

Introducción a los sistemas de comunicación inalámbricos

Josep Prieto Blázquez

PID_00176752



Universitat Oberta
de Catalunya

www.uoc.edu



Los textos e imágenes publicados en esta obra están sujetos –excepto que se indique lo contrario– a una licencia de Reconocimiento-Compartir igual (BY-SA) v.3.0 España de Creative Commons. Se puede modificar la obra, reproducirla, distribuirla o comunicarla públicamente siempre que se cite el autor y la fuente (FUOC. Fundació per a la Universitat Oberta de Catalunya), y siempre que la obra derivada quede sujeta a la misma licencia que el material original. La licencia completa se puede consultar en: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/es/legalcode.ca>

Índice

Introducción	5
Objetivos	6
1. Redes de computadores	7
2. Comunicaciones inalámbricas	10
2.1. Clasificación	10
2.1.1. Redes personales inalámbricas (WPAN)	11
2.1.2. Redes locales inalámbricas (WLAN)	14
2.1.3. Redes de gran alcance inalámbricas (WWAN)	17
2.2. Ventajas de las comunicaciones inalámbricas respecto a las tradicionales	21
2.3. Limitaciones de las comunicaciones inalámbricas respecto a las tradicionales	21
3. Pasado, presente y futuro de las comunicaciones inalámbricas	23
3.1. El pasado de las comunicaciones inalámbricas	23
3.2. Presente y futuro de las comunicaciones inalámbricas	24
Resumen	26
Actividades	27
Glosario	28

Introducción

Actualmente, estamos inmersos en la que se denomina *revolución tecnológica de las comunicaciones inalámbricas*, una revolución similar a la que protagonizaron en su momento la electricidad, la televisión, el ordenador o las mismas comunicaciones con cable, que supusieron nuevos modelos de negocio.

Una de las principales ventajas de esta tecnología es la movilidad, no depender del cable. El hecho de que el punto de entrada en la red de comunicaciones no esté ligado a una ubicación fija y que el medio de transmisión ya esté preparado favorece su expansión, que puede ser más rápida que la de cualquier otro tipo de tecnología. Existe un ejemplo que lo corrobora: en solo cinco años de existencia, la telefonía móvil ya tuvo más usuarios que la telefonía fija.

El enfoque de este módulo está claramente orientado a iniciar a los ingenieros informáticos en las tecnologías de las comunicaciones inalámbricas, con el objetivo de ofrecerles un valor añadido importante en su carrera profesional como desarrolladores de ampliaciones o servicios sobre dispositivos móviles.

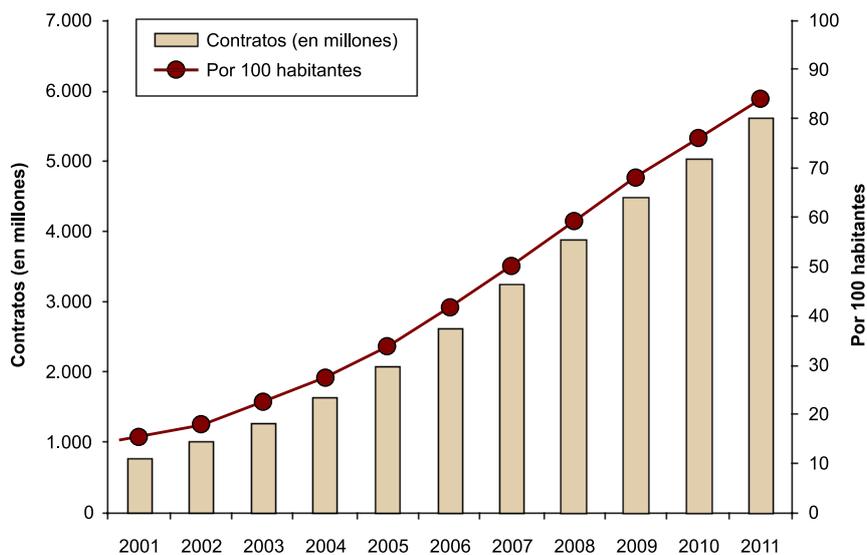
Internet también se ha beneficiado de esta tecnología, hecho que ha dado paso a lo que se conoce como *Internet móvil*, que permite que dispositivos móviles y personas se conecten a la Red desde cualquier lugar y en cualquier momento, lo que ha facilitado la aparición de nuevos servicios y aplicaciones sobre estos dispositivos.

Difusión de las tecnologías móviles

Actualmente, más de un 75% de la población tiene un contrato de telefonía móvil. Esto quiere decir que la telefonía móvil de voz cuenta con más de 5.000 millones de usuarios en 212 países diferentes.

Por otra parte, más del 60% de la población mundial se conecta a Internet con una conexión inalámbrica.

Contratos de telefonía móvil en el mundo, total y por 100 habitantes, 2001–2011



Fuente: Base de datos ITU World Telecommunication/ICT Indicators

Objetivos

Con el estudio de este módulo se pretende que el estudiante alcance los objetivos siguientes:

- 1.** Adquirir una visión global de las comunicaciones inalámbricas y conocer cuáles son sus rasgos característicos.
- 2.** Saber cuál es el medio de transmisión de las comunicaciones inalámbricas.
- 3.** Diferenciar los distintos tipos de comunicaciones inalámbricas.
- 4.** Identificar las ventajas de la comunicación inalámbricas.
- 5.** Tener una visión histórica de las comunicaciones inalámbricas.

1. Redes de computadores

En una red de computadores, podemos distinguir cuatro elementos importantes que intervienen en su definición:

1) El **protocolo de comunicación** define el lenguaje y el conjunto de reglas que facilitan la comunicación entre el emisor y el receptor, con el objetivo de que se puedan entender e intercambiar información. Existen muchos protocolos, pero seguramente el más conocido y más extendido entre los ordenadores es el TCP/IP¹ que utiliza Internet.

⁽¹⁾TCP/IP: *transport control protocol/Internet protocol.*

2) La **topología** define cómo los nodos de comunicación están interconectados entre sí. Las topologías de red más comunes son en bus, estrella, anillo o punto a punto.

3) La **seguridad** es el elemento que permite garantizar la confidencialidad, la autenticación y la integridad de los datos.

4) El **medio de transmisión** es el elemento que diferencia más claramente las tecnologías de comunicación con hilos de las inalámbricas. Es el medio por el que viaja la señal que transfiere los datos.

Actualmente, las comunicaciones con cable (guiadas) utilizan distintos medios de transmisión, entre otros, el par trenzado (UTP² o STP³), el cable coaxial, la fibra óptica o los cables de alta tensión.

⁽²⁾UTP: *unshielded twisted pair.*

⁽³⁾STP: *shielded twisted pair.*

El medio de transmisión de las comunicaciones inalámbricas (no guiadas) es el espectro electromagnético que coloquialmente denominamos *aire*.

1.1 El espectro electromagnético

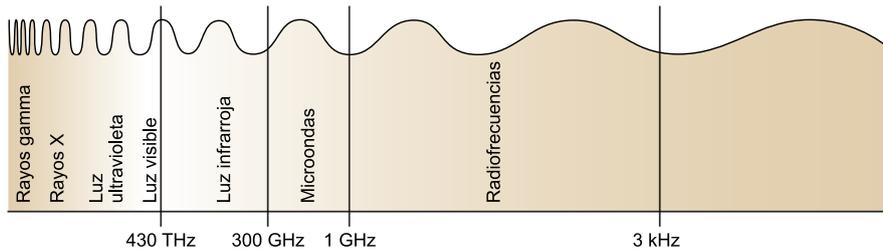
El espectro electromagnético es el rango de frecuencias de todas las ondas electromagnéticas que se pueden propagar a través del espacio libre, ordenadas según su longitud de onda y su frecuencia.

Como el propio nombre indica, estas ondas tienen un componente magnético y otro eléctrico. La forma más familiar de radiación electromagnética es la luz visible.

Ejemplos de frecuencias

La luz visible tiene una frecuencia de 500.000 GHz y la radio FM, de entre 80 y 110 MHz.

Espectro electromagnético

**Ordenación de frecuencias**

Desde el año 1999, el comité del IEEE 802.16 trabaja para definir los estándares de las comunicaciones inalámbricas de este rango de frecuencias. Para saber más sobre esto, podéis visitar la siguiente dirección: <http://standards.ieee.org/wireless>

Los rangos de frecuencias más utilizados en las comunicaciones inalámbricas son los siguientes:

- **Infrarrojos (IR).** Se utilizan en comunicaciones punto a punto de corto alcance, son muy direccionables y no pueden atravesar obstáculos. Este medio se utiliza habitualmente en el mando a distancia de la televisión y hasta hace unos años era también un sistema de comunicación que se utilizaba a menudo para conectar dispositivos situados el uno al lado del otro (un PDA⁴ con el ordenador o con un móvil y el teclado con el ordenador). Es el rango de frecuencia más alto para comunicaciones inalámbricas.
- **Microondas (MW).** Este rango de frecuencias es adecuado para transmisiones de largo recorrido (comunicaciones por satélite, comunicaciones terrestres punto a punto como alternativa al cable coaxial o la fibra óptica, y también la mayoría de las tecnologías inalámbricas más habituales que existen actualmente y que explicaremos brevemente en esta asignatura, como UMTS, Bluetooth o WLAN). Las microondas suelen ser direccionales y utilizan una parte del espectro con frecuencias más pequeñas que los infrarrojos.
- **Radiofrecuencias (RF).** Es el rango que utilizan las transmisiones de radio (FM, AM) y televisión digital terrestre (TDT). Las radiofrecuencias son omnidireccionales y pueden atravesar obstáculos sin ningún problema.

Otras frecuencias

Existen otros rangos de frecuencias del espectro electromagnético, como la luz ultravioleta, los rayos X o los rayos gamma, que podrían tener mejores prestaciones que los infrarrojos, los microondas y las radiofrecuencias, dada su frecuencia tan alta, pero no se utilizan porque pueden llegar a ser peligrosos para los seres vivos y, además, son difíciles de producir y modular.

Para ordenar la utilización del espectro electromagnético, existen acuerdos nacionales e internacionales que regulan quién puede utilizar qué frecuencia. Hemos de pensar que el espectro es limitado y que hay muchos servicios que lo quieren utilizar: la radio, la televisión, los teléfonos inalámbricos, las compañías telefónicas, los agentes de policía, los militares, las redes de área local, etc.

La ITU⁵ en el ámbito mundial y la FCC⁶ en Estados Unidos se encargan de regular el uso de las frecuencias del espectro electromagnético.

⁽⁴⁾PDA: *personal digital assistant*.

⁽⁵⁾ITU: International Telecommunications Union. <http://www.itu.int>.

Las bandas autorizadas por estos organismos internacionales se denominan bandas IMS⁷, y a la hora de conceder autorizaciones tienen en cuenta que la potencia de transmisión no sea perjudicial para la salud.

⁽⁶⁾FCC: Federal Communications Commission. <http://www.fcc.gov>.

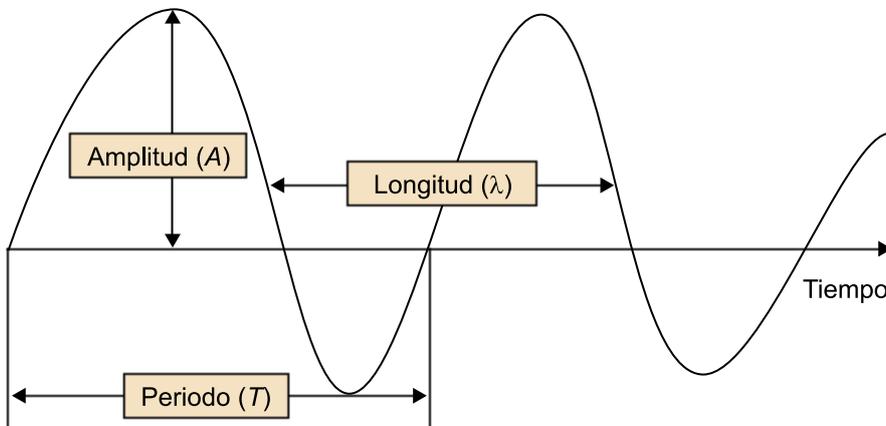
⁽⁷⁾IMS: *industrial, scientific and medical bands*.

1.2 Componentes de una onda

Para poder entender las comunicaciones inalámbricas es necesario conocer los conceptos fundamentales que definen una onda electromagnética:

- **Frecuencia (f)**. Número de oscilaciones por segundo de una onda o señal, se mide en *herz*. Una onda que realiza cinco ciclos por segundo tiene una frecuencia de 5 Hz.
- **Período (T)**. Cantidad de tiempo que tarda una onda en completar un ciclo: $T = 1/f$.
- **Fase (ϕ)**. Posición relativa en el tiempo dentro del período simple de una onda.
- **Longitud de onda (λ)**. Espacio que ocupa un ciclo completo de una onda, medido en metros: $\lambda = c/f$, donde c es la velocidad de la luz en el vacío (aproximadamente $3 \cdot 10^8$ metros/segundo).
- **Amplitud (a)**. Máximo valor o potencia de una onda en el tiempo, típicamente medido en voltios o decibelios.

Componentes de una onda



2. Comunicaciones inalámbricas

Antes de empezar a abordar los diferentes módulos de esta asignatura, es importante entender el alcance de la comunicación inalámbrica.

En un sentido amplio y general, entendemos por **comunicaciones inalámbricas** aquellas comunicaciones entre dispositivos (móviles o no) o entre personas que intercambian información utilizando el espectro electromagnético.

Enlace de interés

Para saber más sobre la comunicación Bluetooth podéis visitar la siguiente dirección de Internet:
<http://www.bluetooth.com>

Ejemplos de comunicaciones inalámbricas

La definición de comunicaciones inalámbricas engloba desde una comunicación Bluetooth entre un teléfono móvil y un ordenador portátil hasta una comunicación de dos terminales de telefonía móvil GSM. Incluso la comunicación verbal entre dos personas sería una comunicación inalámbrica: utilizan el aire como un canal para el intercambio de información.

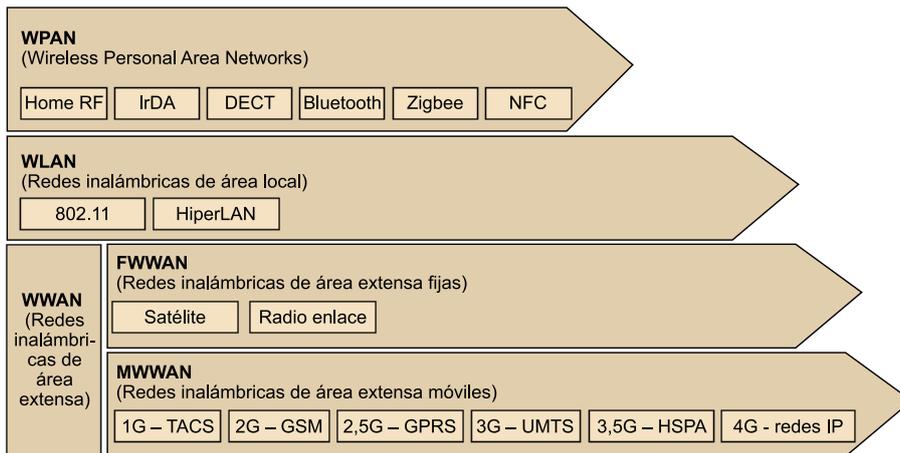
En esta asignatura nos centraremos en las comunicaciones inalámbricas relacionadas con las nuevas tecnologías y con las nuevas posibilidades de negocio.

2.1. Clasificación

Según la documentación que se consulte, se pueden encontrar diferentes clasificaciones de las comunicaciones inalámbricas. En esta asignatura, las clasificaremos atendiendo a su alcance y a la manera de controlar el acceso a la red.

Según el alcance, podemos establecer tres grandes grupos:

- **Redes de área personal inalámbrica** (WPAN: *wireless personal area networks*).
- **Redes de área local inalámbrica** (WLAN: *wireless local area networks*).
- **Redes de área extendida inalámbrica** (WWAN: *wireless wide area networks*). Podemos diferenciar dos tipos de WWAN, según quién controle su acceso:
 - **Comunicación fija** (FWWAN: *fixed wireless wide area networks*).
 - **Comunicación móvil** (MWWAN: *mobile wireless wide area networks*).



2.1.1. Redes personales inalámbricas (WPAN)

Las WPAN presentan una importante limitación de alcance: los dispositivos que pretenden comunicarse han de estar poco separados. Generalmente, se acepta como límite el espacio de una habitación o un despacho.

Usos de las redes WPAN

Las redes WPAN es una tecnología que ha llegado de manera progresiva a nuestra vida cotidiana con el objetivo de hacer las comunicaciones más cómodas y más fáciles de utilizar: la tecnología Bluetooth permite comunicar una impresora y un ordenador sin ningún cable, siempre que estén a una distancia de aproximadamente diez metros; mediante la tecnología Wi-Fi la distancia puede llegar a ser de hasta cien metros.

Las tecnologías más utilizadas de WPAN son las siguientes: Bluetooth, DECT⁸, IrDa⁹, NFC¹⁰ y Zigbee.

Bluetooth

Bluetooth es una especificación regulada por el grupo de trabajo IEEE 802.15.1, que permite la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace de radiofrecuencia en la banda ISM de 2,4 GHz.

Bluetooth, rey vikingo

El nombre Bluetooth proviene del rey vikingo Harald Blatand (siglo X), que unificó y controló Dinamarca y Noruega. De aquí viene la inspiración del nombre: con esta tecnología se pretende unificar e interconectar dispositivos.

Se cree que una de las aficiones de este rey era comer moras y por eso tenía el "tinte" azul de los dientes (*bluetooth* quiere decir 'diente azul' en inglés).

Bluetooth permite conectar inalámbricamente diferentes dispositivos electrónicos, como asistentes digitales personales (PDA), teléfonos móviles, ordenadores portátiles, etc., lo que facilita, abarata y garantiza la interoperabilidad entre dispositivos de diferentes fabricantes.

Bluetooth define un alcance corto (alrededor de 10 m) y, opcionalmente, un alcance medio (alrededor de 100 m).

Enlace de interés

El grupo de trabajo IEEE 802.15 define los estándares referentes a las WPAN. Los podéis consultar en la siguiente dirección:

<http://grouper.ieee.org/groups/802/15/>

⁽⁸⁾DECT: *digital enhanced cordless telecommunications*.

⁽⁹⁾IrDA: *Infrared Data Association*.

⁽¹⁰⁾NFC: *near field communication*.

Evolución histórica

La evolución histórica de la tecnología Bluetooth es la siguiente:

- **1994:** Ericsson promueve un estudio de comunicaciones inalámbricas de bajo coste y baja potencia.
- **1998:** se crea el SIG (Special Interest Group), formado inicialmente por Ericsson, IBM, Intel Nokia y Toshiba.
- **1999:** aparece la versión 1.0 del estándar.
- **2001:** aparece la versión 1.1 del estándar.
- **2002:** el IEEE produce el estándar 802.15.1, que es compatible con la versión 1.1 de Bluetooth.
- **2004:** aparece la versión 2.0 del estándar, que destaca por el aumento de la velocidad de transferencia (hasta 3 Mbps).
- **2007:** aparece la versión 2.1 del estándar, que destaca por las mejoras en cuestiones de seguridad.
- **2009:** aparece la versión 3.0 del estándar, que destaca por el aumento considerable de la velocidad de transferencia (hasta 300 Mbps).
- **2011:** aparece la versión 4.0 del estándar, que destaca por la reducción significativa del consumo de batería.

En una red Bluetooth, cualquier dispositivo puede actuar como maestro o como esclavo:

- El dispositivo maestro se encarga de definir cómo se establece la comunicación físicamente (frecuencia de salto, fase, etc.).
- Los dispositivos esclavos coordinan sus transmisiones según las especificaciones del maestro. Normalmente, el primero que solicita el servicio actúa como maestro, excepto cuando la red ya ha sido establecida.

DECT

La tecnología *digital enhanced cordless telecommunications* (DECT) aparece como una necesidad de que las comunicaciones analógicas de la telefonía de principios de la década de los ochenta evolucionaran hacia un contexto digital. La transmisión digital inalámbrica ofrece una serie de ventajas respecto a la analógica: menos interferencias, más capacidad de dispositivos en una misma zona, más seguridad (se puede cifrar la información) y más movilidad (se pueden establecer mecanismos para saltar de una red a otra, característica denominada *roaming*).

El estándar DECT aparece oficialmente a principios de 1988 impulsado por el ETSI. Inicialmente, se centró en la definición del radioenlace entre los dispositivos inalámbricos y las estaciones fijas, y en los protocolos y estándares necesarios para desarrollar funciones de traspaso (*handover*) entre estaciones base.

El estándar DECT, que originalmente admitía transferencias de datos de hasta 552 Kbps, ha evolucionado hasta permitir transferencias de 2 Mbps.

Enlace de interés

Para saber más sobre la comunicación Bluetooth, podéis visitar la siguiente dirección de Internet:

<http://www.bluetooth.com>



El DECT opera en la banda de frecuencias de 1.880 a 1.900 MHz

Enlace de interés

ETSI es la sigla de European Telecommunications Standards Institute. Podéis encontrar información sobre este estándar en la siguiente dirección:

<http://portal.etsi.org/>

Más de cien países han reservado bandas de frecuencias para la transmisión de datos con el DECT. Además, en un gran número de países se opera en una banda de frecuencias protegida, es decir, libre de interferencias con otras tecnologías.

IrDa

La Infrared Data Association (IrDA) es una asociación que integra más de ciento sesenta compañías. El estándar IrDA utiliza el espectro de frecuencia de infrarrojo para transmitir información.

El uso de la tecnología IrDA se ha extendido mucho, sobre todo en los años noventa y a principios de siglo, a causa de su bajo coste de implementación y su bajo consumo de batería. Además, es muy flexible y capaz de adaptarse fácilmente a un gran número de aplicaciones y dispositivos, como a asistentes digitales personales (PDA), teléfonos, impresoras u ordenadores portátiles.

Los dispositivos que utilizan la IrDA se comunican mediante el uso del diodo LED (*light emitting diode*). Es necesario que estos dispositivos estén alineados los unos con los otros. La desviación máxima permitida es de 30°.

NFC

La tecnología *near field communication* (NFC) permite la transmisión de datos de una manera simple entre diferentes dispositivos mediante un enlace de radiofrecuencia en la banda ISM de 13,56 MHz.

Dado que la conexión se produce cuando dos dispositivos NFC están muy próximos entre sí, a menos de 20 centímetros, la comunicación es inherentemente segura.

NFC fue aprobado por el estándar ISO 18092 en el 2003. Philips, Sony y Nokia formaron el NFC Foro para avanzar en el desarrollo de las especificaciones NFC y velar por su interoperabilidad.

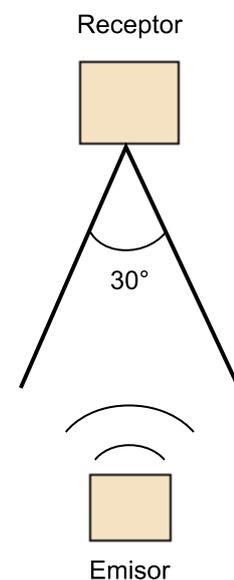
La tecnología NFC es una extensión del estándar ISO/IEC-14443 para tarjetas de proximidad sin contacto que combina la interfaz de una tarjeta inteligente y un lector en un único dispositivo, lo que la hace compatible con toda la infraestructura de pago sin contacto que existe actualmente.

Usos de DECT

Los aparatos inalámbricos de telefonía de uso doméstico son los que utilizan más frecuentemente el DECT y, además, suelen operar con un rango de 50 m.

Enlace de interés

Para saber más sobre el IrDA, podéis visitar la página web siguiente:
<http://www.irda.org>



Aunque la tecnología NFC permite el intercambio de datos entre dispositivos, no está dirigida a la transmisión masiva de datos, como por ejemplo Bluetooth, sino a la comunicación entre dispositivos con capacidad de cálculo, como teléfonos móviles, PDA o PC, ya que es una tecnología complementaria para proporcionar otros servicios, como puede ser la identificación y validación de personas.

Proyectos con NFC

En España, se ha utilizado la tecnología NFC como método de pago en un proyecto de colaboración entre Visa, La Caixa y Telefónica.

Zigbee

Zigbee es un estándar de comunicaciones inalámbricas, regulado por el grupo de trabajo IEEE 802.15.4 en el 2004, que permite habilitar redes inalámbricas con capacidades de control, y monitorizar que sean seguras, de bajo consumo energético y de bajo coste de procesador, de manera bidireccional.

Zigbee

El origen del nombre *Zigbee* surgió de una colmena de abejas que se comunicaban dando vueltas alrededor de su colmena.

ZigBee es promovida por la ZigBee Alliance, una comunidad internacional de más de cien compañías, como Motorola, Mitsubishi, Philips, Samsung, Honeywell y Siemens, entre otras. De hecho, ZigBee no es una tecnología, sino un conjunto estandarizado de soluciones que pueden ser implementadas por cualquier fabricante.

Enlace de interés

Para saber más sobre el estándar Zigbee, podéis visitar la dirección siguiente:
www.zigbee.org/

2.1.2. Redes locales inalámbricas (WLAN)

Una WLAN es una red de cobertura geográfica limitada, velocidad de transmisión relativamente alta, bajo nivel de errores y administrada de manera privada, que se comunica básicamente mediante microondas.

Ventajas de una WLAN

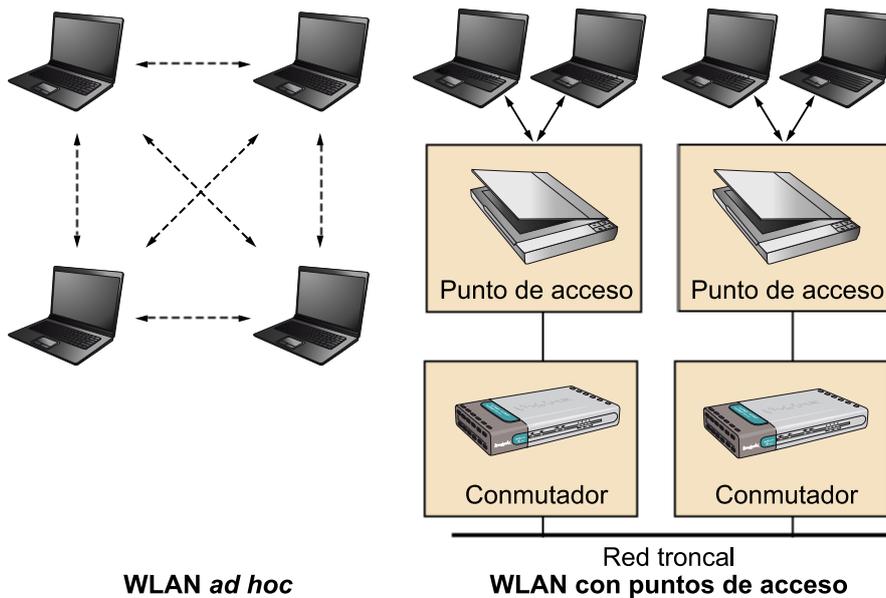
La necesidad de una WLAN no se justifica por una posible mejora en ancho de banda o en fiabilidad, seguridad o eficiencia de las comunicaciones, sino por la comodidad que proporciona al usuario y la movilidad que le permite, y también por su fácil y rápida instalación.

Las WLAN son una extensión y/o una alternativa a las LAN con cables. Los usuarios de una WLAN pueden acceder a los recursos que les ofrece la LAN sin tener que depender de infraestructuras de red (cableado, conectores, etc.).

La gran difusión de las WLAN se debe a las importantes ventajas que presentan respecto a las LAN:

- **Movilidad:** los usuarios de una WLAN pueden acceder a información en tiempo real desde cualquier lugar de la organización.
- **Instalación simple:** no hay que preocuparse por la instalación de cables dentro del radio de cobertura.
- **Flexibilidad:** permite acceder a lugares que una LAN cableada no alcanzaría nunca.

- **Bajo coste:** aunque el coste inicial de instalación de las WLAN puede ser superior a las LAN con cable, a largo plazo puede suponer un ahorro, sobre todo en entornos con cambios frecuentes de ubicación de los dispositivos.
- **Escalabilidad:** las WLAN se pueden configurar con diferentes topologías de una manera sencilla según la necesidad del entorno. Podemos tener las WLAN *ad hoc* (donde los dispositivos se van añadiendo a la red) y las WLAN con puntos de acceso conectados a la red principal.



A pesar de las ventajas mencionadas anteriormente, las WLAN tienen una serie de limitaciones y requisitos, como:

- **Velocidad:** las WLAN deben poder transmitir información a velocidades comparables a las LAN (más de 500 Mbps).
- **Retardos:** son importantes en cualquier aplicación, pero especialmente en las transmisiones inalámbricas.
- **Accesos difíciles:** dentro de un edificio podemos encontrar factores que amortiguan la señal. Un dispositivo móvil puede recibir mucha menos potencia que otro.
- **Consumo:** los dispositivos móviles se suelen alimentar con baterías; por lo tanto, hay que diseñarlos para que tengan un consumo eficiente (modo reposo, modo bajo consumo, poco gasto en la transmisión de paquetes, etc.).
- **Máximo número de nodos y máxima cobertura:** una WLAN puede necesitar soportar centenares de nodos. El área de cobertura típica de una

WLAN es de entre 10 y 100 m², lo que implica retardos de propagación inferiores a 1.000 nseg.

- **Seguridad:** el medio en el que se transmite la información (ondas electromagnéticas) es abierto para cualquiera que esté en el radio de cobertura. Para garantizar la seguridad, se utilizan algoritmos de cifrado.
- **Interferencias:** se pueden producir a causa de dos transferencias simultáneas (colisiones) o de dos emisores que comparten la misma banda de frecuencia. Las colisiones también se producen cuando varias estaciones que esperan que el canal esté libre empiezan las transmisiones al mismo tiempo. A diferencia de las redes locales con hilos, en las WLAN se produce un efecto de nodo oculto que conlleva un aumento de colisiones.

Las tecnologías más utilizadas de WLAN son principalmente las distintas variantes del IEEE 802.11; aunque también existen otras, como la HIPERLAN.

IEEE 802.11

El IEEE 802.11 es una familia de estándares para redes locales inalámbricas desarrollada por el IEEE, que fue definida en 1997 (en el año 1999 se definieron los estándares 802.11a y 802.11b). El estándar garantiza la interoperabilidad entre diferentes fabricantes. Es decir, por ejemplo, que una tarjeta WLAN para PC de un fabricante funcione con un punto de acceso de otro fabricante.

El estándar 802.11 describe la funcionalidad de las capas y subcapas y las relaciones entre ellas, pero no especifica cómo se tienen que hacer; solo indica cómo se debe comportar el equipo y deja vía libre al fabricante en la manera de implementarlo.

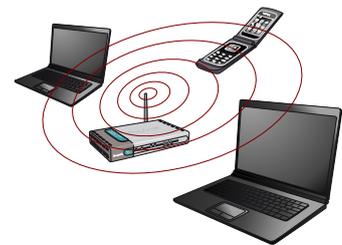
El objetivo principal del estándar 802.11 es garantizar la funcionalidad de las aplicaciones sin tener que considerar si la comunicación es o no inalámbrica.

El estándar 802.11 es una familia de especificaciones, entre las cuales destacamos las siguientes:

- **IEEE 802.11a:** soporta velocidades de hasta 54 Mbps y utiliza la banda de frecuencias de 5 GHz. Este protocolo está orientado a la transmisión de paquetes, pero no soporta funciones de calidad de servicio.
- **IEEE 802.11b (inicialmente denominado Wi-Fi):** soporta velocidades de hasta 11 Mbps y utiliza la banda de frecuencias de 2,4 GHz.
- **IEEE 802.11g:** soporta velocidades de hasta 54 Mbps. Es una evolución del IEEE 802.11b y utiliza la misma banda de frecuencias de 2,4 GHz.

Enlace de interés

Podéis obtener más información sobre este estándar en la dirección siguiente:
<http://grouper.ieee.org/groups/802/11/>



- **IEEE 802.11i:** se creó para superar la vulnerabilidad de seguridad para protocolos de autenticación y de codificación. El estándar incluye los protocolos 802.1x, TKIP y AES y se implementa con WPA2.
- **IEEE 802.11n:** soporta velocidades de hasta 600 Mbps y puede trabajar en dos bandas de frecuencia: 2,4 GHz (la que utilizan 802.11b y 802.11g) y 5 GHz (la que utiliza 802.11a). 802.11n es compatible con dispositivos basados en todas las especificaciones anteriores de 802.11. El hecho de que trabaje en la banda de 5 GHz le permite alcanzar un mayor rendimiento, ya que está menos congestionada.

HiperRLAN

El *high performance radio local area network* (HiperLAN) es un estándar de redes locales inalámbricas desarrollado por el ETSI.

La primera versión del estándar, HiperLAN1 (HiperLAN Type 1), surgió en el año 1996 y admitía velocidades de hasta 20 Mbps. La evolución de este estándar, que apareció en el año 2000, se denomina HiperLAN2 (HiperLAN Type 2) y admite velocidades de hasta 54 Mbps. Los dos estándares operan en la banda de frecuencias de 5 GHz.

2.1.3. Redes de gran alcance inalámbricas (WWAN)

Las WWAN permiten la conexión de redes y usuarios de zonas geográficamente distantes. Podemos distinguir dos tipos:

- WWAN fijas, que utilizan radioenlace o satélite.
- WWAN móviles, que utilizan las compañías u otros servicios públicos en la transmisión y recepción de señales.

Sin ningún tipo de duda, las redes WWAN móviles (MWWAN) son las que han vivido una expansión más espectacular en los últimos años. Actualmente las MWWAN son el sistema de comunicación inalámbrico más utilizado, ya que es el que utilizan las operadoras de telefonía móvil y cuenta con más de 5.000 millones de usuarios en todo el mundo.

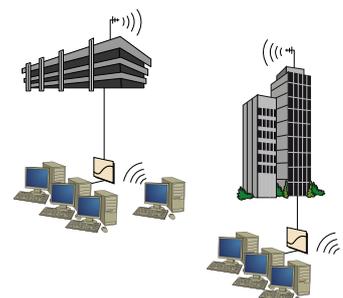
WWAN fijas (FWWAN)

Las redes WWAN fijas pueden utilizar dos tecnologías:

- **Radioenlace.** Utilizando radioenlaces se pueden conectar redes separadas geográficamente con diferentes bandas del espectro electromagnético (infrarrojos, microondas, láser, etc.), que pueden ser de punto a punto o de punto a multipunto.

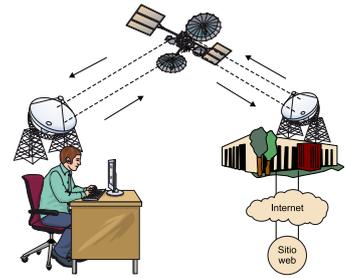
WWAN e IEEE

El grupo de trabajo 802.16 del IEEE define los estándares WWAN.



- **Satélite.** Las comunicaciones por satélite cubren una gran superficie de la Tierra, tienen un gran ancho de banda y el coste de la transmisión es independiente de la distancia; presentan el inconveniente de los retardos de propagación de la señal.

Actualmente, la mayor parte de las redes de satélite se utilizan para la difusión de televisión. El uso de estas redes para la transmisión de datos inalámbricas es muy limitado, dado que es necesario tener en cuenta los grandes gastos que conllevan en equipamiento, los problemas del retardo que se produce al propagarse la señal y el coste elevado por minuto de transmisión.



WWAN móvil (MWWAN)

En las redes MWWAN el terminal que envía y recibe la información está en movimiento. En estas redes normalmente hay muchos usuarios conectados simultáneamente (acceso múltiple) que utilizan los servicios.

Actualmente en Europa existen diferentes tecnologías de MWWAN, agrupadas por generaciones, donde las más destacadas son las cinco siguientes:

1) **2G (segunda generación).** Tecnología de segunda generación, utilizada para describir las redes móviles digitales, como las GSM, que sustituyeron a las redes móviles analógicas de primera generación. Básicamente estaban diseñadas para comunicaciones de voz, mensajería instantánea (SMS) y, esporádicamente, para transmisión de datos básicos que requieren muy poco ancho de banda. La generación abarca el sistema GSM:

- **GSM¹¹.** El Group Special Mobile fue el organismo que se encargó de la configuración técnica de una normativa de transmisión y recepción para la telefonía móvil. En Europa, las bandas de frecuencias ISM que se utilizan son 900 MHz y 1.800 MHz. Esta tecnología apareció en el año 1990 con una velocidad de transmisión de 9,6 kbps. GSM opera por comunicación de circuitos; esto quiere decir que existe una fase de establecimiento de la conexión que añade tiempo de espera y que la llamada siempre estará abierta, aunque no haya transferencia de datos, mientras no se cierre la conexión.

⁽¹¹⁾GSM: *global system for mobile communications.*

2) **2.5G (segunda generación y media).** Considerada una tecnología intermedia entre 2G y 3G basada en las actualizaciones tecnológicas de las redes móviles GSM para aumentar la velocidad de transmisión de datos y su eficacia. La generación abarca los sistemas GPRS y EDGE:

- **GPRS¹².** Es una técnica de conmutación de paquetes que empezó a utilizarse en el 2001 y que se integró con la estructura actual de redes GSM. Esta tecnología permite una velocidad de datos de entre 56 y 115 kbps. Sus ventajas son múltiples y se aplican fundamentalmente a las transmisiones de datos que requieren tráfico discontinuo, como por ejemplo Internet y

⁽¹²⁾GPRS: *general packet radio service.*

mensajería electrónica (SMS y MMS). Con esta tecnología, desaparece el concepto de tiempo de conexión y dejan paso al de cantidad de información transmitida, y se pasa de conmutación de circuitos a conmutación de paquetes. Los proveedores de servicio de telefonía móvil podrán facturar por los paquetes realmente enviados y recibidos. El ancho de banda podrá ser entregado a la carta, en función de las necesidades de la comunicación.

- **EDGE**¹³. También conocida como EGPRS (Enhanced GPRS), es una tecnología que apareció en el 2003 y considerada una evolución del GPRS. EDGE proporciona un ancho de banda superior a la de GPRS, entre 236 y 384 kbps, que permite ejecutar aplicaciones que requieren una mayor velocidad de transferencia de datos, como vídeo y otros servicios multimedia.

⁽¹³⁾EDGE: *enhanced data rates for gsm of evolution.*

3) 3G (tercera generación). Las tecnologías de 3G son la respuesta a la especificación IMT-2000 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) para disponer de banda ancha en telefonía móvil y transmitir un volumen de datos importante mediante la red. Con la tercera generación serán posibles las videoconferencias, descargar vídeos, ver televisión en tiempo real y poder realizar la mayoría de las operaciones desde el móvil. La generación abarca el sistema UMTS:

- **UMTS**¹⁴. El estándar UMTS está basado en la tecnología WCDMA. UMTS está gestionado por la organización 3GPP versión 4, también responsable de GSM, GPRS y EDGE. UMTS se comercializó por primera vez en el 2005 y su velocidad máxima de transmisión de datos es 1,92 Mbps.

⁽¹⁴⁾UMTS: *universal mobile telecommunications system.*

3GPP

El Third Generation Partnership Project (3GPP) se creó para conducir la preparación y el mantenimiento de una gama completa de especificaciones técnicas aplicables a un sistema móvil 3G basado en las redes GSM centrales evolucionadas.

4) 3.5G (tercera generación y media). De la misma manera que el 2.5G, es considerada una tecnología intermedia entre 3G y 4G, con el principal objetivo de aumentar considerablemente la velocidad de transmisión de datos por las necesidades actuales de los clientes consumidores. Es, por lo tanto, la evolución de 3G y se considera el paso previo de la cuarta generación 4G. La generación abarca los sistemas HSPA y HSDPA:

- **HSPA**¹⁵. Es la combinación de tecnologías posteriores y complementarias a 3G, como HSDPA o HSUPA. Teóricamente, admite velocidades de hasta 14,4 Mbps en bajada y hasta 2 Mbps en subida, dependiendo del estado o la saturación la red y de su implantación.

⁽¹⁵⁾HSPA: *high speed packet access.*

- **HSDPA**¹⁶. Es la optimización de la tecnología espectral UMTS/WCDMA, incluida en las especificaciones de 3GPP versión 5 y consiste en un nuevo canal compartido en el enlace descendente (*downlink*) que mejora significativamente la capacidad máxima de transferencia de información hasta llegar a tasas de 14,4 Mbps, soportando tasas de transmisión media próximas a 1 Mbps. Es totalmente compatible con UMTS y la mayoría de los proveedores UMTS dan soporte a esta tecnología.

⁽¹⁶⁾HSDPA: *high speed downlink packet access.*

WCDMS

En el *wideband code division multiple access* (WCDMS) –o acceso múltiple por división de código de banda ancha– los datos y la voz se transmiten en banda ancha, divididos en paquetes antes de la transmisión. Estos paquetes se reúnen en el terminal antes de presentar la información.

5) **4G (cuarta generación)**. El WWRF⁽¹⁷⁾ define 4G como una integración de red que funciona con la tecnología de Internet donde toda la red es IP, combinándola con otros usos y tecnologías, como WiFi y WiMAX. En estos momentos, 4G no es una tecnología o estándar definido, sino una colección de tecnologías y protocolos que permiten el máximo rendimiento y con una red inalámbrica más barata. 4G incluye técnicas inalámbricas de alto rendimiento, como MIMO⁽¹⁸⁾ y para el acceso radio abandona el acceso tipo CDMA característico de UMTS (3G) para pasar a OFDMA⁽¹⁹⁾ para optimizar el acceso. La generación abarca los sistemas LTE y WiMax:

- **LTE⁽²⁰⁾**. Es el estándar de la norma 3GPP versión 8, 9 y 10, definida como una evolución de la norma 3GPP UMTS (3G) y un nuevo concepto de arquitectura evolutiva (4G). LTE es la clave para el despegue de Internet móvil, ya que posibilita la transmisión de datos a más de 300 Mbps en movimiento, lo que permite la transmisión de vídeos o TV de alta definición.
- **WIMAX⁽²¹⁾**. Es una tecnología, entre WLAN y WWLAN, que permite hacer conexiones a grandes distancias, con grandes anchos de banda y sin necesitar línea de visión directa entre antenas. WiMAX cumple los estándares IEEE 802.16 y es compatible con otros estándares, como el IEE 802.11, para establecer sistemas de telecomunicaciones conjuntos.

(17) WWRF: Wireless World Research Forum.

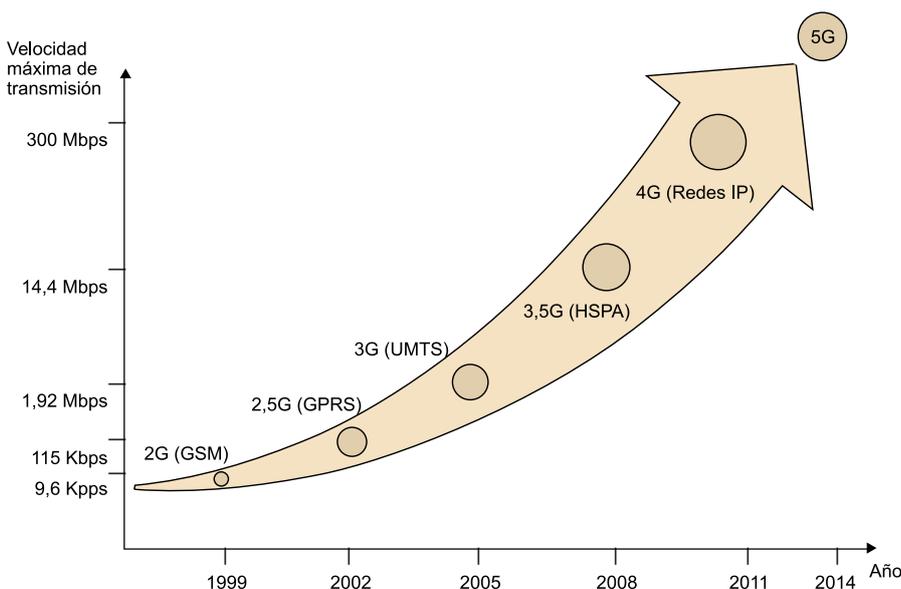
(18) MIMO: *multiple-input multiple-output*.

(19) OFDMA: *orthogonal frequency division multiple access*.

(20) LTE: *long term evolution*.

(21) WiMax: *worldwide interoperability for microwave access*.

Evolución de las tecnologías móviles MWWAN



2.2. Ventajas de las comunicaciones inalámbricas respecto a las tradicionales

A continuación, detallamos algunas de las ventajas que supone la utilización de la tecnología inalámbrica, respecto a la comunicación tradicional con cable:

- **Accesibilidad y flexibilidad.** Las comunicaciones inalámbricas llegan a lugares donde los cables no tienen acceso.
- **Coste.** Las comunicaciones inalámbricas nos ahorran el coste asociado a la instalación del cableado y los derivados de los cambios de entorno físico, que podrían ser todavía más importantes.
- **Movilidad.** Las comunicaciones inalámbricas permiten tener información en tiempo real y en cualquier lugar del mundo. Esta funcionalidad puede permitir a muchas empresas mejorar su productividad y sus posibilidades de negocio.
- **Comodidad.** El hecho de poder prescindir de los cables que conectan los dispositivos hace que con el uso de comunicaciones inalámbricas se adquiera una importante comodidad.

La importancia de la comodidad

Solo con los dispositivos de entrada y salida de un ordenador podemos encontrar hasta once conexiones: teclado, ratón, monitor, altavoces, micrófono, cable de red, módem, cámara digital, impresora, escáner y palanca de control (*joystick*). Si eso lo multiplicamos por el número de ordenadores que tiene una empresa, entenderemos mejor qué queremos decir al hablar de comodidad.

- **Escalabilidad.** Las comunicaciones sin cables se adaptan fácilmente a los cambios de topología de la red y, además, la reubicación de los terminales se facilita enormemente.

2.3. Limitaciones de las comunicaciones inalámbricas respecto a las tradicionales

Las limitaciones principales que podemos encontrar en las comunicaciones inalámbricas son las siguientes:

- **Consumo.** Los terminales móviles suelen trabajar con baterías que limitan la potencia de transmisión de los dispositivos, lo que repercute directamente en el alcance de las redes.
- **Capacidad de transferencia limitada.** El espectro electromagnético es un recurso limitado.

- **Calidad.** Las transferencias inalámbricas se ven sometidas a interferencias y ruidos.
- **Seguridad.** La utilización del espectro electromagnético como medio de comunicación implica que cualquier persona puede acceder a la información sin ningún tipo de limitación física.

3. Pasado, presente y futuro de las comunicaciones inalámbricas

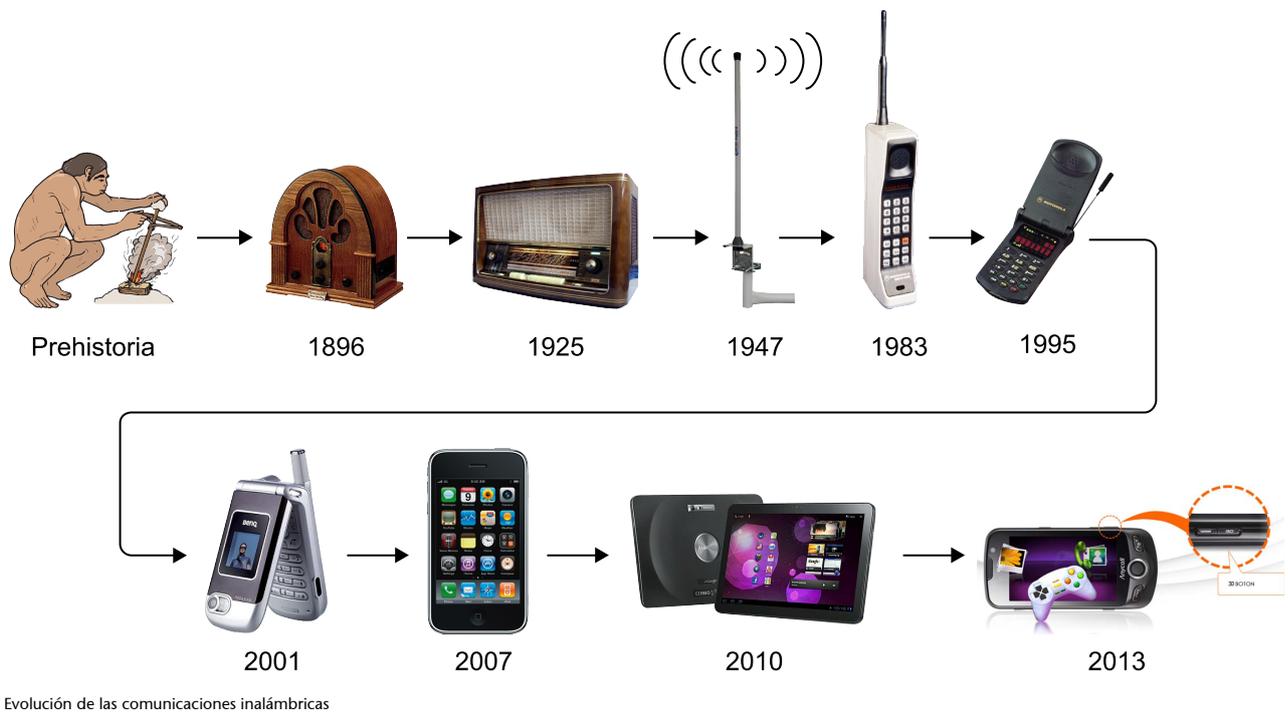
3.1. El pasado de las comunicaciones inalámbricas

Si nos remontamos a miles de años atrás, comprobaremos que nuestros antepasados ya utilizaban el humo como sistema de comunicación inalámbrico para largas distancias.

Evidentemente, no empezaremos nuestro repaso desde tan lejos; nos fijaremos en acontecimientos relacionados con la electricidad y la electrónica, que son los antecedentes que más nos interesan en relación con el tema que nos ocupa:

- En el año 1896 el italiano Guglielmo Marconi transmitió y recibió la primera señal de radio local en Italia.
- En el año 1924 la NBC estableció la primera red de radio con veinticuatro estaciones.
- En el año 1925 se realizó la primera demostración de televisión.
- Desde el año 1947 se hacían pruebas del servicio de telefonía móvil, pero hasta 1983 no se comercializó el primero.
- El origen de las WLAN se remonta al año 1979, cuando se publicaron los resultados de un experimento hecho por ingenieros de IBM que crearon una red local con infrarrojos en una fábrica.
- A principios de la década de los noventa, un consorcio de empresas de primera línea (IBM, Intel, Toshiba, Ericsson y Nokia) crearon la tecnología Bluetooth, que, posteriormente, el IEEE ha incorporado al estándar 802.15.1.
- En el año 1994 apareció el primer borrador del estándar IEEE 802.11.
- En el año 1995 Movistar y Airtel empezaban a operar sobre GSM en España; tres años más tarde, Amena se incorporó a esta tecnología.
- En el año 2001 se proporcionó servicio sobre GPRS en Europa.
- En el año 2002 se hizo el lanzamiento comercial de 3G (UMTS) en la mayoría de los países de Europa.

- Desde el 2005 las redes UMTS evolucionan a partir de las tecnologías HSPA con el principal objetivo de aumentar la velocidad de transmisión de datos.
- En el año 2006 apareció el primer borrador de 802.11n, que soportaba velocidades próximas a 600 Mbps.
- En el año 2011 aparece el estándar Bluetooth 4.0, que destaca por la reducción significativa del consumo de batería y por una velocidad de transmisión máxima superior a 300 Mbps.
- En el año 2012 se empiezan a hacer las primeras pruebas sobre 4G.



3.2. Presente y futuro de las comunicaciones inalámbricas

Las comunicaciones inalámbricas han tenido un crecimiento espectacular en los últimos años. En este momento hay más de cinco mil millones de contratos de comunicaciones móviles MWWLAN en todo el mundo; hecho que ha permitido un aumento muy significativo de las aplicaciones y servicios que se realizan a partir de este medio de comunicación, que está al alcance de la mayoría de las personas. La tecnología móvil es, con mucha diferencia, el sector de las tecnologías de la información y las comunicaciones que más cambios está viviendo en los últimos veinte años.

Paralelamente, los dispositivos móviles, como smartphone o tabletas, también se han beneficiado de este crecimiento y actualmente ya se pueden encontrar en el mercado una gran variedad de dispositivos móviles que permiten ejecutar y visualizar aplicaciones de altas prestaciones en red, como por ejemplo, televisión en alta definición y juegos 3D, que necesitan gran capacidad de cálculo.

De todas maneras es importante destacar que en estos momentos estamos en plena fase de evolución de esta tecnología de comunicación, ya que se espera que en el año 2020 haya alrededor de cincuenta mil contratos de comunicación móvil con unas prestaciones de ancho de banda de datos que puede llegar a 1Gbps, hecho que todavía disparará más las posibilidades de nuevas aplicaciones que permitirán generar un elevado volumen de negocio a partir de esta infraestructura.

En los últimos años, dos de las nuevas profesiones más demandadas son: el experto en tecnología móvil y el desarrollador de aplicaciones móviles. Estos profesionales tienen que ser capaces de construir aplicaciones móviles a medida, diseñar estrategias de negocio con una arquitectura móvil y garantizar la seguridad de la información entre los diferentes dispositivos.

Con respecto al desarrollo de aplicaciones móviles, actualmente existen dos tendencias. La primera requiere conocimientos de programación específicos dependiendo de la plataforma nativa del dispositivo móvil, por ejemplo, *Objective-C* para el iOS de iPhone, Java para Android o Java para BlackBerry. La segunda tendencia es programar en *HTML5*, que permite el desarrollo web multi-plataforma; es decir, que el mismo código de programación se puede utilizar en iOS de iPhone, Android o BlackBerry.

Resumen

Uno de los acontecimientos más importantes dentro de las tecnologías de la información de los últimos años ha sido la expansión de las comunicaciones inalámbricas como método de intercambio de información. Una de sus principales ventajas recae en la no dependencia de cableado, ya que el punto de entrada a la red de comunicaciones no se encuentra ligado a una ubicación física. El medio de transmisión ya está listo, sin que sea necesaria la creación de la infraestructura previa.

Poco a poco, esta tecnología ha ganado mucho protagonismo dentro de las posibilidades de realizar negocio, y han sido los servicios y las aplicaciones que se desarrollan sobre ellas los que han marcado el presente y determinarán también su futuro.

Actividades

1. Buscad información de las novedades de los diferentes grupos de trabajo del IEEE que se ocupan de la estandarización de las redes inalámbricas (IEEE 802.15, IEEE 802.11, IEEE 802.16).
2. Buscad información sobre qué tecnologías inalámbricas de las que hemos visto en este módulo están disponibles actualmente para las grandes operadoras de telefonía, y a qué velocidad se puede transmitir información mediante cada una de ellas.
3. ¿Qué servicios y qué aplicaciones pensáis que pueden llegar a ser un valor añadido gracias a utilizar las comunicaciones inalámbricas?

Glosario

3GPP3 (*third generation partnership project*) *m* Tecnología que se creó para conducir la preparación y el mantenimiento de una gama completa de especificaciones técnicas aplicables para un sistema móvil 3G basado en las redes GSM centrales evolucionadas.

bandas IMS (*industrial, scientific and medical bands*) *f pl* Bandas de frecuencias autorizadas por organismos internacionales en las que se tiene en cuenta que la potencia de estas frecuencias esté dentro de un margen no perjudicial para la salud.

Bluetooth *m* Tecnología inalámbrica de alcance muy limitado, normalmente no superior a 10 metros, que permite conectar dos dispositivos a una velocidad muy aceptable. Fue creado por un consorcio de empresas de primera línea, como IBM, Intel, Toshiba, Ericsson y Nokia.

DETC (*digital enhanced cordless telecommunications*) *f* Tecnología de área personal que se utiliza con frecuencia en los aparatos de telefonía inalámbrica de uso doméstico, que suelen operar con un rango no superior a 50 metros.

EDGE (*enhanced data rates for GSM of evolution*) *m* Tecnología que proporciona un ancho de banda superior a GPRS, entre 236 kbps y 384 kbps, que permite ejecutar aplicaciones que requieren una mayor velocidad de transferencia de datos, como vídeo y otros servicios multimedia.

espectro electromagnético *m* Rango de frecuencias de todas las ondas electromagnéticas que pueden propagarse a través del espacio libre, ordenadas según su longitud de onda y su frecuencia.

FCC (*Federal Communications Commission*) *f* Agencia federal de Estados Unidos responsable de regular la industria de telecomunicaciones, incluida la gestión de frecuencias y el desarrollo de reglas de utilización del espectro.

GSM (*global system for mobile communications*) *m* Estándar WWAN de segunda generación (2G) que permite la transmisión de voz, datos y mensajes cortos SMS (*short message system*).

GPRS (*general packet radio service*) *m* Estándar WWAN de generación 2.5 que utiliza la infraestructura de radio de GSM para alcanzar velocidades de transferencia de 115 Kbps. Permite servicios de pago en función de la cantidad de información enviada y, gracias a su tecnología de conmutación de paquetes, permite estar siempre conectado a los recursos de la Red.

HomeRF *m* Estándar de redes de área personal que permite la transferencia de datos y voz inalámbricamente; facilita la integración de dispositivos como el ordenador y la telefonía.

HSDPA (*high speed packet access*) *m* Optimización de la tecnología espectral UMTS/WCDMA, incluida en las especificaciones de 3GPP versión 5, que consiste en un nuevo canal compartido en el enlace descendente (*downlink*) que mejora significativamente la capacidad máxima de transferencia de información hasta llegar a tasas de 14,4 Mbps, soportando tasas de transmisión media próximas a 1 Mbps.

HSPA (*high speed downlink packet access*) *m* Combinación de tecnologías posteriores y complementarias de 3G, como HSDPA o HSUPA.

IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) *m* Asociación internacional de ingenieros, formada por más 300.000 miembros y más de 300 países, que regula los estándares de comunicación.

infrarrojo (IR) *m* Rango de frecuencias superiores a 300 GHz del espectro electromagnético, utilizadas en comunicaciones punto a punto de corto recorrido; son muy direccionables y no pueden atravesar obstáculos.

IrDa *f* Asociación de 160 compañías que se centran en elaborar estándares para comunicaciones inalámbricas por infrarrojos (IR).

ITU (*International Telecommunications Union*) *f* Órgano internacional responsable de gestionar las diferentes frecuencias del espectro electromagnético.

LTE (*long term evolution*) *m* Evolución de la norma 3GPP UMTS (3G) y un nuevo concepto de arquitectura evolutiva (4G).

microondas (MW) *f pl* Parte del espectro electromagnético de frecuencias superiores a 1 GHz e inferiores a 300 GHz, donde se encuentran muchas comunicaciones inalámbricas, entre otras las WLAN y las comunicaciones por satélite.

NFC (near field communication) *m* Tecnología que permite la transmisión de datos de una manera simple entre diferentes dispositivos mediante un enlace de radiofrecuencia en la banda ISM de 13,56 MHz.

radiofrecuencia (RF) *f* Parte del espectro electromagnético entre las frecuencias de 10 MHz y 300 MHz, donde se encuentran, entre otras, las señales de radio y televisión.

UMTS (universal mobile telephony system) *m* Estándar WWAN de tercera generación (3G) que permite la transmisión inalámbrica de servicios multimedia y acceso a Internet a alta velocidad.

WCDMA (wideband code division multiple access) *m* Tecnología en que los datos y la voz se transmiten en banda ancha, divididos en paquetes antes de la transmisión. Estos paquetes se reúnen en el terminal antes de presentar la información.

WiMAX (worldwide interoperability for microwave access) *m* Tecnología que permite hacer conexiones a grandes distancias, con grandes anchos de banda y sin necesitar línea de visión directa entre antenas.

WLAN (wireless local area networks) *m pl* Redes locales inalámbricas que permiten la transmisión de datos digitales inalámbricamente entre dispositivos (ordenadores, periféricos, etc.) fijos y/o móviles. Son un complemento y/o una alternativa a las redes locales con hilos. Tienen un alcance medio (centenares de metros) y han de poder operar con gran velocidad (comparable con las LAN con hilos), fiabilidad y seguridad. Tienen un coste superior a las WPAN.

WPAN (wireless personal area networks) *m pl* Redes personales inalámbricas que permiten que los dispositivos personales (teléfonos móviles, agendas electrónicas, accesorios, etc.) se comuniquen. Tienen un alcance limitado (pocos metros), de bajo coste y los dispositivos generalmente están dotados de baterías y gran movilidad.

WWAN (wireless wide area networks) *m pl* Redes de gran alcance inalámbricas que permiten la conexión de dispositivos geográficamente muy alejados. Los dispositivos pueden ser fijos (se utilizan radioenlaces o satélites) o móviles (redes GSM, GPRS o UMTS). Dado que tienen un gran alcance, puede haber muchos usuarios conectados a los servicios simultáneamente.

Zigbee *m* Tecnología que permite habilitar redes inalámbricas con capacidades de control y monitorización que sean seguras, de bajo consumo energético y de bajo coste de procesador, de manera bidireccional.

