

Capítulo **4**. MEDIOS DE TRANSMISIÓN

En este capítulo se realiza una descripción de las principales características de los medios de transmisión empleados en las redes actuales. Estos medios de comunicación pueden clasificarse en guiados (por ejemplo, cable coaxial, par trenzado, fibra óptica) y no guiados (por ejemplo el espectro de radiofrecuencia). De las características del medio físico empleado depende directamente el desempeño de la red que lo utiliza ya que influye directamente en el número máximo de ordenadores que se puede interconectar, la distancia entre ellos, la velocidad máxima de transmisión, etc.

2.1. Introducción

El medio de transmisión empleado en una red de computadores constituye el canal por el cual fluye la información desde el origen hasta el destino de la comunicación. En cualquier red de computadores, el medio de comunicación empleado adquiere un papel fundamental ya que de las características del mismo va a depender directamente aspectos de la red tales como la velocidad de transmisión máxima que se pueda alcanzar, el número de equipos conectados, la distancia máxima entre los equipos que interconecta o los errores que puedan generarse a la hora de comunicar los datos. Por ejemplo, en la Tabla 4-1 se muestran distintas tecnologías de red Ethernet junto con el cable empleado, las velocidades máximas y el alcance máximo.

Tecnología	Velocidad de transmisión	Tipo de cable	Distancia máxima	Topología
10Base2	10 Mbps	Coaxial fino (50 Ω)	200 m	Bus (Conector BNC-T)
10Base5	10 Mbps	Coaxial grueso (50 Ω)	500 m	Bus (Conector AUI)
10BaseT	10 Mbps	2 pares trenzado (categoría UTP3)	100 m	Estrella (Hub o Switch)
10BaseF	10 Mbps	Fibra óptica	2000 m	Estrella (Hub o Switch)
100BaseT4	100Mbps	4 pares trenzado (categoría UTP3)	100 m	Estrella. Half Duplex(hub) y Full Duplex(switch)
100BaseTX	100Mbps	2 pares trenzado (UTP5)	100 m	Estrella. Half Duplex(hub) y Full Duplex(switch)
100BaseFX	100Mbps	Fibra óptica (multimodo)	2000 m	No permite el uso de hubs
100BaseCx	100Mbps	2 pares treszado (STP)	25 m	Estrella (Hub o Switch)
1000BaseT	1000Mbps	4 pares trenzado (categoría 5e ó UTP6)	100 m	Estrella. Full Duplex (switch)
1000BaseSX	1000Mbps	Fibra óptica (multimodo)	550 m	Estrella. Full Duplex (switch)
1000BaseLX	1000Mbps	Fibra óptica (monomodo)	5000 m	Estrella. Full Duplex (switch)
10GBaseSR	10Gbps	Fibra óptica (multimodo)	500 m	Estrella. Full Duplex (switch)
10GBaseLX4	10Gbps	Fibra óptica (multimodo)	500 m	Estrella. Full Duplex (switch)
10GBaseT	10 Gbps	Par Trenzado (UTP6)	55 m	Estrella. Full Duplex (switch)

Tabla 4-1. Tecnologías de red y principales características dependiendo del cable utilizado.

Una primera clasificación de los medios de comunicación puede hacerse atendiendo a si se trata de medios guiados o no guiados:

- Medios de guiados: son aquellos en los cuales la información está confinada en un cable determinado.
- Medios no guiados: son los que no confinan las señales mediante ningún tipo de cable, sino que las señales se propagan libremente a través del medio.

2.2. Medios guiados

Como se ha indicado anteriormente, los medios guiados son aquéllos en los que el canal por el que se transmiten las señales son medios físicos, es decir, por medio de un cable. En este tipo de medios se emplea un conductor de un dispositivo a otro, limitando la propagación de la señal al interior del conductor. A lo largo de este capítulo se van a estudiar los medios guiados que más comúnmente se emplean en la redes de computadores actuales. Estos medios serán los siguientes: par trenzado, cable coaxial y fibra óptica.

2.2.1. Par trenzado

2.2.1.1 Características generales

Este se trata de uno de los medios de transmisión más empleados en las redes de área local actuales. En su configuración básica está constituido por 2 cables de cobre entrecruzados en forma de espiral recubiertos por un aislante. La señal se envía por ambos cables de forma balanceada, es decir, llevan señales iguales y opuestas, las cuales son combinadas mediante sustracción en el destino. La disposición de los cables de manera trenzada provoca que sea menos inmune al ruido y a la atenuación, de hecho a mayor número de torsiones por cm (lo que se suele denominar como longitud de trenzado) se consigue un aumento de la robustez del medio a las interferencias electromagnéticas, obteniendo una mayor calidad en la transmisión.

Normalmente un cable de par trenzado está formado por un grupo de pares trenzados, habitualmente cuatro, recubiertos de una envoltura protectora (a veces se agrupan muchos pares trenzados en un mismo cable para la transmisión de distintas líneas de comunicación a largas distancias, véase la Figura 4-2.a). Cada uno de estos pares se identifica mediante un color, siendo los colores asignados y las agrupaciones de los pares de la siguiente forma (ver Figura 4-1):

- Par 1: Blanco-Azul/Azul
- Par 2: Blanco-Naranja/Naranja

- Par 3: Blanco-Verde/Verde
- Par 4: Blanco-Marrón/Marrón

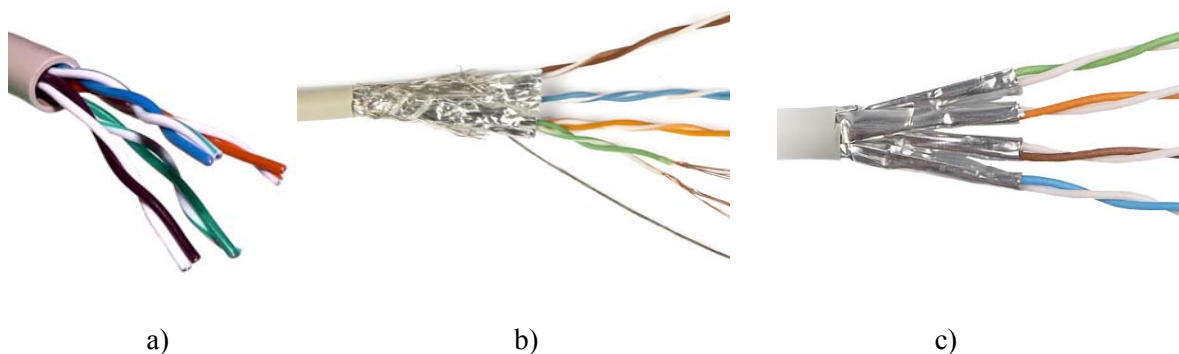


Figura 4-1. Cable de par trenzado. a) No apantallado UTP. b) Apantallado STP. c) Apantallado S/STP

2.2.1.2 Aplicaciones

El par trenzado es empleado indistintamente para la transmisión de señales analógicas y digitales. Así, es el medio más extendido tanto para redes de telefonía como en comunicación dentro de edificios en LANs. En cuanto a esta última aplicación de los pares trenzados la velocidad clásica que se solía alcanzar era de 10 Mbps. No obstante existen redes LAN de pares trenzados de 10 Gbps, aunque este último tipo de redes se encuentran limitadas en cuanto al número de posibles dispositivos a conectar así como en la extensión geográfica de la red.

Su éxito se ha debido a que es mucho menos costoso que cualquiera de los otros tipos de medios de transmisión descritos en este capítulo y, además, es el más fácil de manejar. Sin embargo, comparando este medio con las fibras ópticas o los cables coaxiales, se puede afirmar que el par trenzado permite distancias menores, menor ancho de banda y menor velocidad de transmisión.

2.2.1.3 Tipos de par trenzado

Existen básicamente dos tipos de pares trenzados: apantallados y sin apantallar:

- UTP. Par trenzado no apantallado. Este es el cable más empleado en telefonía y LANs debido a su bajo precio y su fácil manipulación. A pesar del aumento de robustez que proporciona el trenzado del cable, los pares trenzados no apantallados se pueden ver afectados por interferencias electromagnéticas externas como pueden ser interferencias causadas por pares cercanos. Este tipo de cables emplean el conector RJ45.
- STP. Par trenzado apantallado. En este caso el par trenzado se encuentra recubierto por una malla metálica, lo que provoca un aislamiento a interferencias electromagnéticas externas (véase Figura 4-1b). Existe una variante, denominada S/STP en el que se

encuentra apantallado cada par de cables además de un apantallamiento general de todos los cables (véase Figura 4-1c). Este tipo de cables, aunque más costoso que el UTP, proporciona mejores prestaciones a velocidades de transmisión mayores. La protección del STP, para que sea más eficaz, requiere una configuración de interconexión con tierra (dotada de continuidad hasta el terminal), es por ello por lo que con el STP se suele utilizar conectores RJ49.

Los principales tipos de cable UTP empleados en LANs actuales se recopila en la EIA (Asociación de Industrias Electrónicas) Commercial Building Wiring Standard 568. El estándar EIA 568 utiliza UTP para crear estándares que se apliquen a todo tipo de espacios y situaciones de cableado, garantizando de esta manera productos homogéneos al público. Estos estándares incluyen las siguientes categorías de cables UTP dependiendo del número de pares que tenga el cable, del número de vueltas por metro que posea su trenzado y de los materiales utilizados:

Categoría 1: Cable de teléfono tradicional con un ancho de banda de 1 MHz (transmisión de voz pero no de datos). Este es el cable telefónico instalado habitualmente antes 1983, aunque ya no es utilizado.

Categoría 2: Permite transmisión de datos hasta un máximo de 4 Mbps en un ancho de banda de 1 MHz. Este tipo de cable contiene 4 pares trenzados y es empleado en redes como la Token Ring IEEE 802.5 a 4 Mbps

Categoría 3: Admite una velocidad máxima de hasta 16 Mbps y presenta un ancho de banda de 16 MHz. Este tipo de cable contiene 4 pares trenzados y es el cable que habitualmente se instala para la transmisión de voz. Es empleado en la red IEEE 802.3 10BaseT Ethernet a 10 Mbps. Presenta una longitud de trenzado aproximada de 7,5 a 10 cm. A pesar de las limitaciones anteriores existe un estándar 100BaseT4 que permite alcanzar los 100 Mbps empleando este tipo de cables.

Categoría 4: Permite transmisión de hasta 20 Mbps con un ancho de banda máximo de 20 MHz. Este tipo de cable contiene 4 pares de hilos de cobre trenzados y es empleado en redes como Token Ring IEEE 802.5 a 16 Mbps.

Categoría 5: Puede transmitir datos hasta una velocidad máxima de 100 Mbps presentando un ancho de banda de 100 MHz. Este tipo de cable contiene 4 pares de hilos de cobre trenzados. Este es el cable empleado en tecnologías como FastEthernet 100BaseTX, 100BaseVGAnyLan y transferencia modo asíncrono (ATM) a 155 Mbps. Presenta una longitud de trenzado aproximada de 0.6 a 0.85 cm.

Categoría 5e (CAT 5 enhanced "mejorada"): Presenta un ancho de banda de 100 MHz y contiene 4 pares de hilos de cobre trenzados. Este cable es utilizado en la red Gigabit Ethernet 1000BaseT.

Categoría 6: Presenta un ancho de banda de 250 MHz. Soporta velocidades de hasta 1000 Mbps con la red IEEE 1000BaseT. Véase en la Figura 4-2.b como el trenzado en esta categoría es mucho mayor que en la Categoría 3.

Categoría 6E: Dispone de un ancho de banda máximo de 500 MHz y puede alcanzar una velocidad de transmisión máxima de 10Gbps en la tecnología IEEE 10GBaseT.

Categoría 7: Presenta un ancho de banda de 600 MHz y puede alcanzar velocidades de transmisión superiores a 10Gbs

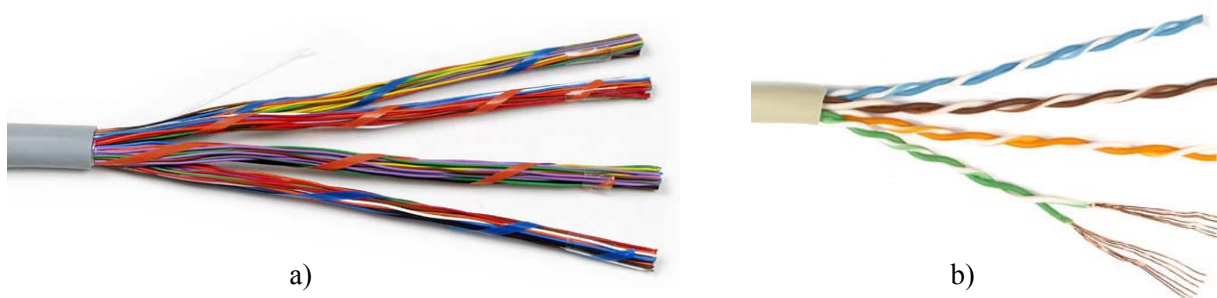


Figura 4-2. Cable de par trenzado. a) Agrupación de 50 pares trenzados UTP-3. b) Cable UTP-6.

2.2.2. Cable coaxial

2.2.2.1 Características generales

Los cables coaxiales están constituidos por un conductor interno, por el que se envía el voltaje correspondiente a la información a enviar, rodeado por un material aislante. Alrededor del material aislante se dispone una malla conductora externa que sirve de referencia y que también está recubierta de un material aislante. En la Figura 4-3a se muestran dos ejemplos de cable coaxial en los que se observa el núcleo y la malla conductora que la recubre. En la Figura 4-3b se ha representado el conector BNC que se emplea habitualmente en cables coaxiales.

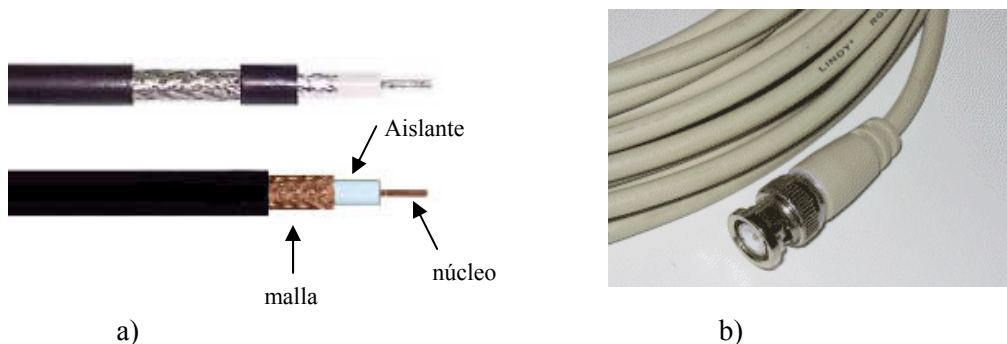


Figura 4-3. Cable coaxial.

2.2.2.2 Aplicaciones

Frente al par trenzado, los cables coaxiales presentan una mayor robustez al ruido empleándose, por ejemplo, en entornos industriales con excesivo ruido electromagnético. Los cables coaxiales se utilizan para transmitir tanto señales analógicas como digitales. Su uso es muy común en televisión, aunque también es posible encontrarlos en redes de área local y telefonía a gran distancia. Tradicionalmente, el coaxial ha sido un elemento fundamental en la red de telefonía a larga distancia. En la actualidad viene sustituyéndose progresivamente por la fibra óptica, las microondas terrestres y las comunicaciones vía satélite debido, entre otros motivos, a que requiere menos cantidad de repetidores. Entre las ventajas de la utilización de este tipo de cables cabe citar que se logra una alta inmunidad a ruido, interferencias, etc. Además, posee un gran ancho de banda (alrededor de 500 MHz) y es posible usarlo para transmisión de datos a largas distancias. Sin embargo, su principal inconveniente que ha provocado que haya sido sustituido en LANs gradualmente por pares trenzados ha sido su poca flexibilidad y dificultad de manipulación.

2.2.2.3 Tipos de cables coaxiales

Hay cables coaxiales dedicados a 2 tipos de transmisión con distintas impedancias:

- Cable coaxial 50 Ω . Es empleado en transmisión en banda base en LANs utilizando Manchester y Manchester diferencial. Este tipo de medio ha sido remplazado por el par trenzado ya que permite una detección de errores más sencilla. Básicamente, existen dos tipos de cable coaxial de 50 Ω : coaxial grueso y coaxial fino. El cable coaxial grueso es empleado en las redes Ethernet 10Base5, con una velocidad máxima de 10 Mbps a 500 m. Este tipo de redes están prácticamente en desuso en la actualidad. El cable coaxial fino se emplea en las redes Ethernet 10Base2, que permite una velocidad máxima de transmisión de 10 Mbps a una distancia de 200 m. En la Figura 4-4a se muestra el conector en BNC-T empleado para unir los distintos segmentos que conforma el bus que pasa por cada uno de los equipos integrantes de la LAN. En la Figura 4-4b se muestra una tarjeta de red Ethernet con conexión BNC para cables coaxiales.

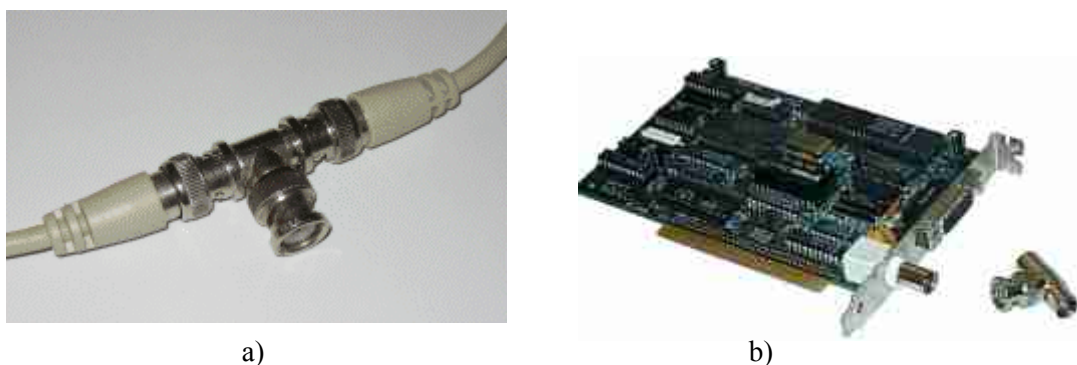


Figura 4-4. a) Conector BNC-T. b) Tarjeta de red Ethernet con conexión para cable coaxial fino.

- Cable coaxial 75 Ω . Utilizado para transmisión en banda modulada en televisión analógica por cable empleando multiplexión por división en frecuencia de múltiples canales. Se pueden emplear para transmitir datos digitales, pero modulando para poder convertir la señal que circula por el medio a analógica.

2.2.3. Fibra óptica

2.2.3.1 Características generales

Si en los medios de comunicación anteriores la información se transmitía en forma de tensión, en las fibras ópticas las señales se transmiten en forma de luz. Las fibras ópticas están constituidas por un núcleo de cristal de silicio por el que se envía un haz de naturaleza óptica que codifica la información. El núcleo está rodeado por un recubrimiento que puede ser otro cristal o plástico con propiedades ópticas distintas al núcleo (véase Figura 4-5a). La separación entre el núcleo y el revestimiento actúa como un reflector, confinando así el haz de luz dentro del núcleo. Este recubrimiento a su vez suele disponer también de una protección adicional con el objetivo de evitar que le afecte factores externos como la humedad. Con todo, las fibras ópticas son significativamente más finas que los medios de transmisión anteriores y con un menor peso. Los principales tipos de conectores empleados son los que se muestran en la Figura 4-5b. El conector FC se usa en la transmisión de datos y en las telecomunicaciones. El FDDI, se usa para redes de fibra óptica. El LC y MT-Array se utilizan en transmisiones de alta densidad de datos. El SC y SC-Dúplex se utilizan para la transmisión de datos y, finalmente, el ST o BFOC se usa en redes de edificios y en sistemas de seguridad.

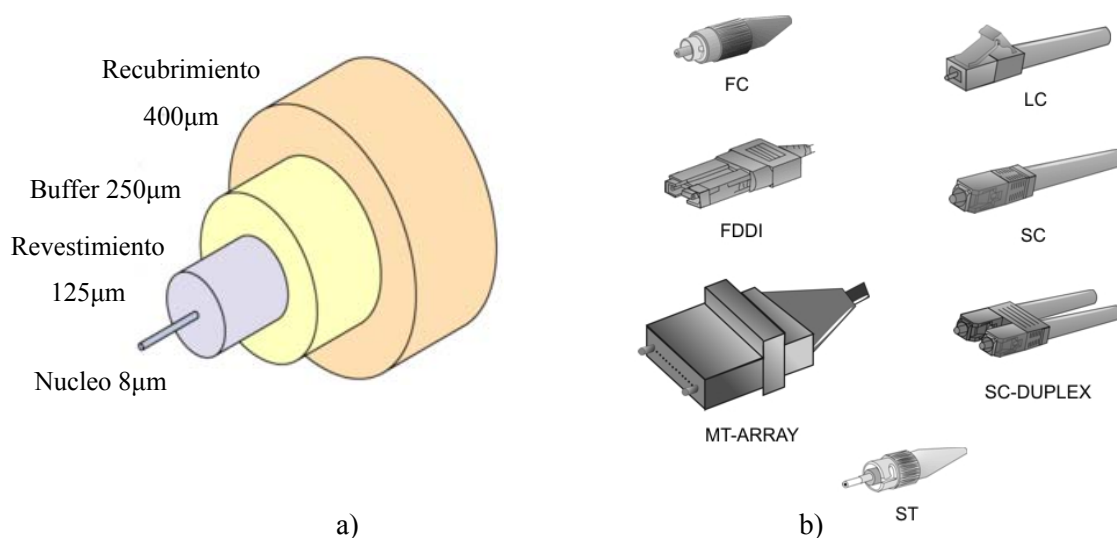


Figura 4-5. a) Composición de la fibra óptica. b) Principales tipos de conectores.

2.2.3.2 Aplicaciones

Las fibras ópticas constituyen actualmente el medio físico más ampliamente utilizado para la transmisión de datos a largas distancias, siendo cada vez más utilizado en las redes de telefonía (son capaces de albergar hasta 100.000 canales de voz). También es un medio muy extendido como red de área metropolitana enlazando centrales telefónicas dentro del área metropolitana y sin la necesidad de emplear repetidores. También se encuentran importantes aplicaciones de las fibras ópticas dentro del ámbito de las LAN. Se han desarrollado estándares de red basados en fibra óptica que permiten velocidades desde 100 Mbps hasta 10 Gbps (véase Tabla 4-1), las cuales a su vez permiten interconectar miles de estaciones.

Una de las principales ventajas de la fibra óptica es que es inmune al ruido electromagnético y presenta una atenuación significativamente menor que en los cables coaxiales y pares trenzados. Además, el ancho de banda y, por lo tanto, la velocidad de transmisión es considerablemente mayor en las fibras ópticas. Las fibras ópticas tienen un ancho de banda de alrededor de 1 THz, aunque este rango está lejos de poder ser explotado hoy día. De todas formas el ancho de banda de las fibras excede ampliamente al de los cables de cobre. Se ha determinado experimentalmente que es posible alcanzar velocidades de transmisión de varios cientos de Gbps para decenas de kilómetros de distancia. Sin embargo, sus principales desventajas radican en el elevado coste de instalación (requieren de transmisores y receptores ópticos adecuados), en la dificultad de realizar empalmes, la fragilidad de las fibras así como la dificultad de detectar posibles averías o roturas en la fibra.

2.2.3.3 Tipos de fibras ópticas

Las fibras ópticas se basan en el principio de reflexión total para guiar ondas de luz. El fenómeno de reflexión total se da en cualquier medio transparente que tenga un índice de refracción mayor que el medio que lo contenga. En la Figura 4-6 se muestra que en las fibras ópticas los rayos de luz que inciden con un determinado ángulo en el núcleo se reflejan y se propagan dentro del núcleo de la fibra. Para otros ángulos de incidencia en la fibra, los haces de luz son absorbidos por el material que forma el revestimiento. Los principales tipos de fibra óptica que se emplean en redes de computadores son los siguientes:

- Fibra óptica multimodo de índice salto o índice discreto. En este tipo de fibra óptica se transmiten varios haces de luz simultáneamente, es decir, hay multitud de ángulos de incidencia para los que se da reflexión total. A este conjunto de ángulos se le denomina modos. Cada rayo de luz describirá un camino desde el origen al destino, esto provoca que los pulsos de luz que se transmiten se dispersen con el tiempo, lo que provoca que se limite la velocidad a la que los datos puedan ser correctamente recibidos. La principal ventaja de este tipo de fibras ópticas es que es la más barata, sin embargo, presenta un menor ancho de banda.
- Fibra óptica multimodo de índice gradual. En este caso también se transmiten varios modos simultáneamente, sin embargo, se tiende a igualar la velocidad de cada uno de ellos de manera que todos los haces de luz llegan aproximadamente en el mismo instante al extremo. Para conseguir esto, el núcleo presenta un índice de refracción superior en la parte central y dicho índice va disminuyendo progresivamente en la periferia. Esto provoca que la luz periférica llegue al receptor al mismo tiempo que los rayos axiales del núcleo. Este tipo de fibra óptica es más cara que la anterior pero presenta un mayor ancho de banda, por lo que se pueden alcanzar mayores velocidades. Este tipo de fibras es habitualmente empleado en LANs.
- Fibra óptica monomodo. Partiendo de una fibra multimodo de índice salto, si se reduce el radio del núcleo a dimensiones del orden de magnitud de la longitud de onda un solo ángulo podrá pasar. En este tipo de fibra óptica se transmite un único haz de luz a lo largo del eje de la fibra, evitando de esta manera los problemas mencionados para las fibras multimodo.

En las redes de fibra óptica se emplean dos tipos de fuentes de luz: diodos LED (Light Emitting Diodes), menos costoso, y diodos ILD (Injection Laser Diode) con un principio de funcionamiento semejante al láser, más eficaces y permiten alcanzar velocidades de transmisión mayores. La diferencia entre diodos LED y ILD es el ancho espectral y la potencia lumínica. El ILD

proporciona potencias de miliwatios frente a los microwatios del LED. Además, en los ILD su ancho espectral es menor que en los LED, proporcionando un haz de luz más coherente y enfocado.

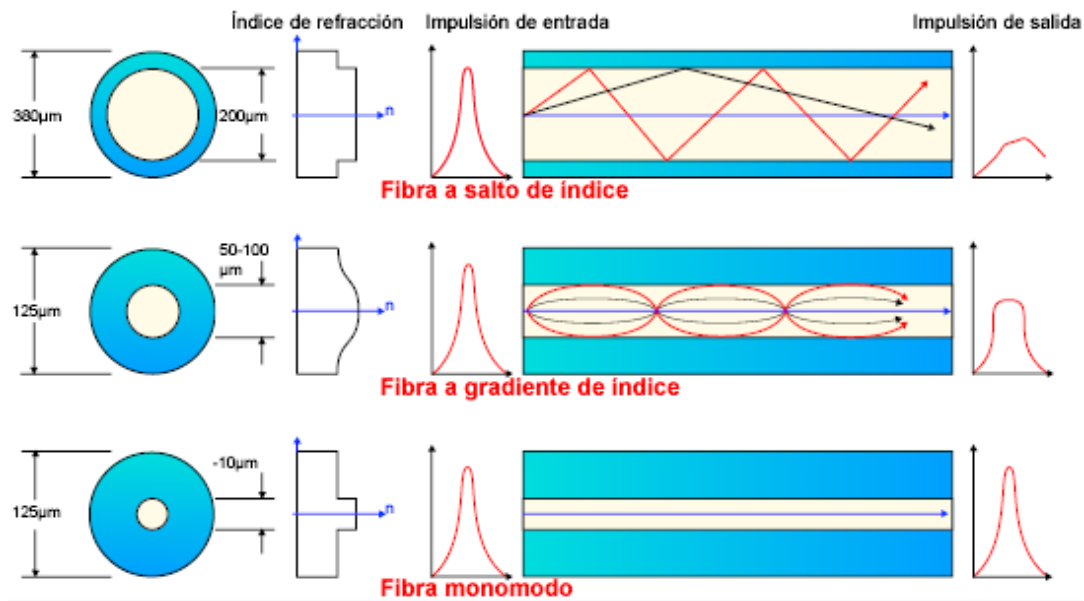


Figura 4-6. Principales tipos de fibras ópticas

2.3. Medios no guiados

Una de las áreas que más ha evolucionado en los últimos años en el mundo de las telecomunicaciones es la transmisión inalámbrica. Un sistema inalámbrico es aquel que permite la transmisión de cualquier tipo de información (audio, vídeo, datos) desde cualquier lugar y en cualquier momento, con posibilidad de transmitir en tiempo real de ser necesario. Entre las ventajas de un sistema inalámbrico sobre uno cableado podemos mencionar:

- Movilidad, la cual apoya la productividad y la efectividad con que se presta el servicio.
- Aunque los costos iniciales son mayores que los que supondría un sistema cableado, a lo largo del tiempo los gastos de operación pueden ser significativamente menores.
- Menor tiempo de instalación y puesta en marcha del sistema. La instalación es más sencilla debido a que no necesitan repartir el cableado por los ordenadores que constituyen la red.

- Existe completa flexibilidad en cuanto a la configuración del sistema. Se pueden tener diversas topologías para satisfacer los requerimientos de aplicaciones e instalaciones específicas.

Habitualmente, para soportar este tipo de comunicaciones se realiza la transmisión de datos en forma de ondas electromagnéticas por el aire y sin emplear ningún conductor físico. Estas ondas pueden emplearse para codificar información digital sin más que modificar alguno de sus parámetros físicos. Estas ondas electromagnéticas engloban todo el espectro de radiación de energía del universo. En la Figura 4-7 se ha representado la denominación de las ondas electromagnéticas más comúnmente empleadas en telecomunicaciones dependiendo de su frecuencia junto con los anchos de banda que generalmente presentan los medios guiados descritos en el apartado 2.2. Dentro de este espectro de radiofrecuencia destacan tres tipos de ondas electromagnéticas usadas en telecomunicaciones: ondas de radio, microondas e infrarrojos.

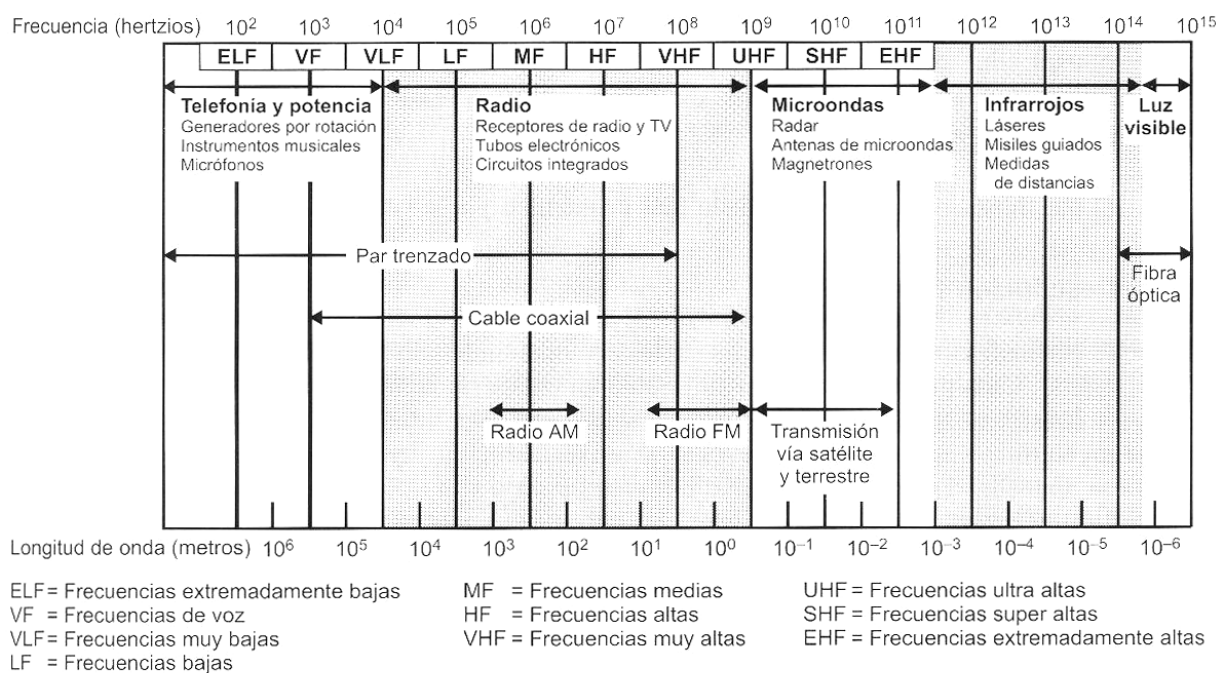


Figura 4-7. Espectro electromagnético empleado en comunicaciones.

Dependiendo de la frecuencia de la onda electromagnética se tiene un modelo de propagación (véase Figura 4-8):

- Propagación superficial. Las ondas se propagan a lo largo de la superficie terrestre. Las ondas siguen la curvatura de la tierra por la cual la señal es capaz de alcanzar grandes distancias antes de que la señal sea absorbida por la tierra. La señal puede sortear edificios y montañas. Es la propagación que se produce para las ondas que se encuentran en la banda VLF y LF. Esto se debe a que las frecuencias altas se ven menos afectadas por los

fenómenos atmosféricos, además de que no requiere de antenas grandes para tener una transmisión efectiva de gran directividad, lo que provoca la confiabilidad de que la información llegue al receptor. Este tipo de propagación se utiliza para la televisión y radio FM.

- Propagación troposférica. La capa troposférica se encuentra entre los 11 Km y los 16 Km. En esta capa se forman las nubes y la temperatura desciende rápidamente debido a la altura. Cuando se produce la inversión del gradiente de temperatura se generan los denominados canales de ionización, los cuales son ideales para que las ondas puedan viajar. Este tipo de propagación se emplea ocasionalmente en VHF.
- Propagación ionosférica. La ionosfera se encuentra entre 40 Km y 320 Km y está formada por aire altamente ionizado por la radiación solar. Cuando esta capa se encuentra eléctricamente cargada hace que la señal comience a cambiar en un cierto ángulo, esto lo hace sucesivamente hasta que se realiza una reflexión total y la señal regresa a la tierra. Se trata de uno de los modos de propagación más importantes y permite conectar puntos a una distancia de 4000 Km. Este tipo de propagación se emplea en HF.
- Propagación en línea vista. Para realizar este tipo de propagación es necesario que exista una línea de vista entre el transmisor y el receptor. En este tipo de comunicación se utilizan frecuencias por encima de los 50 MHz, las correspondientes a VHF, UHF y canales con frecuencia superior.
- Propagación espacial. En este caso se emplean satélites como reflector y presentan frecuencias de UHF y superiores. Existen dos tipos de satélites:
 - Satélites geoestacionarios pasivos. Estos satélites se encuentran en órbita alrededor de la Tierra y sirven como espejos, reflejando la onda de radio y regresándola a la Tierra.
 - Satélites geoestacionarios activos. Estos satélites funcionan igual que los geoestacionarios pasivos, pero la diferencia es que estos reciben la señal y la amplifican para mandarla de regreso a la Tierra.



Figura 4-8. Modos de propagación de las ondas electromagnéticas.

2.3.1. Ondas de radio

Las ondas de radio son omnidireccionales, es decir, se propagan en todas las direcciones. Esto hace que este tipo de ondas no requieran antenas parabólicas para su envío/recepción. El rango de frecuencias comprendido entre 30 MHz y 1 GHz es muy adecuado para la difusión simultánea de información a varios destinos (las ondas comprendidas en este rango son denominadas ondas de radio y cubren la banda VHF y parte de UHF). A diferencia de la región de las microondas, las ondas de radio son menos sensibles a la atenuación producida por la lluvia.

El estándar IEEE de las redes inalámbricas es el 802.11, aunque popularmente se conoce como WIFI (wireless fidelity). Las ondas de radio son las más extendidas para su empleo como LAN inalámbricas, pues el rango de frecuencias que emplean no requiere licencia (bandas de 915 Mhz, 2,4 GHz y 5 GHz). Actualmente existen distintos estándares IEEE de WIFI siendo los más empleados el

IEEE 802.11b y el IEEE 802.11g con una velocidad de 11 Mbps y 54 Mbps respectivamente. Ambos emplean la banda de 2,4 GHz que está disponible universalmente.

También existe el estándar IEEE 802.11a, conocido como WIFI 5, que opera en la banda de 5 GHz. La banda de 5 GHz ha sido recientemente habilitada y, además no existen otras tecnologías (Bluetooth, microondas) que la estén utilizando, por lo tanto existen muy pocas interferencias. Su alcance es algo menor que el de los estándares que trabajan a 2.4 GHz (aproximadamente un 10%), debido a que la frecuencia es mayor (a mayor frecuencia, menor alcance).

Por último, destacar la normativa 802.11n que permite una velocidad de hasta 500Mbps con una distancia de operatividad óptima de 50 metros en entornos cerrados. Además, es compatible con las redes 802.11a, 802.11b y 802.11g, lo que significa que funciona en las dos bandas actuales, 2.4GHz y 5GHz.

Existen otras tecnologías inalámbricas como Bluetooth que también funcionan a una frecuencia de 2.4 GHz, por lo que puede presentar interferencias con WIFI. Debido a esto, en la versión 1.2 del estándar Bluetooth por ejemplo se actualizó su especificación para que no existieran interferencias con la utilización simultánea de ambas tecnologías.

2.3.2. Microondas

Se distinguen dos tipos de microondas dependiendo de la forma de realizar la transmisión: microondas terrestres y microondas por satélite.

2.3.2.1 Microondas terrestres

En los sistemas de microondas terrestres se emplea una propagación en línea vista en la que se dispone de una antena parabólica que debe estar perfectamente orientada con la antena receptora. Para conseguir transmisiones a larga distancia se concatenan distintos enlaces punto a punto entre antenas situadas en torres adyacentes hasta cubrir la distancia deseada.

Este tipo de microondas se emplean en servicios de telecomunicación para transmitir televisión y voz a largas distancias. La banda de frecuencias está comprendida entre 1 y 40 GHz. Cuanto mayor sea la frecuencia mayor es el ancho de banda potencial y, por lo tanto, mayor es la posible velocidad de transmisión que es posible alcanzar. En este tipo de ondas la atenuación aumenta con la lluvia, siendo este efecto especialmente significativo para frecuencias por encima de 10 GHz. La banda de 12 GHz es empleada para la transmisión por cable. Frecuencias superiores tienen mayor atenuación por lo que son empleadas para la transmisión a cortas distancias.

2.3.2.2 Microondas por satélite

Un satélite de comunicaciones es esencialmente una estación que retransmite microondas. Se usa como enlace entre dos o más receptores/transmisores terrestres denominados estaciones base. El satélite recibe la señal en una banda de frecuencia, lo amplifica y posteriormente lo retransmite en otra banda. La utilización de satélites tiene distintas aplicaciones como la difusión de televisión, transmisión telefónica a larga distancia o creación de redes privadas.

El rango de frecuencias óptimo para la transmisión vía satélite está en el intervalo comprendido entre 1 y 10 GHz. Por debajo de 1GHz el ruido producido por causas naturales es apreciable y por encima, como se ha indicado anteriormente, la señal se ve afectada por las precipitaciones y existe mayor atenuación. La mayoría de satélites proporcionan la banda de 5,925-6,425 GHz para la transmisión de estaciones terrestres hacia el satélite y entre 3,7 GHz y 4,2 GHz para la comunicación de satélite a estación terrestre, existiendo un retardo de propagación aproximado de un cuarto de segundo para una transmisión que vaya desde una estación terrestre hasta otra pasando por un satélite.

2.3.3. Infrarrojos

Las comunicaciones mediante infrarrojos se llevan a cabo mediante transmisores/receptores que modulan luz infrarroja. Ambos dispositivos deben estar alineados directamente, o bien estar accesibles a través de la reflexión en una superficie, como por ejemplo el techo de la habitación.