

Introducción

Los medios de transmisión se pueden clasificar como guiados y no guiados. Los medios guiados proporcionan un camino físico a través del cual se propaga la señal. Los medios no guiados utilizan una antena para transmitir a través del aire, el vacío o el agua.

En los sistemas de transmisión de datos, **el medio de transmisión** es el camino físico entre el transmisor y el receptor.

Las características y calidad de la transmisión están determinadas tanto por el tipo de señal como por las características del medio. En los medios guiados, el medio es lo que más limitaciones impone a la transmisión.

En medios no guiados, las características de la transmisión están más determinadas por el ancho de banda de la señal emitida por la antena que por el propio medio. Una propiedad fundamental de las señales transmitidas mediante antenas es la direccionalidad. En general, a frecuencias bajas son omnidireccionales. A frecuencias altas, es posible concentrar la señal en un haz direccional.

En el diseño de los sistemas de transmisión es deseable que tanto la distancia como la velocidad de transmisión sean lo más grandes posibles. Los factores que determinan estos parámetros son:

-**El ancho de banda:** si todos los otros factores se mantienen constantes, al aumentar el ancho de banda de la señal, la velocidad de transmisión se puede incrementar.

-**Dificultades en la transmisión:** Por ejemplo la atenuación. *Par trenzado>Coaxil>Fibra óptica.*

-**Interferencias:** por presencia de señales en bandas de frecuencias próximas pueden contaminar la señal (*diafonía*). Un apantallamiento puede minimizar este problema.

-**Número de receptores:** en el caso de múltiples conectores, cada uno puede atenuar y distorsionar la señal, por lo que la distancia y/o velocidad de transmisión disminuirán.

Medios de transmisión guiados

En estos medios, la capacidad de transmisión, en términos de velocidad de transmisión y ancho de banda, depende drásticamente de la distancia y de si el medio es punto a punto o multipunto. Los 3 medios guiados que más se utilizan son el par trenzado, el cable coaxil y la fibra óptica.

Par trenzado

Consiste en 2 cables de cobre embutidos en un aislante, entrecruzados en forma de bucle espiral. Cada par de cables constituye un enlace de comunicación. El uso del trenzado tiende a reducir la diafonía.

Cada par trenzado se puede utilizar para transmitir señales analógicas como digitales. Al transmitir señales analógicas exige amplificadores cada 5 km o 6 km. Para transmisión digital, el par requiere repetidores cada 2 km o 3 km.

Comparado con otros medios guiados, permite distancias menores, menor ancho de banda y menor velocidad de transmisión. Lo afecta mucho la diafonía. Este medio se caracteriza por su gran susceptibilidad a las interferencias y al ruido, debido a su fácil acoplamiento con campos electromagnéticos externos.

Cable coaxial

Tiene 2 conductores, pero está construido de forma diferente para que pueda operar sobre un rango de frecuencias mayor. Consiste en un conductor cilíndrico externo que rodea a un cable conductor interior. El conductor interior se mantiene en el eje axial rodeado de un material dieléctrico. El conductor exterior se protege con una cubierta. Comparado con el par trenzado, se puede usar para cubrir mayores distancias así como para conectar un número mayor de estaciones en líneas compartidas.

Se usa para transmitir tanto señales analógicas como digitales, tiene una respuesta en frecuencias mejor que el par trenzado permitiendo mayores frecuencias y velocidades de transmisión. Debido al apantallamiento, es mucho menos susceptible que el par trenzado tanto a interferencias como a la diafonía. Sus principales limitaciones son la atenuación, el ruido térmico y el ruido de intermodulación. Este último aparece sólo cuando sobre el mismo cable se usan simultáneamente varios canales o bandas de frecuencias (multiplexación de frecuencias). En la transmisión de señales analógicas a larga distancia se necesitan amplificadores entre distancias entre pocos km, menor distancia a mayores frecuencias de trabajo. En la señalización digital, se necesita un repetidor cada km aproximadamente, menor distancia cuanto mayor sea la velocidad de transmisión.

Fibra Óptica (FO)

Es un medio capaz de confinar un haz de naturaleza óptica. Para su construcción se pueden utilizar diversos tipos de cristales y plásticos. Un cable de FO tiene forma cilíndrica y está formado por 3 secciones concéntricas: el *núcleo*, el *revestimiento* y la *cubierta*. El **núcleo** es la sección más interna, construida por una o varias fibras de cristal o plástico. Cada fibra está rodeada por su propio **revestimiento**, que es otro cristal o plástico con otras propiedades ópticas distintas a las del núcleo. La separación entre el núcleo y el revestimiento actúa como reflector, confinando así el haz de luz, que de otra manera escaparía del núcleo. La capa más exterior que envuelve a uno o varios revestimientos es la **cubierta** (plástico).

Las características diferenciales de la fibra óptica frente al cable coaxial y al par trenzado son:

- Mayor capacidad:** el ancho de banda potencial y, por lo tanto la velocidad de transmisión están limitados por la capacidad del transmisor.

- Menor tamaño y peso.**

- Atenuación menor:** menor que el par trenzado y coaxil, además, es constante a lo largo de un gran intervalo.

- Aislamiento electromagnético:** No se ven afectados por los efectos de campos electromagnéticos externos (ruido). Estos sistemas no son afectados por interferencias, ruido impulsivo o diafonía.

- Mayor separación entre repetidores:** cuantos menos repetidores haya el coste será menor, además de haber menos fuentes de error. Para la FO se pueden utilizar repetidores separados entre sí por decenas de km. Por el contrario, los sistemas basados en coaxil y par trenzado requieren repetidores cada pocos kms.

Las 5 aplicaciones básicas en las que la fibra óptica es importante son:

- Transmisión a larga distancia.** En transmisión de cables submarinos.

- Transmisiones metropolitanas.**

- Acceso a áreas rurales.** Para enlazar pueblos a ciudades.

-Bucles de abonado. son fibras que van directamente desde las centrales al abonado, las redes de telefonía están evolucionando a redes integradas capaces de gestionar no sólo voz y datos, sino también imágenes y video.

-Redes de área local. Permiten cientos, incluso miles de estaciones, en grandes edificios de oficinas.

Características de transmisión

La FO propaga internamente el haz de luz que transporta la señal codificada de acuerdo al principio de **reflexión total**. Este fenómeno se da en cualquier medio transparente que tenga un índice de refracción mayor que el medio que lo contenga. En efecto, la FO funciona como una guía de onda para un rango de frecuencias desde el espectro visible hasta el infrarrojo.

La luz proveniente de la fuente penetra en el núcleo cilíndrico de cristal o plástico. Los rayos que inciden con ángulos superficiales se reflejan y se propagan dentro del núcleo de la fibra, mientras que para otros ángulos de incidencia, los rayos son absorbidos por el material que forma el revestimiento. Este tipo de propagación se llama **multimodal de índice discreto**, aludiendo al hecho de que hay multitud de ángulos para los que se da la reflexión total. En la transmisión multimodo, existen múltiples caminos que verifican la reflexión total, cada uno con diferente longitud y, por tanto, con diferente tiempo de propagación. Esto hace que los elementos de señalización que se transmitan (los pulsos de luz) se dispersen en el tiempo, limitando así la velocidad a la que los datos puedan ser correctamente recibidos.

Cuando el radio del núcleo se reduce, la reflexión total se dará en un número menor de ángulos. Al reducir el radio del núcleo a dimensiones del orden de magnitud de la longitud de onda un solo ángulo, o modo, podrá pasar el rayo axial. Este tipo de propagación, denominada **monomodo**, proporciona prestaciones superiores debido a la existencia de un único camino posible, impidiéndose así la distorsión multimodo. Las fibras monomodo se utilizan en aplicaciones de larga distancia. Finalmente se puede conseguir un tercer modo de transmisión variando gradualmente el índice de refracción del núcleo, este modo se denomina **multimodo de índice gradual**. Las características de este, están entre los 2 antes mencionados. Estas fibras, al disponer de un índice de refracción superior en la parte central, hacen que los rayos de luz avancen más rápidamente conforme se alejan del eje axial de la fibra. En lugar de hacer un zig-zag, la luz en el núcleo describe curvas helicoidales debido a la variación gradual del índice de refracción, reduciendo así la longitud recorrida. El efecto de tener una mayor velocidad de propagación y una longitud inferior posibilita que la luz periférica llegue al receptor al mismo tiempo que los rayos axiales del núcleo.

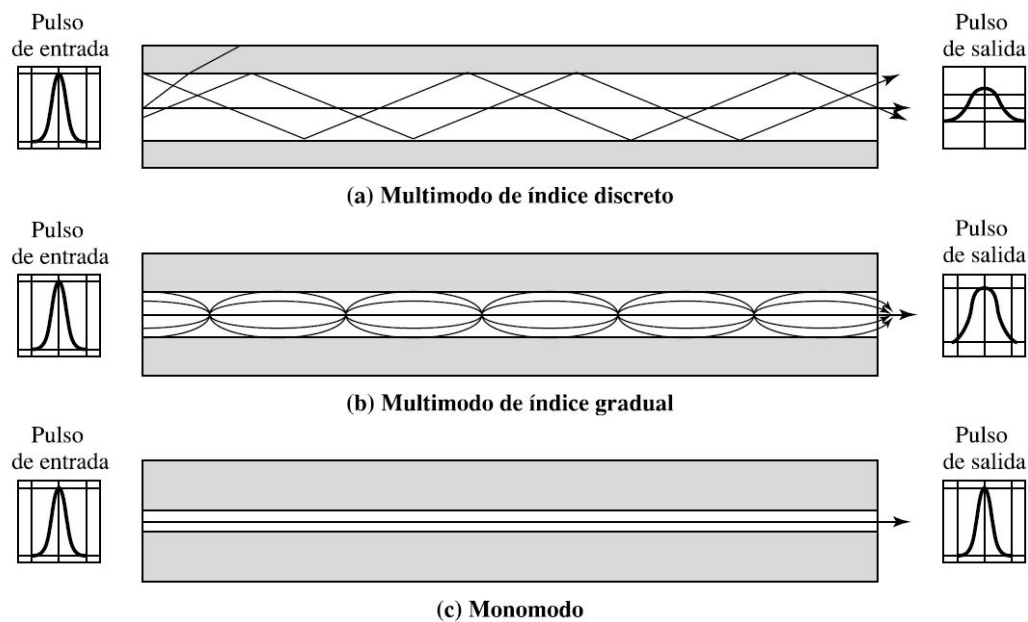


Figura 4.4. Modos de transmisión en las fibras ópticas.

En los sistemas de FO se usan 2 tipos diferentes de fuentes de luz: los diodos LED y los diodos ILD. Ambos son dispositivos semiconductores que emiten un haz de luz cuando se les aplica una tensión. El LED es menos costoso y tiene una vida media superior. El ILD(láser) es más eficaz y puede proporcionar velocidades de transmisión superiores. Existe una relación entre la longitud de onda utilizada, el tipo de transmisión y la velocidad de transmisión que se puede conseguir. Tanto en monomodo como en multimodo se pueden admitir diferentes longitudes de onda, pudiéndose utilizar como fuentes tanto láser como diodos LED. En las FO, debido a las características de la atenuación del medio y por las propiedades de las fuentes y receptores, la luz se propaga en *4 regiones o “ventanas”*. Nótese el tremendo ancho de banda disponible. Para las 4 ventanas, los anchos de banda son 33THz, 12 THz, 4THz y 7 THz.

Tabla 4.5. Rangos de frecuencia para varias fibras ópticas.

Rango de longitudes de onda (en el vacío) (nm)	Rango de frecuencia (THz)	Etiqueta	Tipo de fibra	Aplicación
820 a 900	366 a 33		Multimodo	LAN
1.280 a 1.350	234 a 222	S	Monomodo	Varias
1.528 a 1.561	196 a 192	C	Monomodo	WDM
1.561 a 1.620	192 a 185	L	Monomodo	WDM

WDM = Multiplexación por división en frecuencias (*Wavelength Division Multiplexing*, véase Capítulo 8).

La velocidad en la fibra es siempre inferior a la velocidad de la luz en el vacío, como consecuencia, aunque la frecuencia no cambia, la longitud de onda sí.

Las 4 ventanas de transmisión están en la zona infrarroja del espectro de frecuencias, por debajo del espectro visible que está situado entre los 400 y 700nm. Las pérdidas son

menores cuanto mayores sean las longitudes de onda, permitiendo así mayores velocidades de transmisión sobre distancias superiores.

En la fig. 4.3c se muestra la atenuación en función de la longitud de onda para una FO convencional. La forma irregular de la curva se debe a los distintos factores que contribuyen a la atenuación. Los 2 más importantes son la absorción y la dispersión (scattering). En este contexto, la dispersión se refiere al cambio de dirección que sufren los rayos de luz al chocar con pequeñas partículas o impurezas del medio.