802.16d para WiMax fija, y IEEE 802.16e para WiMax móvil.

	802.16	802.16a	802.16e
Espectro	10-66 GHz	< 11 GHz	< 6 GHz
Funcionamiento	Sólo con visión directa	Sin visión directa (NLOS)	Sin visión directa (NLOS)
Ancho de banda	32-134 Mbps	Hasta 75 Mbps con canales de 20 MHz	Hasta 15 Mbps con canales de 5 MHz
Modulación	QPSK, 16QAM y 64 QAM	OFDM con 256 subportadoras	Mismo que 802.16a
Movilidad	Sistema fijo	Sistema fijo	Movilidad pedestre
Ancho del espectro	20, 25 y 28 MHz	Selección entre 1,25 y 20 MHz	El mismo que 802.16a con los canales de subida para ahorrar potencia
Distancia	2-5 km aprox.	5-50 km aprox.	2-5 km aprox.

Hay que mencionar la aparición del equipamiento denominado **pre-WiMAX**. Muchos fabricantes no esperaron a la aprobación definitiva del estándar 802.16, y decidieron sacar al mercado (y todavía lo siguen haciendo actualmente) equipos que implementan un protocolo propietario basado en los desarrollos realizados para la tecnología WiMAX. Estos dispositivos, a pesar de proporcionar altas prestaciones, no permiten interoperabilidad con los otros fabricantes. Pero, en cambio, trabajan en bandas de frecuencia libre (sin licencia), de manera que han acabado siendo una buena opción (y muy utilizada) para despliegues en este tipo de entornos.

Con respecto a velocidades, hay que diferenciar entre la velocidad de transmisión en el aire y la velocidad real (conocida como *throughput*). En el caso concreto de WiMAX y pre-WiMAX, la velocidad de los equipos es ligeramente diferente:

Velocidades pre-WiMAX / WiMAX

Tecnología	Velocidad máxima aire	Velocidad máxima real
pre-WiMAX	54 Mbps	~30 Mbps
WiMAX	70 Mbps	~40 Mbps

Sus principales características se resumen a continuación:

- **Modulación adaptativa:** se escogen dinámicamente en función de las condiciones del enlace, si éste tiene un buen comportamiento (pocas pérdidas), se utiliza una modulación que más bits y, por lo tanto, la velocidad aumenta. En función de la distancia de la estación a la estación base se utiliza un tipo de modulación u otra: 64QAM, 16QAM, QPSK...
- **Banda frecuencial:** se puede trabajar en banda libre de 5,4 GHz, pero con poca potencia y con visión directa. También hay banda licenciada (hace falta un permiso de la administración para utilizar una determinada frecuencia) en 3,5 GHz, donde no es imprescindible la visión directa.
- **Elementos:** hay dos tipos de componentes, la estación base (unidades de acceso, AU) y las unidades de abonado (SU).
- **Perfiles:** permiten enlaces punto a punto (con visión directa) y punto multipunto (sin necesidad de visión directa).
- **Permite calidad de servicio (QoS):** gracias al hecho de que WiMAX está orientado a la conexión. También ofrece la especificación antes de la transmisión de la calidad de servicio demandada (QoS): por ejemplo, la voz y el vídeo requieren una baja latencia (retraso), pero soportan bien la pérdida de un poco de información, mientras que las aplicaciones de datos tienen que estar libres de errores pero toleran bien el retraso.
- **Usuarios:** soporta varios centenares de usuarios por canal.

WiMax ofrece varias cualidades de servicio:

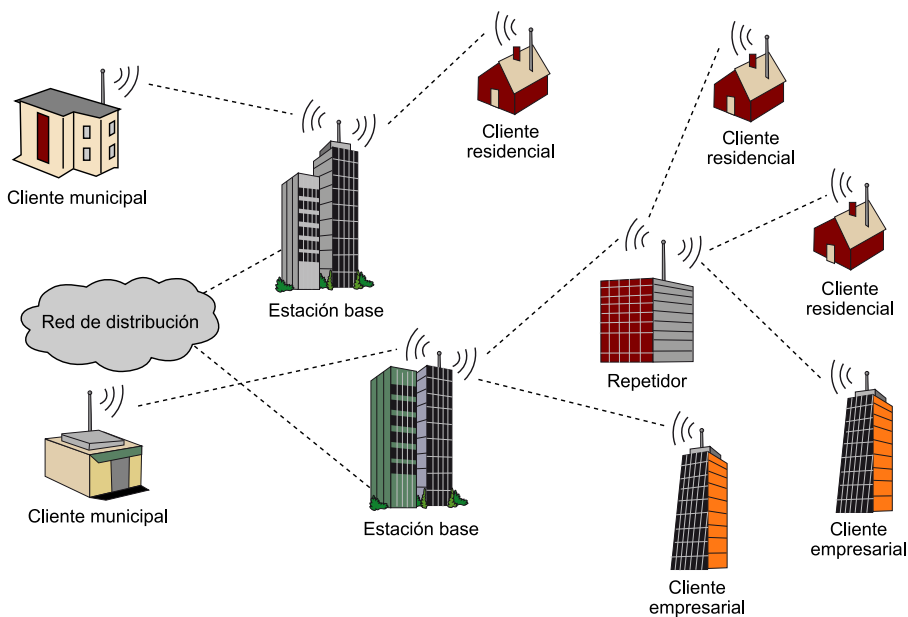
- **Unsolicited grant service (UGS):** tráfico de velocidad constante (*constant bit rate*), datos en tiempo real con paquetes de tamaño fijo: VoIP sin supresión del silencio.

- **Real-time polling service (rtPS):** datos en tiempo real con paquetes de tamaño variable generados en intervalos periódicos, como los paquetes de vídeo Moving Picture Expert Group (MPEG).
- **Extended real-time polling service (ertPS):** es una optimización de UGS y rtPS: datos en tiempo real con paquetes de tamaño variable generados en intervalos periódicos, tal como los VoIP con supresión de silencio.
- **Non-real-time polling service (nrtPS):** soporta datos que toleran retardos como la transferencia de archivos (FTP: *file transfer protocol*).
- **Best effort (BE):** diseñado para soportar tráfico para el que no se ha definido ningún tipo de nivel de QoS, tal como la navegación a través de Internet.

Ofrece la posibilidad de formar redes en malla (*mesh networks*) para que los distintos usuarios se puedan comunicar entre sí, sin necesidad de tener una visión directa entre ellos.

Las primeras versiones de WiMax fueron pensadas para comunicaciones punto a punto, o punto a multipunto típicas de radioenlaces por microondas. Las futuras redes ofrecerán total movilidad y podrán competir con las redes celulares. WiMax es adecuado para unir puntos con mucho tráfico de información WiFi a las redes de los operadores de telecomunicaciones sin necesidad de establecer un enlace fijo. WiMax amplía la cobertura de una red WiFi y puede proveer una alternativa seria o complemento a las redes 3G.

Topología red WiMAX

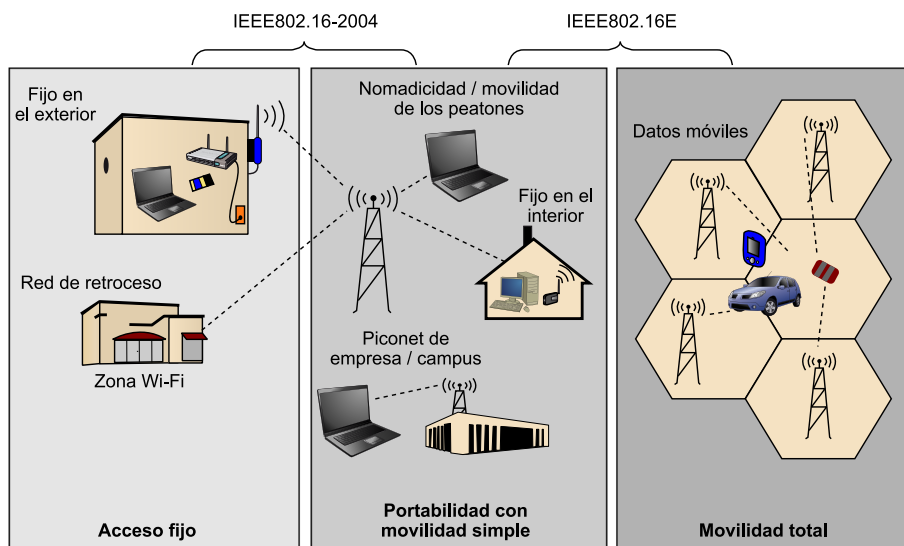


WiMax soporta las llamadas antenas inteligentes (*smart antennas*) propias de las redes celulares en 3G. Estas antenas inteligentes emiten un haz de radiación muy estrecho que se puede ir moviendo electrónicamente para enfocar siempre al receptor, con lo que evitan las interferencias entre canales adyacentes y se consume menos potencia para tener el haz más concentrado.

Otra aplicación es la de ofrecer servicios a las zonas rurales de difícil acceso, a las que no llegan las redes cableadas. Es una tecnología muy adecuada para establecer radioenlaces, debido a su gran cobertura y capacidad, y a un coste muy competitivo frente otras alternativas.

La instalación de estaciones base WiMax es sencilla y económica, utilizando un hardware que llegará a ser estándar.

Diferentes fases de WiMax



A la izquierda, estación de usuario acceso fijo. A la derecha, estación base acceso fijo.

WiMax móvil y IEEE 802.16e, soportan varias tecnologías de antenas inteligentes:

- *Beamforming*.
- *Space-time code* (STC).
- Multiplexación espacial.

En definitiva, WiMax nos ofrece un ancho de banda para equipos fijos y móviles, puede coexistir junto con WiFi y 3G, soporta aplicaciones basadas en IP (datos, Internet, VoIP, etc.), garantiza la seguridad y la calidad del servicio, y tiene diferentes sectores en el mercado.

Más de 250 operadores han realizado pruebas en más de 65 países, tal como se ve en la figura siguiente.



Comparativa de WiMAX con otras tecnologías

	WiMAX 802.16	WiFi 802.11	MBWA 802.20	UMTS y CD-MA2000
Velocidad	124 Mbit/s	11-54 Mbit/s	16 Mbit/s	2 Mbit/s
Cobertura	40-70 km	300 m	20 km	10 km
Licencia	Sí/No	No	Sí	Sí
Ventajas	Velocidad y extensión geográfica	Velocidad y precio	Velocidad y movilidad	Rango y movilidad
Inconvenientes	Interferencias	Baja cobertura	Precio alto	Lento y caro

Resumen

En este módulo hemos visto la evolución histórica de la telefonía móvil, su crecimiento exponencial en número de usuarios a escala mundial, y cómo esta tecnología y sus aplicaciones han evolucionado en muy pocos años. Se ha pasado básicamente de sólo poder transmitir mensajes de texto con la tecnología móvil GSM, a mejorar las conexiones a Internet con la tecnología GPRS, para acabar en las últimas aplicaciones totalmente multimedia sobre tecnologías EDGE y UMTS por el considerable aumento de las velocidades de transmisión y de sus coberturas.

En el ámbito de las redes inalámbricas se han visto las de uso más cotidiano, las redes WiFi para aplicaciones de alcance local (vivienda, oficina), con distancias entre los equipos pequeñas (varios centenares de metros). Para incrementar la distancia entre los equipos (varios kilómetros) se ha desarrollado la tecnología inalámbrica WiMax. Además, para interconectar dispositivos en muy poca distancia se utiliza la tecnología infrarroja y la bluetooth. Finalmente, para instalar redes de sensores donde el consumo es el factor principal a tener en cuenta, existe la tecnología ZigBee para que las baterías de estos sensores tengan una larga duración.

Bibliografía

Abad, F. J.; Canudas, J. M.; Martínez, R.; Nogueira, E. (2008). *Informàtica 4t. ESO*. Barcelona: Teide. ISBN: 978-84-307-8685-5.

Direcciones web

Bluetooth. Disponible en web:

<<http://www.bluetooth.com/English/Pages/default.aspx>>. [Fecha de consulta: 13 de abril del 2010.]

International Engineering Consortium. Disponible en web:

<<http://www.iec.org>>. [Fecha de consulta: 13 de abril del 2010.]

Olzac, T. (1 de diciembre del 2006). "Secure your Bluetooth wireless networks and protect your data". *Tech Republic*. Disponible en web:

<http://articles.techrepublic.com.com/5100-10878_11-6139987.html> [Fecha de consulta: 13 de abril del 2010.]

Umtsforum.net. Disponible en web:

<<http://www.umsforum.net/default.asp>>. [Fecha de consulta: 13 de abril del 2010.]

Universidad Politécnica de Madrid. "Comunicaciones móviles con WAP, GPRS y UMTS" [plan docente del curso 2009-2010]. Disponible en web:

<<http://asignaturas.diatel.upm.es/ccmm/Documentacion.htm>>. [Fecha de consulta: 13 de abril del 2010.]

Zigbee Alliance. Disponible en web:

<<http://www.zigbee.org>>. [Fecha de consulta: 13 de abril del 2010.]

Zigbee España. Disponible en web:

<<http://www.zigbee.es>>. [Fecha de consulta: 13 de abril del 2010.]

