

Medios de transmisión

1. Introducción

En un sistema de transmisión de datos, el medio de transmisión es el camino físico entre el emisor y el receptor.

El **medio de transmisión** lleva la información del emisor al receptor. Para transmitir datos se utilizan distintos tipos de cables u ondas. Los datos se transmiten normalmente a través de señales eléctricas o electromagnéticas.

Una señal eléctrica tiene forma de corriente. Una señal electromagnética es una serie de impulsos de energía electromagnética a varias frecuencias. Estas señales pueden transmitirse a través de cables de cobre, fibras ópticas, atmósfera, agua y vacío. Los medios de transmisión también se denominan **canales de comunicación**.

Criterios de selección de los medios de transmisión

Los distintos medios tienen propiedades diferentes, como el ancho de banda (*bandwidth*), el retardo (*delay*), el coste y la facilidad de instalación y mantenimiento. La capacidad de transmisión de datos de los distintos medios varía en función de varios factores. Estos factores son:

1. Tipo de medio (cableado o inalámbrico).
2. Flexibilidad. Para ampliar la red.
3. Ancho de banda. Se refiere a la capacidad de transporte de datos de un canal o medio. Los canales de comunicación con mayor ancho de banda admiten mayores velocidades de transmisión de datos.
4. Fiabilidad. La consistencia de los medios de transmisión (efecto de las condiciones meteorológicas).
5. Radiación. Se refiere a la fuga de señal del medio debido a características eléctricas indeseables del mismo.
6. Absorción de ruido. Se refiere a la susceptibilidad del medio al ruido eléctrico externo que puede causar distorsión de la señal de datos.
7. Atenuación. Se refiere a la pérdida de energía a medida que la señal se propaga hacia el exterior. La cantidad de energía perdida depende de la frecuencia.
8. Número de receptores. El número de usuarios a conectar.
9. Velocidad de transmisión.
10. Coste y facilidad de instalación.
11. Distancias, etc.

2. Tipos de medios de transmisión

Existen dos categorías de medios de transmisión utilizados en las comunicaciones informáticas.

- Medios guiados (por cable)
- Medios no guiados (medios inalámbricos)

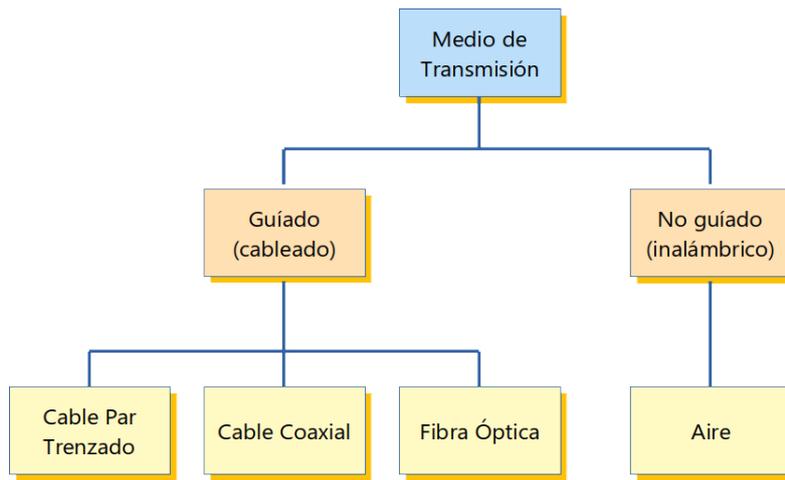


Fig. 01: Categorías de los medios de transmisión

2.1. Medios guiados (cableados)

En un medio de transmisión guiado, las señales se envían a través de un trayecto específico (sólido) mediante alambre o cable. Los medios guiados están formados por un **conductor de cobre** rodeado por una **cubierta / jacket (aislante)**. Los medios guiados se utilizan a alta velocidad, con buena seguridad y bajos requisitos de fundición. Los medios guiados se utilizan en la comunicación punto a punto.

Los medios guiados se dividen a su vez en tres tipos.

1. Cable de pares trenzados
2. Cable coaxial
3. Cable de fibra óptica

2.1.1. Cable de par trenzado / Twisted Pair cable

- Es el medio de transmisión guiado **menos caro** y **más utilizado**.
- Es **ligero, barato, se instala fácilmente** y admite muchos tipos de red.
- Un par trenzado consta de **dos hilos de cobre aislados** dispuestos en un patrón regular en **espiral**.
- Normalmente, varios de estos pares se agrupan en un cable envolviéndolos en una funda protectora resistente.
- En distancias más largas, los cables pueden contener cientos de pares.
- El par trenzado (TP) puede utilizarse para transmitir señales analógicas y digitales.
- Para las señales analógicas se necesitan amplificadores cada 5 ó 6 km. Para las señales digitales se necesitan repetidores cada 2 ó 3 kms.

¿Por qué retorcer un cable?



Fig 02: Tar trenzado

- **La torsión tiende a reducir las interferencias por diafonía** (EMI, *electromagnetic interference*) entre pares adyacentes de un cable.
- Los pares vecinos de un haz suelen tener longitudes de torsión algo diferentes para reducir las interferencias por diafonía.
- En los enlaces de larga distancia, la longitud de torsión suele variar entre 5 y 15 mm.

Aplicación

1. Es el medio más utilizado de n/n telefónico.
2. En el sistema telefónico los aparatos telefónicos residenciales individuales se conectan a la central telefónica local o a la oficina final mediante cable de par trenzado.
3. El par trenzado es también el medio más utilizado para la señalización digital de las conexiones a un conmutador de datos digital.
4. También se utiliza habitualmente dentro de un edificio para LAN.

Existen dos tipos de par trenzado:

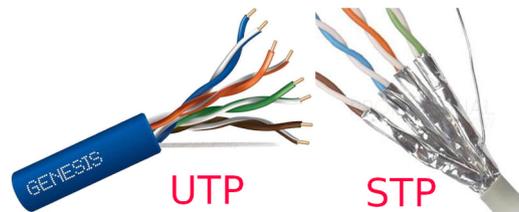


Fig. 03: Cables UTP y STP

1. Par trenzado no apantallado (UTP, *Unshielded Twisted Pair*)

- Suele estar formado por dos hilos de cobre envueltos en un aislamiento de plástico individual.
- Los cables UTP son el medio de telecomunicación más común.
- La gama de frecuencias de los cables de par trenzado permite la transmisión tanto de voz como de datos.
- Los cables UTP constan de 2 ó 4 pares de cable trenzado. Los cables de 2 pares utilizan el conector **RJ-11** y los de 4 pares el conector **RJ-45**.



Conectores RJ11 y RJ45

Existen cinco categorías de UTP

- **Categoría 1:** Se utilizan originalmente sólo para comunicaciones de voz y sólo admiten velocidades de datos bajas.
- **Categoría 2:** Adecuado para voz y datos proporciona una velocidad de hasta 4 mbps. No puede utilizarse para comunicaciones de datos de alta velocidad. Las redes inalámbricas más antiguas utilizan esta categoría.
- **Categoría 3:** Adecuada para la mayoría de los PCs n/w, soporta velocidades de hasta 16mbps, actualmente la mayoría de los teléfonos n/w la utilizan.

- **Categoría 4:** Ofrece una velocidad de datos de hasta 20Mbps.
- **Categoría 5:** Ofrece una velocidad de datos de 100 Mbps. Puede utilizarse para Ethernet rápida. Requiere más aislamiento y más torsión por pie. Requiere equipos compatibles.

Ventajas

- Fácil instalación
- Flexible
- Barato
- Tiene gran capacidad de velocidad
- Límite de 100 metros
- Los grados superiores de UTP se utilizan en tecnologías LAN como Ethernet.

Desventajas

- El ancho de banda es bajo en comparación con el cable coaxial
- Proporciona menos protección contra las interferencias (EMI).

2. Par trenzado apantallado (STP, Shielded twisted pair)

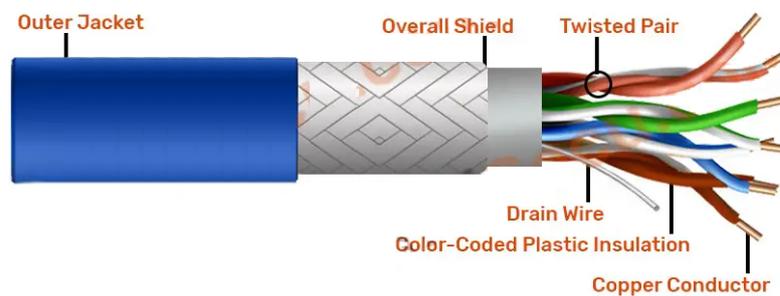


Fig. 05: Cable STP

- La única diferencia entre STP y UTP es que los cables STP tienen un apantallamiento normalmente de aluminio o material de poliéster entre la cubierta exterior y el cable.
- El apantallamiento hace que el STP sea menos vulnerable a la EMI, porque el apantallamiento está conectado eléctricamente a tierra.
- La malla metálica alrededor de los hilos aislados elimina la diafonía (*crosstalk*).
- La diafonía se produce cuando una línea capta parte de las señales que viajan por otra línea.

Ventajas

- Fácil de instalar
- Rendimiento adecuado
- Puede utilizarse para transmisión analógica o digital
- Aumenta la velocidad de señalización
- Mayor capacidad que el par trenzado no apantallado
- Elimina la diafonía

Desventajas

- Difícil de fabricar
- Pesado
- Más caro que el UTP

Diferencia UTP vs STP

Factor	UTP	STP
Bandwidth	1 - 155 MBps	1 - 155 MBps
Capacidad de nodos por segmento	2	2
Atenuación	Alta	Baja
EMI	Muy alta	Alta
Instalación	Fácil	Bastante sencillo
Costo	Bajo	Moderado

2.1.2. Cable coaxial

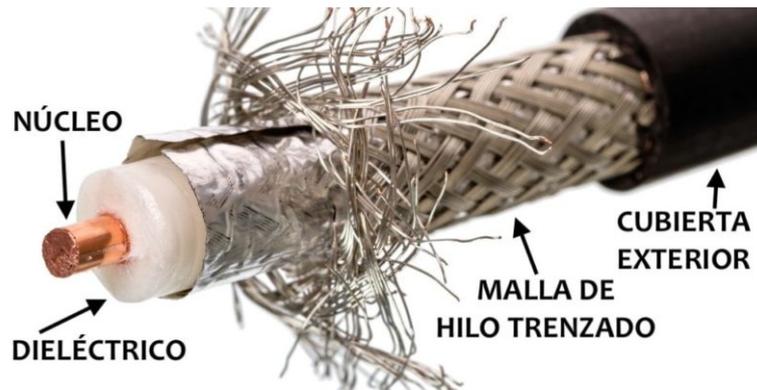


Fig. 06: Cable Coaxial

- El nombre coaxial se debe a que contiene dos conductores que son paralelos entre sí y comparten un eje común.
- El conductor interior es de cobre y está rodeado por un aislamiento de PVC.
- El conductor exterior es de lámina metálica, malla o ambos.
- El conductor metálico exterior se utiliza como pantalla contra el ruido.
- El conductor exterior también está envuelto en una funda aislante.
- La parte más externa es la cubierta de plástico que protege todo el cable.
- El cable coaxial es mucho menos susceptible a interferencias y diafonía que el par trenzado.
- El cable coaxial se utiliza para transmitir señales analógicas y digitales.

Aplicación

El cable coaxial se utiliza en una gran variedad de aplicaciones. Las más importantes son:

1. **Distribución de TV:** El cable coaxial se está extendiendo rápidamente como medio de distribución de señales de televisión a los hogares -televisión por cable-. Un sistema de TV por cable puede transportar docenas o incluso cientos de canales de TV a distancias de hasta unas decenas de kilómetros.
2. **Transmisión telefónica de larga distancia:** El cable coaxial ha sido tradicionalmente una parte importante de las redes telefónicas de larga distancia. Utilizando FDM (multiplicación por división de frecuencia), un cable coaxial puede transportar más de 10.000 canales de voz simultáneamente.
3. **Enlaces de comunicación de corta distancia:** El cable coaxial también se utiliza habitualmente para conexiones de corto alcance entre dispositivos.
Por ejemplo, se puede utilizar para proporcionar canales de E/S de alta velocidad para un sistema de PC.
4. **LAN:** El cable coaxial puede soportar un gran número de dispositivos con una variedad de datos y tipos de tráfico a una distancia que cubre un solo edificio o un complejo de edificios.

Los cables coaxiales utilizados normalmente para la transmisión de datos son de dos tipos.

- **10 base 2 thin net:** La capacidad de nodos por segmento para 10 base 2 es de 30.
- **10 base 2 thick net:** La capacidad por nodo para 10 base 5 es de 100.

Existen dos tipos de cables coaxiales:

1. **BaseBand:** Se trata de un cable coaxial de 50 ohmios (Ω) que se utiliza para la transmisión digital. Se utiliza sobre todo para redes LAN. La banda base transmite una sola señal a la vez a muy alta velocidad. El mayor inconveniente es que necesita amplificación cada 300 metros.
2. **Banda ancha:** Utiliza transmisión analógica en cableado estándar de televisión por cable. Transmite varias señales simultáneas utilizando diferentes frecuencias. Cubre una gran área en comparación con el cable coaxial de banda base.

Ventajas

- El ancho de banda es elevado.
- Se utiliza en líneas telefónicas de larga distancia.
- Transmite señales digitales a una velocidad muy alta de 10Mbps.
- Inmunidad al ruido mucho mayor.
- Transmisión de datos sin distorsión.
- Pueden abarcar distancias más largas a velocidades más altas, ya que tienen un mejor apantallamiento que el cable de par trenzado.

Desventajas:

- El fallo de un solo cable puede hacer fallar toda la red.
- Difícil de instalar y caro en comparación con el par trenzado.
- Si el apantallamiento es imperfecto, puede provocar un bucle a tierra.

2.1.3. Fibra óptica o fibra óptica

- Un cable de fibra óptica está hecho de vidrio o plástico y transmite señales en forma de luz.
- Un pulso de luz puede utilizarse para señalar un bit uno (1).
- La ausencia de pulso señala un cero (0).
- El ancho de banda de un sistema de transmisión óptica es potencialmente enorme.

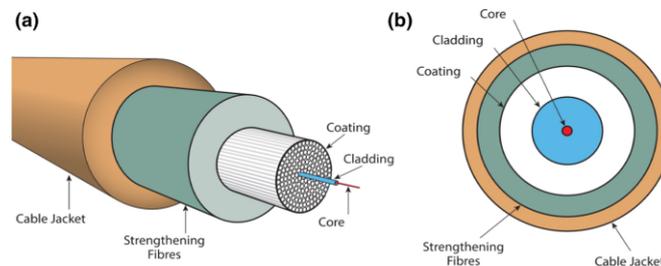


Fig. 07: Cable de fibra óptica

Una fibra óptica tiene forma cilíndrica y consta de 3 secciones concéntricas

1. **Núcleo / Core:** Es la sección más interna, está hecha de vidrio o plástico y está rodeada por su propio revestimiento. El diámetro del núcleo oscila entre **8 y 50 μm** .
2. **Revestimiento / Cladding** Revestimiento de vidrio o plástico con propiedades ópticas distintas de las del núcleo y un diámetro de **125 μm** . El revestimiento actúa como **reflector de la luz** que, de otro modo, escaparía del núcleo.

3. **Cubierta / Jacket** La capa más externa que rodea a la fibra caddiada es la cubierta. Está compuesta por una capa de plástico u otro material para protegerla de la humedad, los cortes, el aplastamiento y otros peligros ambientales.

Comunicación por fibra óptica

- Un transmisor (fuente de luz) en el extremo emisor envía luz a través de la fibra.
- Un receptor en el otro extremo utiliza un transistor sensible a la luz para detectar la ausencia o presencia de luz para indicar 0 o 1.

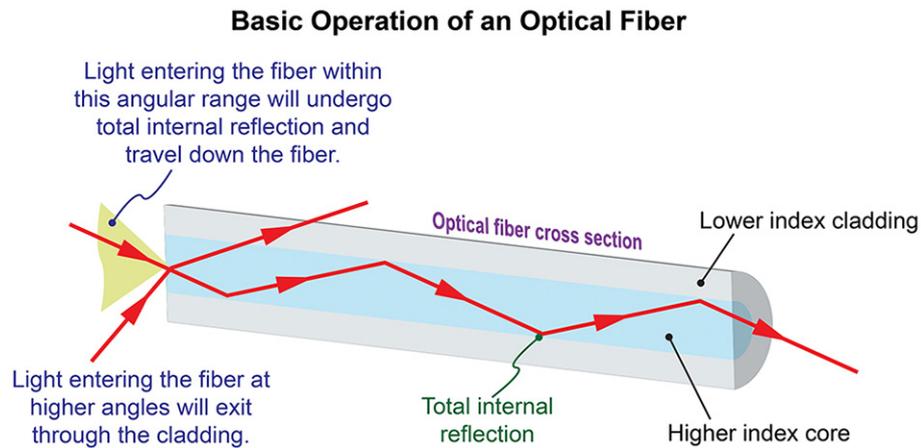


Fig. 08: Operación básica en una fibra óptica

- El medio de transmisión es una fibra de vidrio ultrafina.
- La luz entra en el núcleo cilíndrico de vidrio o plástico en pequeños ángulos, se refleja y se propaga a lo largo de la fibra.
- El detector genera un impulso eléctrico cuando la luz incide sobre él.

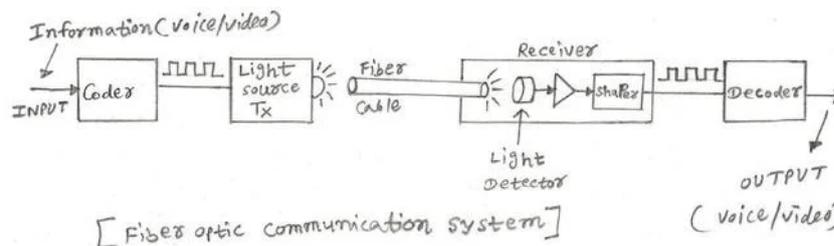


Fig. 09: Comunicación OFC

En los sistemas de fibra óptica se utilizan **dos tipos diferentes de fuentes de luz**:

- El diodo emisor de luz (LED)
- El diodo láser de inyección (ILD)

Ambos son dispositivos semiconductores que emiten un haz de luz cuando se aplica tensión. El Led es menos costoso que el ILD. El ILD funciona según el principio del láser, es más eficaz y puede soportar una mayor velocidad de transmisión de datos.

Tipos de modos de propagación de la fibra

- La fibra óptica puede ser multimodo o monomodo.

- Las fibras monomodo permiten un único paso de luz y se utilizan con señalización láser. Las fibras monomodo permiten un mayor ancho de banda y mayor longitud de cable que las multimodo, pero son más caras.
- Las fibras multimodo utilizan múltiples pases de luz las características físicas de la fibra multimodo hacen que todas las partes de la señal lleguen al mismo tiempo apareciendo al receptor como si fueran un solo pulso.

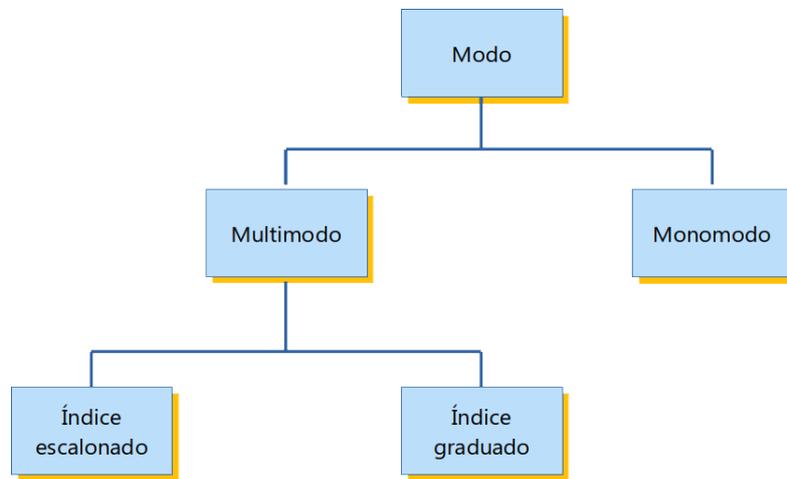


Fig. 10: Fibra multimodo y monomodo

1. **Fibra multimodo de índice escalonado:** las paredes reflectantes de la fibra desplazan los pulsos de luz hasta el receptor
2. **Fibra multimodo de índice graduado:** actúa refractando la luz hacia el centro de la fibra por variaciones en la densidad
3. **Fibra monomodo:** la luz es guiada hacia el centro de un núcleo extremadamente estrecho

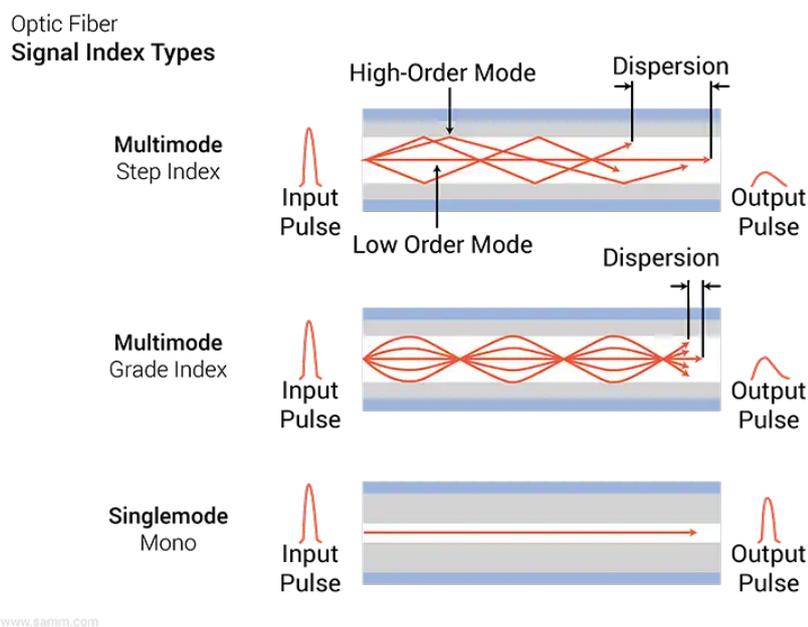


Fig. 11: Tipos de señales en la fibra óptica

Ventajas:

- Proporciona una transmisión de señales de alta calidad a muy alta velocidad (ancho de banda de 2 Gbps).
- No se ven afectadas por interferencias electromagnéticas, por lo que el ruido y la distorsión son muy reducidos.
- **Alta seguridad** gracias a la dificultad de escucha y a la ausencia de radiación de la señal.
- Se utiliza tanto para señales analógicas como digitales.
- **Menor tamaño y peso ligero**
- **Menor atenuación**

Desventajas:

- Es caro
- Difícil de instalar. Requiere **instaladores altamente cualificados**
- El mantenimiento es caro y difícil.
- No permite el encaminamiento completo de las señales luminosas.

Aplicaciones

- Teléfonos, incluidos los inalámbricos celulares
- Internet
- LAN - redes de área local
- CATV - para conexiones de vídeo, voz e Internet
- Servicios públicos: gestión de la red eléctrica
- Seguridad: circuito cerrado de televisión y sensores de intrusión.
- Transporte: luces y carreteras inteligentes
- Militar: ¡en todas partes!

Características de los medios de cableado

Factor	UTP	STP	Coaxial	Fibra óptica
Coste	Bajo	Moderado	Moderado	Máximo
Instalación	Fácil	Bastante fácil	Bastante fácil	Difícil
Velocidad de transmisión	De 1 a 155 mbps	De 1 a 155 mbps	500 mbps	2 GBPS
Capacidad de los nodos	2	2	30 - 100	2
Atenuación	Alta (centenares de metros)	Alta (centenares de metros)	Baja (alcance de pocos km)	Mínima (10 Km)
EMI	Más vulnerable	Menos vulnerable que UTP	Menos vulnerable que UTP	No afectado por EMI
Ancho de banda	Bajo	Moderado	Moderadamente alto	Muy alto
Señales	Eléctrico	Eléctrico	Eléctrico	Luz

2.2. Medios no guiados

- Los medios no guiados transmiten ondas electromagnéticas sin utilizar un conductor físico.
- También se denomina *comunicación inalámbrica*.
- Las señales se emiten normalmente a través del espacio libre y, por tanto, están disponibles para cualquiera que disponga de un dispositivo capaz de recibirlas.

Espectro Electromagnético (Banda de Comunicación / Communication Band)

El espectro electromagnético se utiliza para la comunicación inalámbrica. Se divide en varias subbandas.

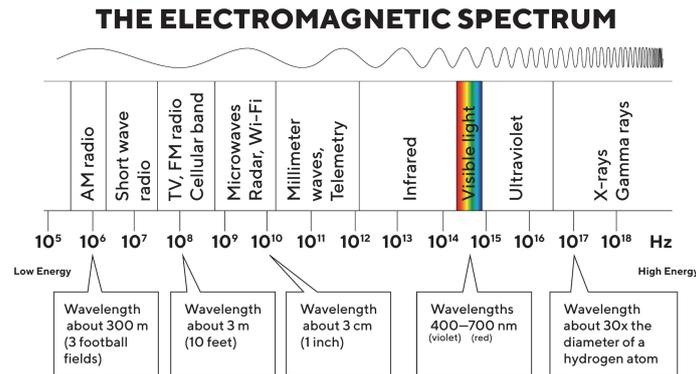
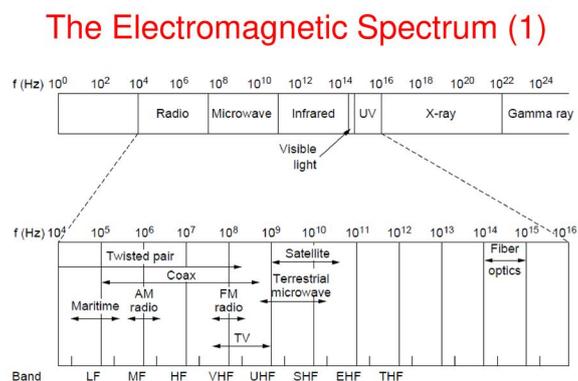


Fig. 12: Espectro electromagnético



The electromagnetic spectrum and its uses for communication

Computer Networks, Fifth Edition by Andrew Tanenbaum and David Wetherall, © Pearson Education-Prentice Hall, 2011

Fig. 13: Usos del espectro electromagnético

La siguiente tabla muestra la segmentación del espectro electromagnético.

Banda	Alcance	Propagación	Aplicación
VLF (Very Low Frequency)	3 - 30 kHz	Tierra	Radionavegación de largo alcance
LF (Low Frequency)	30 - 300 kHz	Tierra	Radiobalizas y localizadores de navegación
MF (Middle Frequency)	300 kHz - 3 MHz	Cielo	Radio AM
HF (High Frequency)	3 - 30 MHz	Cielo	Banda ciudadana (CB), Comunicación buque / aeronaves
VHF (Very High Frequency)	30 - 300 MHz	Cielo y la línea de visión	TV VHF, radio FM
UHF (Ultra High Frequency)	300 MHz - 3 GHz	Línea de visión	TV UHF, teléfonos móviles, buscapersonas (beeper), satélite
SHF (Super High Frequency)	3-30 GHz	Línea de visión	Comunicación satelital
EHF (Extremely High Frequency)	30-300 GHz	Línea de visión	Radar, satélite

Métodos de propagación

Las señales no guiadas pueden viajar de la fuente al destino de varias maneras:

■ Propagación terrestre / Tierra

- Las ondas de radio **viajan cerca a la Tierra**.
- Estas **señales de baja frecuencia** avanzan en todas direcciones desde la antena emisora y **siguen la curvatura del planeta**.
- La **distancia** depende de la cantidad de **potencia de la señal** A mayor potencia, mayor distancia.

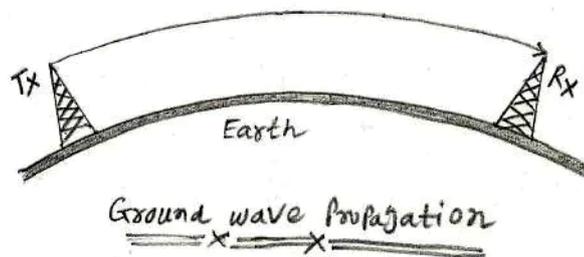


Fig. 14: Propagación terrestre

■ Propagación aérea

- En este modo, las **ondas de radio de alta frecuencia** irradian hacia arriba, hacia la ionosfera, donde **se reflejan de vuelta a la Tierra**.
- La ionosfera es la capa de la atmósfera donde **las partículas existen en forma de iones**.
- Este tipo de transmisión permite **mayores distancias con menor potencia de salida**.

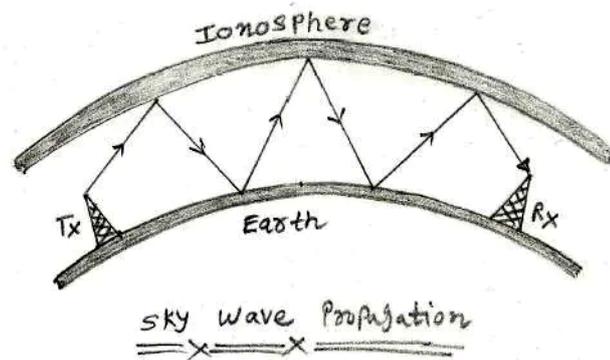


Fig. 15: Propagación aérea

■ Propagación en la línea de visión directa

- En este modo, las señales de **muy alta frecuencia** se transmiten en **línea recta directamente de antena a antena**.
- Las antenas deben ser **direccionales**, estar enfrentadas y ser lo suficientemente altas.
- La propagación en línea de visión directa es **complicada** porque las transmisiones de radio no pueden enfocarse completamente.

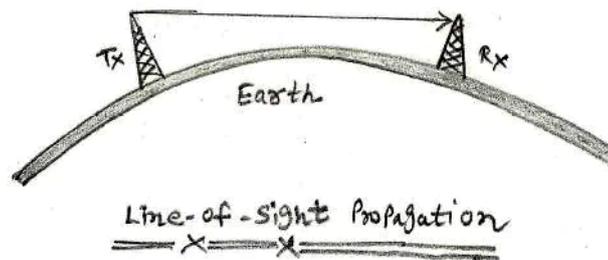


Fig. 16: Propagación línea de vista

Clasificación de los medios inalámbricos

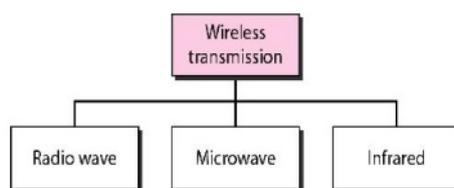


Fig. 17: Transmisión inalámbrica

La comunicación inalámbrica puede ser por

1. Transmisión por ondas de radio / radiofrecuencia

- Las ondas electromagnéticas cuya frecuencia oscila entre **3 kHz y 1 GHz** se denominan normalmente **ondas de radio**.
- Las ondas de radio son **omnidireccionales**, es decir, **se propagan en todas direcciones**.
- Una antena emisora envía ondas que pueden ser recibidas por **cualquier antena receptora**.
- Las ondas de radio, sobre todo **las de frecuencias bajas y medias**, pueden **atravesar las paredes**.
- Es una ventaja porque una radio AM **puede recibir señales dentro de un edificio**.

- Es una desventaja porque **no podemos aislar una comunicación** sólo dentro o fuera de un edificio.



Fig. 18: Antena omnidireccional Antena omnidireccional

Aplicaciones

Las características omnidireccionales de las ondas de radio las hacen útiles para la multidifusión, en la que hay un emisor pero muchos receptores.

- Radio AM y FM
- Televisión
- Radio marítima
- Teléfonos inalámbricos y buscapersonas

2. Transmisión por microondas

- Las ondas electromagnéticas con frecuencias comprendidas entre **1 GHz y 300 GHz** se denominan microondas.
- Las microondas son **unidireccionales**.
- Cuando una antena transmite ondas de microondas, éstas **pueden enfocarse de forma estrecha**.
- Esto significa que **las antenas emisora y receptora deben estar alineadas**.
- La propiedad unidireccional tiene una ventaja evidente: **Un par de antenas puede alinearse sin interferir con otro par de antenas alineadas**.
- Las microondas utilizan la **transmisión en la línea de visión**.
- Esto significa que las microondas deben transmitirse en línea recta y sin obstrucciones, como edificios o montañas, entre las estaciones de microondas.
- Para evitar posibles obstrucciones, las antenas de microondas suelen colocarse en lo alto de edificios, torres o montañas.

La transmisión por microondas se divide en dos tipos

a) Microondas terrestres

- Se utiliza para el **servicio telefónico de larga distancia**.
- Utiliza el espectro de radiofrecuencias, de **2 a 40 GHz**.
- Transmisor de disco parabólico, montado a gran altura.
- Requiere una línea de visión sin obstáculos entre la fuente y el receptor.
- La curvatura de la tierra requiere estaciones repetidoras a 30 millas de distancia

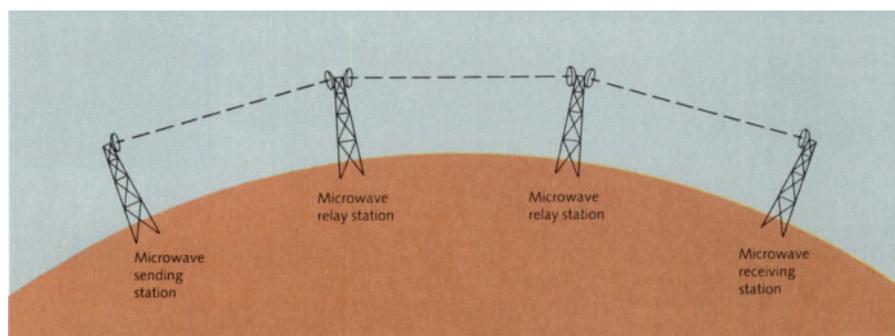


Fig. 19: Microondas terrestres

Ventajas

- El efecto del ruido se reduce gracias a los repetidores.
- El mantenimiento es menor en comparación con el cable.
- No hay interferencias con otros canales de transmisión.

Inconvenientes

- La comunicación puede verse afectada por fenómenos atmosféricos, el paso de aviones y la lluvia.
- Requiere línea de visión directa.
- Torres y repetidores caros.

Aplicaciones

- Servicio de telecomunicaciones de larga distancia
 - requiere menos amplificadores o repetidores que el cable coaxial
 - Ejemplo: sistema telefónico, distribución de TV
- Enlaces cortos punto a punto
 - Enlace de datos entre redes de área local
 - Circuito cerrado de TV
- Pasando por n/w:- Las microondas también pueden utilizarse para aplicaciones de derivación (*bypass*). Una empresa puede establecer un enlace de microondas con una instalación de telecomunicaciones de larga distancia en la misma ciudad, pasando por la compañía telefónica local.

b) Microondas por satélite

- Un satélite de comunicaciones actúa como una estación de microondas.
- Se utiliza para enlazar dos o más transmisores o receptores de microondas de ondas terrestres conocidos como estaciones terrenas.
- El satélite recibe la transmisión en una banda de frecuencia (enlace ascendente), amplifica o repite la señal y la transmite en otra frecuencia (enlace descendente).
- Un único satélite en órbita operará en un número de bandas de frecuencia denominadas canales de transpondedor o simplemente transpondedor.

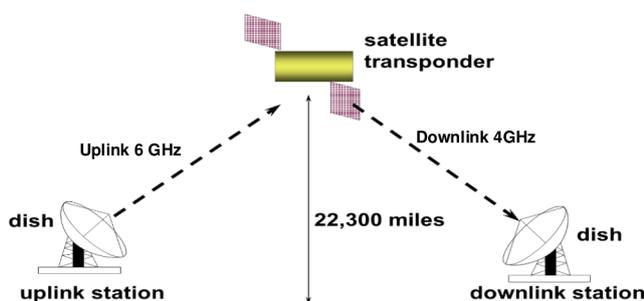


Fig. 20: Microondas por satélite

- En la figura, el satélite se utiliza para proporcionar un enlace punto a punto entre dos antenas terrestres distantes.
- La señal, un haz de microondas moduladas, se envía hacia el satélite llamado **UPLINK (6 Ghz)**.
- A continuación, el satélite procesa la señal y la devuelve a la antena receptora situada en la superficie terrestre, denominada **DOWNLINK (4Ghz)**.
- El satélite tiene que **recibir, procesar y transmitir** la señal.
- Una unidad llamada **transpondedor de satélite** realiza todas estas funciones.
- El satélite de comunicaciones tiene dos conjuntos de transpondedores.
- Cada conjunto tiene **12 transpondedores**.
- Cada transpondedor tiene un ancho de banda de **36 MHz**.

Tipos de satélites según su finalidad

- Satélite de comunicaciones
- Satélite meteorológico
- Satélite de teledetección

- Satélite científico

Órbita terrestre geostacionaria (GEO)

- Estos satélites están en órbita a 35.863 km sobre la superficie terrestre a lo largo del ecuador.
- Los objetos en órbita geostacionaria giran alrededor de la Tierra a la misma velocidad a la que ésta gira.
- Esto significa que los satélites GEO permanecen en la misma posición con respecto a la superficie terrestre.

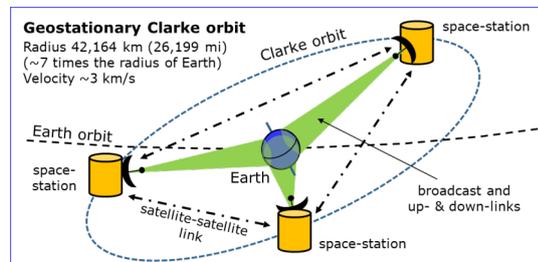


Fig. 21: Satélites geostacionarios

Principales bandas de transmisión de los satélites

- **Banda C**
4(enlace descendente) - 6(enlace ascendente) GHz
la primera en ser designada
- **Banda Ku**
12(enlace descendente) - 14(enlace ascendente) GHz
el principal problema son las interferencias causadas por la lluvia
- **Banda Ka**
19(enlace descendente) - 29(enlace ascendente) GHz
el equipo necesario para utilizar la banda sigue siendo muy caro

Aplicación

- Distribución de **televisión**
 - Una red proporciona programación desde una ubicación central
 - Satélite de difusión directa (DBS)
- Transmisión telefónica de larga distancia
 - Troncales internacionales de alto consumo
- Redes empresariales privadas
- Aplicaciones militares
- Otras aplicaciones
 - Cine digital
 - Radio por satélite
 - Acceso a Internet por satélite

3. Infrarrojos

- Ondas infrarrojas, con frecuencias de **300 GHz a 400 THz** (longitudes de onda de 1 mm a 770 nm),
- Se utilizan para la comunicación de **corto alcance**.
- La comunicación por infrarrojos se consigue utilizando transmisores/receptores (Transceptores / Transceivers) que modulan luz infrarroja no coherente.
- Los transceptores deben estar en línea de visión entre sí, ya sea directamente o a través de la reflexión de una superficie de color claro, como el sellado de la habitación.
- Una diferencia importante entre la transmisión por infrarrojos y por microondas es que no atraviesan las paredes.
- Los mandos a distancia de televisores (control remoto), videograbadoras y equipos de música utilizan comunicación por infrarrojos.

- Son relativamente direccionales, baratas y fáciles de construir.

Aplicaciones

- Mando a distancia de televisión
- Guiado en sistemas de armas
- Teclados y ratones inalámbricos.

Métodos de acceso múltiple

En las comunicaciones inalámbricas, es necesario utilizar bandas de frecuencia limitadas al mismo tiempo, permitiendo que varios usuarios compartan el canal de radio simultáneamente.

- El sistema utiliza una frecuencia portadora diferente - sistema FDMA.
- El sistema utiliza un tiempo distinto - sistema TDMA.
- El sistema utiliza un código diferente - sistema CDMA.

Acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA)

- Más sencillo
- El más adecuado para enlaces analógicos.
- Cada estación tiene su propia banda de frecuencia, separada por bandas de guarda.
- Los receptores sintonizan la frecuencia adecuada.

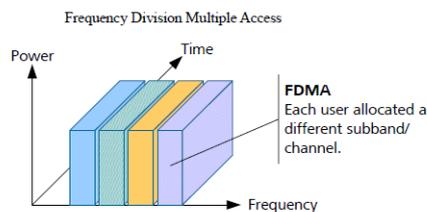


Fig. 22: Acceso múltiple por división de frecuencia

Acceso múltiple por división de tiempo (TDMA)

- Todas las estaciones transmiten datos en la misma frecuencia, pero en momentos diferentes.
- Necesita sincronización horaria

Ventajas

- Los usuarios pueden recibir diferentes cantidades de ancho de banda
- Los móviles pueden utilizar los tiempos de inactividad para determinar la mejor estación base
- Pueden desconectar la alimentación cuando no transmiten

Contras

- Sobrecarga de sincronización
- Mayores problemas con las interferencias multitrajecto en los enlaces inalámbricos

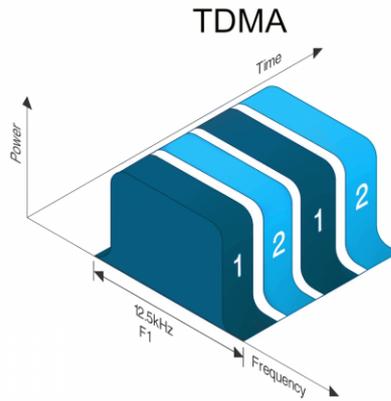


Fig. 23: Acceso múltiple por división de tiempo

Acceso múltiple por división de código (CDMA)

- Usuarios separados por tiempo y frecuencia
- Enviar a una frecuencia diferente en cada intervalo de tiempo (salto de frecuencia)
- Convertir un solo bit en un código (secuencia directa). El receptor puede descifrar el bit mediante el proceso inverso

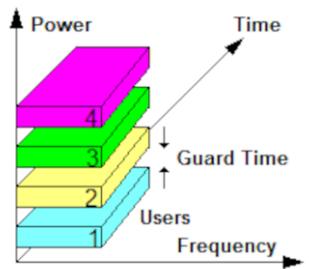


Fig. 24: Acceso múltiple por división de código

Ventajas

- Difícil de espiar
- Inmune al ruido de banda estrecha
- No es necesario que todas las estaciones estén sincronizadas
- No hay límite duro en la capacidad de una célula
- Todas las células pueden utilizar todas las frecuencias

Contras

- Complejidad de implementación
- Necesidad de control de potencia para evitar la captura
- Necesidad de una banda de frecuencias contigua amplia (para secuencia directa)
- Problemas de instalación sobre el terreno

2.3. Últimas tecnologías en redes inalámbricas: Arquitectura Bluetooth, Wi-Fi, Wi-Max

2.3.1. Arquitectura Bluetooth

- Debe su nombre al rey danés Harold Bluetooth.

- Bluetooth fue el primero en conectarse, varios dispositivos como teléfonos móviles, PDA, auriculares, teclados, ratones, equipos médicos e incluso coches vienen ahora con esta característica.
- Debido a su bajo coste, los fabricantes están dispuestos a implantar esta tecnología en la mayoría de los dispositivos.
- Utiliza el rango de radio de 2,45 GHz
- El ancho de banda máximo teórico es de 1 Mb/s
- Está diseñado para comunicaciones de corto alcance, con un alcance de unos 10 m.
- Como resultado, consume menos energía y es adecuado para dispositivos con baterías muy pequeñas y dispositivos portátiles.
- Se eliminan los problemas asociados cuando los dispositivos se comunican por infrarrojos o cables.
- Los infrarrojos requieren una línea de visión, el bluetooth sólo necesita estar en una proximidad razonable.
- Al no necesitar cables, sería menos engorroso llevar un dispositivo bluetooth personal y el espacio estaría menos desordenado.
- Como los dispositivos bluetooth se comunican automáticamente entre sí, requiere muy poco del usuario.
- Gracias a su corto alcance, Bluetooth permite crear una red inalámbrica de área personal (PAN).

Piconet

- Red de dispositivos conectados ad hoc mediante tecnología Bluetooth.
- Una piconet se forma cuando se conectan al menos dos dispositivos, como un PC portátil y un teléfono móvil. Una piconet puede soportar hasta ocho dispositivos.
- Cuando se forma una piconet, un dispositivo actúa como maestro mientras que los demás actúan como esclavos mientras dura la conexión de la piconet.
- Una piconet se denomina a veces PAN.
- “Piconet” es una combinación del prefijo “pico”, que significa muy pequeño o una trillonésima parte, y red (*net*).

Scatternet

- Grupo de piconets independientes y no sincronizadas que comparten al menos un dispositivo Bluetooth común.
- Los dispositivos Bluetooth deben tener capacidad punto a multipunto para participar en la comunicación scatternet.

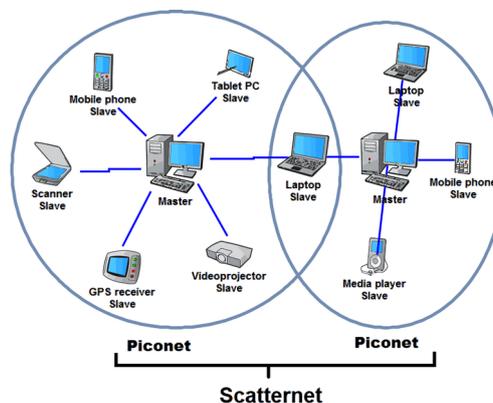


Fig. 25: Scatternet

2.3.2. Wi-Fi

- Wi-Fi o Wireless Fidelity (fidelidad inalámbrica) tiene un alcance de unos 100 m y permite una mayor velocidad de transferencia de datos, entre 10 y 54 Mbps.
- Existen tres estándares inalámbricos diferentes en Wi-Fi: 802.11a, 802.11b y 802.11g.
- 802.11 es el estándar inalámbrico establecido por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE).
- Wi-Fi se utiliza para crear redes de área local inalámbricas (WLAN).
- El estándar más utilizado es el 802.11b y se espera que el 802.11g crezca rápidamente.
- Estas dos normas son relativamente baratas y pueden encontrarse en aeropuertos, estaciones de tren, cafeterías, bares, restaurantes y otras zonas públicas.
- La principal diferencia entre ambos es la velocidad. 802.11b tiene una velocidad de transferencia de datos de hasta 11 Mbps y 802.11g de hasta 54 Mbps.
- 802.11g es relativamente nuevo y aún no se ha adoptado de forma generalizada. 802.11a es más caro y, por tanto, no está disponible para el acceso público.



Fig. 26: Red WiFi

2.3.3. WiMax

- WiMAX es el acrónimo de Worldwide Interoperability for Microwave Access (interoperabilidad mundial para el acceso por microondas).
- La norma IEEE para WiMAX es 802.16 y pertenece a la categoría de redes inalámbricas de área metropolitana (WMAN).
- WiMAX opera en dos bandas de frecuencia, 2-11 GHz y 10-66 GHz, y tiene un alcance de unos 50 km con velocidades de hasta 80 Mbps.
- Esto permite interconectar LAN inalámbricas más pequeñas mediante WiMAX, creando una gran MAN inalámbrica.
- Se pueden crear redes entre ciudades sin necesidad de costosos cables.
- También es capaz de proporcionar acceso inalámbrico de banda ancha de alta velocidad a los usuarios.
- Como puede funcionar en dos bandas de frecuencia, WiMAX puede funcionar con y sin visibilidad directa.
- En el rango de frecuencias de 2 a 11 GHz funciona sin visibilidad directa, es decir, un ordenador dentro de un edificio se comunica con una torre/antena fuera del edificio.
- Las transmisiones en frecuencias cortas no se interrumpen fácilmente por obstrucciones físicas.
- Las transmisiones de alta frecuencia se utilizan para el servicio sin visibilidad directa.

- Esto permite a las torres/antenas comunicarse entre sí a mayor distancia.
- Debido a la infraestructura y a los costes que conlleva, sería más adecuado para prestar servicios de red troncal a los proveedores de servicios de Internet y a las grandes empresas que ofrecen acceso inalámbrico a redes e Internet.



Fig. 27: Red WiMAX

Comparación de tecnologías inalámbricas

	Bluetooth	WiFi(a)	WiFi (b)	WiFi (g)	WiMAX
Estándar	802.15	802.11a	802.11b	802.11g	802.16
Frecuencia (GHz)	2.45	5	2.4	2.4	2 - 66
Velocidad (Mbps)	0.72	54	11	54	80
Rango	10 m	50 m	100 m	100 m	50 km
Ventajas	Bajo costo	Velocidad	Bajo costo	Velocidad	Velocidad, Rango
Desventajas	Rango	Costo	Velocidad	Costo, Rango	Costo

2.4. Telefonía Celular (Móvil) - Banda en Telefonía Celular, Llamadas utilizando Teléfonos Móviles, Transmisión/Recepción / Operaciones Handoff

- La comunicación celular está diseñada para proporcionar comunicaciones entre dos unidades móviles, o entre una unidad móvil y un teléfono fijo o unidad terrestre (RTPC, Red de Telefonía Pública Conmutada).
- Toda la zona de cobertura de la red se divide en células basadas en el principio de reutilización de frecuencias.
- Una **célula** (*cell*) - unidad geográfica básica de una red celular; es el **área alrededor de una antena** donde se utiliza un rango de frecuencias específico;
- La célula se representa gráficamente como una forma **hexagonal**, pero en realidad tiene forma irregular.
- Un **clúster** es un grupo de celdas adyacentes, normalmente 7 celdas; dentro de un clúster no se hace reutilización de frecuencias.
- En las zonas de tráfico intenso, las células son más pequeñas, mientras que en las zonas aisladas son más grandes.

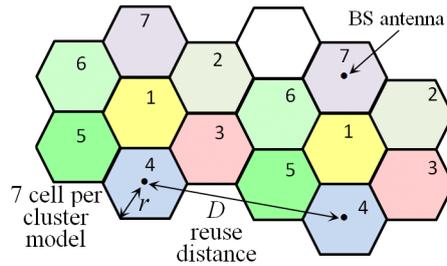


Fig. 28: Celdas de telefonía celular móvil

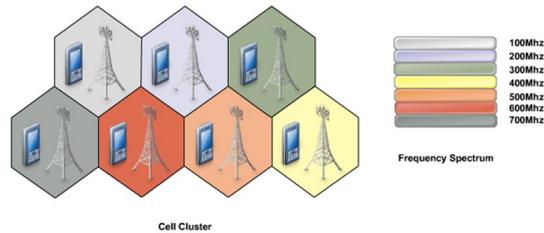


Fig. 29: Clúster de celdas y espectro de frecuencias

Bandas en telefonía celular

La transmisión analógica se utiliza para la telefonía celular. La modulación de frecuencia se utiliza para la comunicación entre el teléfono móvil y la oficina celular. Para ello se asignan dos bandas de frecuencia. Una de ellas es para la comunicación iniciada por el teléfono móvil y la otra para el teléfono fijo. Cada canal requiere un diálogo full-duplex.

Para evitar interferencias, rara vez se asignan canales adyacentes; algunos de ellos también son necesarios para fines de control. Esto reduce el número de canales disponibles para cada célula.

- GSM utiliza FDMA y TDMA para transmitir voz y datos
- El **canal de subida** (*uplink channel*) - entre el móvil y la BTS (*Base Transceiver Station*) utiliza FDMA
- El **canal de enlace descendente** (*downlink channel*) - entre la BTS y el teléfono móvil utiliza una técnica TDMA
- Los canales de subida y bajada tienen un ancho de banda de 25 MHz
- Cada banda de frecuencia de enlace ascendente y descendente se divide a su vez en **canal de control** (*Control Channel*) (utilizado para establecer y gestionar llamadas) y **canal de tráfico** (*Traffic Channel*) (utilizado para transportar voz).

Banda de frecuencia GSM	Enlace ascendente / transmisión BTS	Enlace descendente / recepción BTS
900 MHz	935-960 MHz	890-915 MHz
1800 MHz	1805-1880 MHz	1710-1785 MHz
1900 MHz	1930-1990 MHz	1850-1910 MHz

La misma banda de frecuencias puede utilizarse para varias células no adyacentes, como se muestra en la fig.



Fig. 30: Reutilización de frecuencias

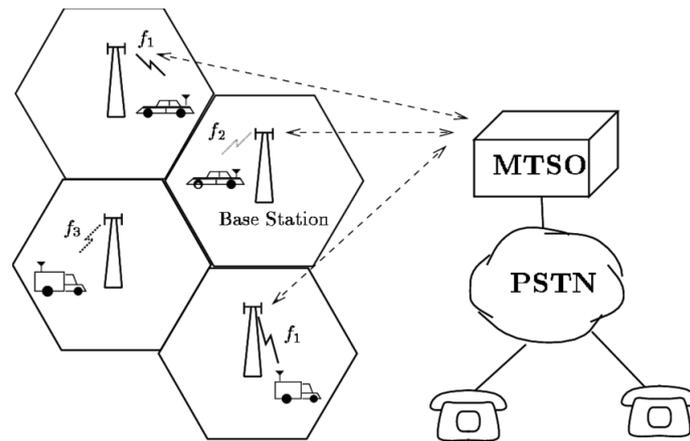


Fig. 31: Comunicación red celular y red pública conmutada

Llamadas con teléfonos móviles

1. La llamada se realiza desde el teléfono móvil introduciendo un número de teléfono de 10 dígitos;
2. El propio teléfono móvil escanea la banda y busca un canal para establecer la llamada.
3. Después de buscarlo, envía este número a la oficina celular más cercana, que a su vez, lo envía al CTO.
4. Si la persona a la que se llama está disponible, la CTO se lo comunica a la MTSO (oficina de conmutación de telefonía móvil).
5. En ese momento, la MTSO asigna un canal de voz vacío a la célula para establecer la conexión.
6. El teléfono móvil ajusta su sintonía al nuevo canal y comienza el diálogo.

Cuando un teléfono fijo realiza una llamada a un móvil

- La central telefónica envía el número al MTSO.
- El MTSO realiza una búsqueda para ver dónde se encuentra actualmente el teléfono móvil enviando la señal de consulta adecuada a todas las células.
- Este proceso se conoce como buscapersonas.
- La célula en la que se encuentra el teléfono móvil responde al MTSO. Las llamadas entrantes funcionan de forma diferente.
- Para empezar, el teléfono en reposo escucha continuamente el canal de radiobúsqueda para detectar mensajes dirigidos a él.
- A continuación, el MTSO transmite la señal de llamada entrante a ese teléfono móvil y, cuando éste responde, el MTSO asigna un canal de voz a la llamada, permitiendo así la conversación.

Operación de transmisión/recepción/desconexión

Definir el proceso de traspaso (*hand-over*)

- Cuando un móvil se desplaza a otra célula mientras mantiene una conversación, el MSC transfiere automáticamente la llamada a un nuevo canal perteneciente a la nueva estación base.
- Esta operación de traspaso no sólo implica la identificación de una nueva estación base, sino que también requiere que las señales de voz y control se asignen a canales asociados a la nueva estación base.
- Procesar los trasposes es una tarea importante en cualquier sistema de radio celular.

Traspaso (*Handoff*)

- Cuando un usuario móvil mantiene una conversación, la EM está conectada a una EB a través de un enlace de radio.
- Si el usuario móvil se desplaza a la zona de cobertura de otra estación base, el enlace radioeléctrico con la antigua estación base se desconecta y debe establecerse un enlace radioeléctrico con la nueva estación base para continuar la conversación.
- Este proceso se denomina transferencia automática de enlace, traspaso o handoff.

1. Traspaso duro (*Hard Hand Off*)

- En Hard Hand Off una estación móvil sólo se comunica con una estación base.
- Cuando la estación móvil se desplaza de una célula a otra, primero debe interrumpirse la comunicación con la estación base anterior antes de que pueda restablecerse la comunicación con la nueva.
- Esto puede provocar una transición brusca.
- En los sistemas anteriores se utilizaba el “hard hand off”».

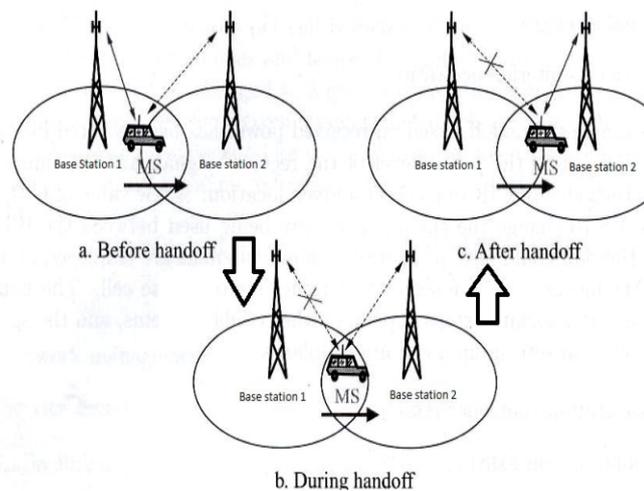


Fig 32: Sistema hard handoff

2. Traspaso suave / *Soft Hand Off*

- En este caso, una estación móvil puede comunicarse con dos estaciones base al mismo tiempo, lo que significa que, durante el Hand off, una estación móvil puede continuar con la nueva estación base antes de romper con la anterior.
- Esto se utiliza en los nuevos sistemas.
- Así se consigue una conectividad sin fisuras en itinerancia de una célula a otra.

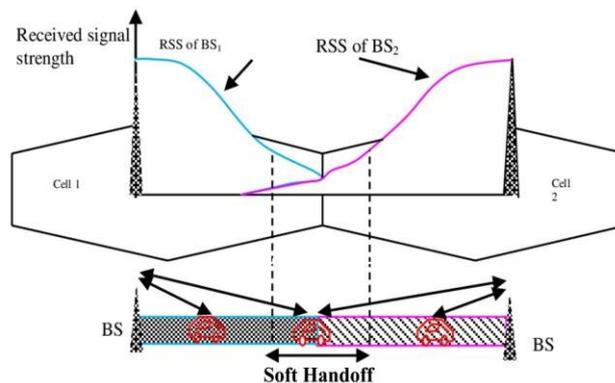


Fig. 33: Sistema soft handoff

Itinerancia / Roaming

- La itinerancia se refiere a la ampliación de un servicio de red inalámbrica en una zona que difiere de la ubicación de la red doméstica registrada.
- La itinerancia permite a un dispositivo móvil acceder a Internet y a otros servicios móviles cuando se encuentra fuera de su área de cobertura normal.
- También permite a un dispositivo móvil desplazarse de un punto de acceso a otro.

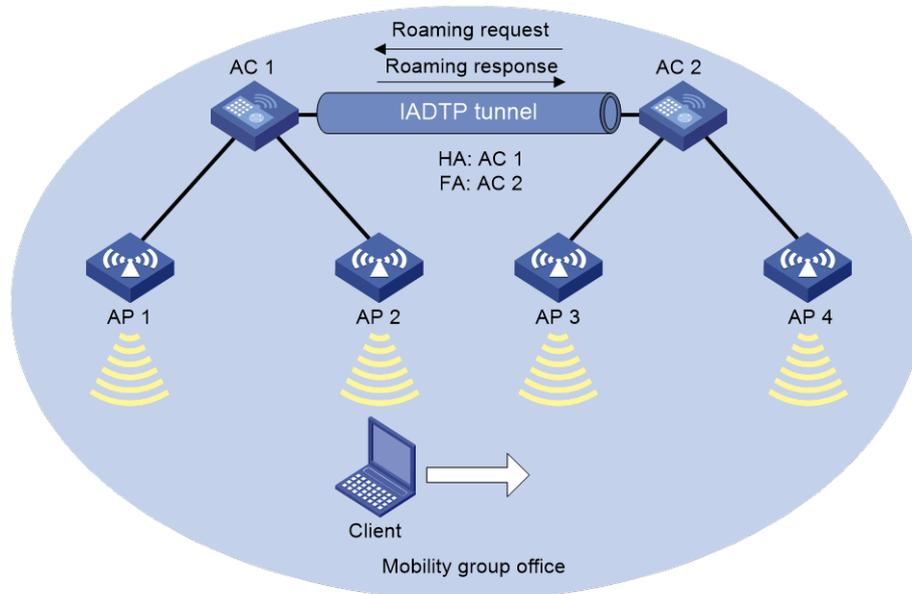


Fig. 33: Itinerancia / Roaming