

### **Unidad 3: La Capa Física**

#### Medios de Transmisión

El propósito de la capa física es transportar una corriente de bits en bruto de una máquina a otra. Se pueden usar varios medios físicos para la transmisión real; cada uno con su propio nicho en términos de ancho de banda, retardo, costo y facilidad de instalación y mantenimiento. A grandes rasgos los medios se agrupan en medios guiados, como el cable de cobre y la fibra óptica, y medios no guiados, como la radio y los lasers a través del aire.

#### Medios Magnéticos

Aunque no es uno de los medios más utilizados debido a su gran retardo de transmisión, es interesante recordar que en cuanto al costo de ancho de banda, el transporte de cintas que pueden contener grandes cantidades de información, puede ser un método de gran eficiencia si el costo por bit transportado es un factor clave.

Imaginemos el siguiente ejemplo: Una cinta de 8mm puede contener aproximadamente unos 7 Gb de información. Una caja de 50x50x50 cm puede contener cerca de 1000 de estas cintas, con una capacidad total de 7000 Gb. Si consideramos que un buen sistema de deliver puede entregar esta caja en una hora, un sencillo cálculo nos dice que el ancho de banda es superior a 15 Gbps.

La moraleja de esta historia es:

“Nunca subestime el ancho de banda de una camioneta llena de cintas viajando por carretera.”

#### Cable Par trenzado

Aunque las características de ancho de banda de la cinta magnética son excelentes, las de retardo son sumamente pobres. El tiempo de transmisión se mide en minutos o en horas, no en milisegundos, es así que es poco eficiente para conexiones en tiempo real. El medio de transmisión más viejo y todavía el más común es el par trenzado. Un par trenzado consiste en dos alambres de cobre aislados, por lo general de 1mm de grosor. Los alambres se trenzan en forma helicoidal. El propósito de trenzar los hilos de cobre es reducir la interferencia eléctrica entre pares similares cercanos. (Dos alambres paralelos constituyen una antena simple; un par trenzado no.).

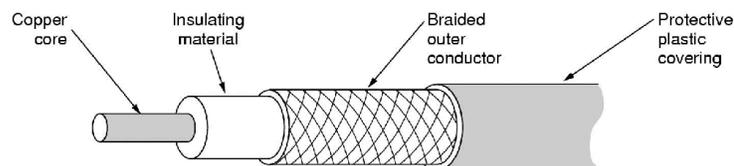
Los pares trenzados se pueden utilizar tanto para transmisión analógica como digital. El ancho de banda depende del grosor del cable y de la distancia, pero en muchos casos se pueden lograr varios Mb/seg en distancias de algunos kilómetros.

El cableado de par trenzado tiene algunas variaciones, dos de las cuales son importantes para las redes de computadoras. Los pares trenzados llamados de *categoría 3* consisten en cuatro pares trenzados agrupados dentro de una funda de plástico para su protección y para mantener los 8 hilos juntos. A partir del año 1998, se normalizó la *categoría 5*, con una constitución similar a la categoría 3 pero con más vueltas por centímetro y con aislamiento de Teflón, lo cual produce menor diafonía y una señal de mejor calidad a distancias más largas.

#### Cable Coaxial de banda base

Otro medio de transmisión bastante común es el *coaxial* o “coax”. Este cable tiene mejor blindaje que el par trenzado, así que puede abarcar tramos más largos a velocidades mayores. Son dos las clases de cable coaxial más utilizadas. Una clase, el cable de 50 ohms, se usa comúnmente para transmisión digital. La otra clase, de 75 ohms se usa frecuentemente en transmisiones analógicas y suele denominarse como de “banda ancha”, aunque el término viene de acepciones antiguas y no quiere decir que pueda transmitir más ancho de banda que el de 50 ohms, sino que se refiere a los cables que se utilizan para transmisiones analógicas.

Un cable coaxial consiste en un alambre de cobre rígido como núcleo, rodeado por un material aislante. El aislante está forrado con un conductor cilíndrico, que con frecuencia es una malla de tejido fuertemente trenzado. El conductor externo se cubre con una envoltura protectora de plástico.



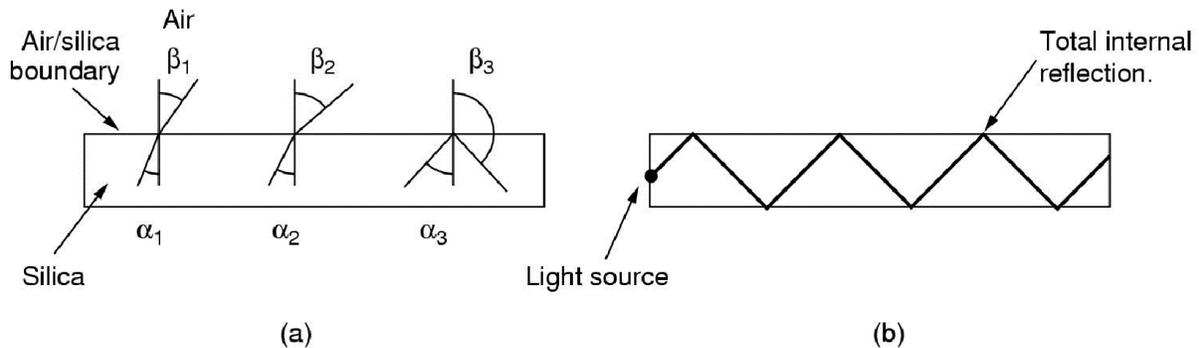
La construcción y el blindaje del cable coaxial le confieren una buena combinación de elevado ancho de banda y excelente inmunidad al ruido. El ancho de banda posible depende de la longitud del cable. En cables de 1Km es factible una velocidad de datos de 1 a 2 Gbps con el equipamiento apropiado.

### Fibra Óptica

Considerando la importante diferencia en la velocidad de propagación entre un haz de electrones (corriente eléctrica) y un haz de fotones (luz), resulta interesante considerar un medio de transmisión óptico para mejorar el ancho de banda de transmisión. Pero debemos considerar que en la actualidad, todos los sistemas de comunicación, utilizan protocolos y estándares eléctricos por lo que habrá que proveer de los elementos necesarios para realizar la conversión electro-óptica y viceversa.

Un sistema de transmisión óptico tiene tres componentes: la fuente de luz, el medio transmisor y el detector. Convencionalmente, un pulso de luz indica un 1 y la ausencia de la misma un 0. Al conectar una fuente de luz a un extremo de una fibra óptica y un detector en el otro extremo, tenemos un sistema de transmisión de datos unidireccional que acepta una señal eléctrica, la convierte y la transmite por pulsos de luz, y después reconvierte la salida en una señal eléctrica en el extremo receptor.

Este sistema normalmente tendría fugas de luz y sería inútil en la práctica, excepto si se pone en práctica un interesante principio de la física. Cuando un rayo de luz pasa de un medio a otro, por ejemplo de silicio fundido al aire, el rayo se refracta (se dobla) en la frontera, tal como se muestra en la figura siguiente (a):



Vemos aquí que un rayo de luz que incide en la frontera con un ángulo  $\alpha_1$  emerge con un ángulo  $\beta_1$ . El grado de refracción depende del índice de refracción de los dos medios. Para ángulos de incidencia por encima de cierto valor crítico, la luz se refracta del regreso al silicio; ninguna parte escapa hacia el aire. Así, un rayo incidente con un ángulo igual o mayor que el crítico queda atrapado dentro de la fibra, según se muestra en la figura anterior (b).

Se pueden utilizar dos clases de fuentes de luz para producir las señales, LED (diodos emisores de luz) y lasers semiconductores. El extremo receptor consiste en un fotodiodo que emite un pulso eléctrico cuando lo golpea la luz.

Es importante puntualizar que en la actualidad, el tiempo de respuesta normal de un fotodiodo es de 1 ns, lo que limita la velocidad posible de transmisión de datos a 1 Gbps.

### Satélites de Comunicaciones

En la década de 1950 y al inicio de 1960, se hicieron intentos por establecer sistemas de comunicación rebotando señales en distintos elementos ubicados en altura como globos metalizados o hasta la propia luna, pero fue en 1962 con el lanzamiento del primer satélite en que se comienza la era de comunicaciones satelitales terrestres y el principal avance de esta nueva tecnología es la capacidad de estos *satélites* de amplificar las señales recibidas antes de devolverlas a la tierra.

#### Satélites geo sincrónicos

Basándonos en la ley de Kepler, es posible encontrar una órbita alrededor de la tierra donde un elemento gira con un período igual al período de rotación terrestre, es decir 24 horas. Esta órbita llamada geoestacionaria está ubicada aproximadamente a 36.000 Km. de la superficie terrestre sobre el ecuador y es allí donde el satélite se mantiene fijo sobre un punto de la tierra conformando una antena repetidora de unos 36.000 Km. de altura. Cada satélite contiene varios **transpondedores**, cada uno de los cuales capta alguna porción del espectro, amplifica la señal de entrada y después la redifunde a otra frecuencia para evitar interferencias con la señal de

entrada. Los haces retransmitidos pueden ser amplios y cubrir una fracción sustancial de la superficie terrestre o dirigidos que cubren un área de solo cientos de kilómetros de diámetro.

Con la tecnología actual, no es prudente tener a los satélites espaciados menos de dos grados en el plano ecuatorial de 360 grados, para evitar interferencias. Con el espaciado de 2 grados solo puede haber 180 satélites geosincrónicos, y este número se reduce por ciertos apartados orbitales que internacionalmente están reservados para propósitos específicos. Por fortuna, los satélites que utilizan partes diferentes del espectro no compiten, de modo que cada uno de los 180 satélites posibles puede manejar varias corrientes de datos en ambos sentidos.

### Transmisión inalámbrica

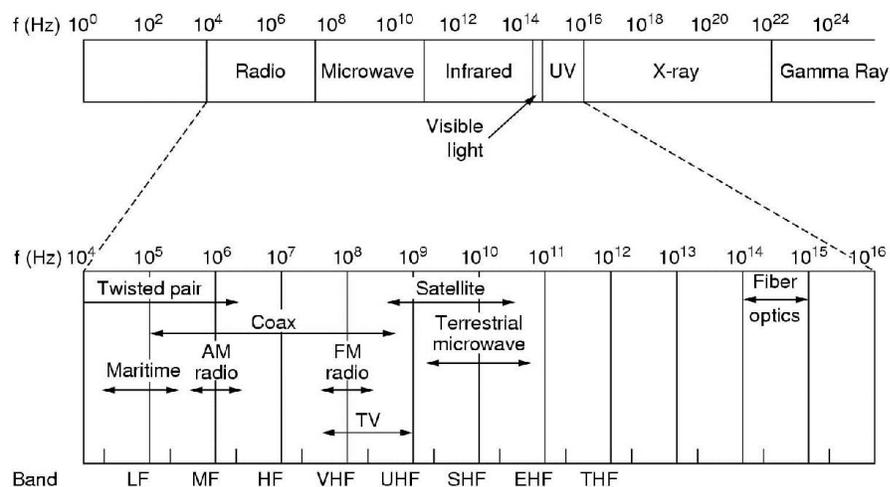
#### El espectro electromagnético

Cuando los electrones se mueven, crean ondas electromagnéticas que se pueden propagar por el espacio libre (aun en el vacío). Esta ley fue predicha por el físico británico Clerk Maxwell en 1865 y observada por Hertz en 1887. La cantidad de oscilaciones por segundo de una onda electromagnética es su **frecuencia**  $f$  y la distancia entre dos picos (máximos o mínimos) se llama longitud de onda  $\lambda$ .

Al conectarse una antena del tamaño apropiado a un circuito eléctrico, las ondas electromagnéticas se pueden difundir de manera eficiente y pueden ser captadas por un receptor a cierta distancia. La relación fundamental entre  $f$ ,  $\lambda$  y  $c$  ( que es la velocidad de la luz =  $3 \times 10^8$  m/seg) es:

$$\lambda \cdot f = c$$

En la figura siguiente se muestra el espectro electromagnético. Las porciones de radio, microondas, infrarrojo y luz visible del espectro pueden servir para transmitir información modulando alguno de los parámetros de la misma.



### Radiotransmisión

Las ondas de radio son fáciles de generar, pueden viajar distancias largas y penetrar edificios sin problemas, de modo que se utilizan mucho en la comunicación, tanto en interiores como en exteriores. Las propiedades de las ondas de radio dependen de la frecuencia. A bajas frecuencias, las ondas de radio cruzan bien los obstáculos, pero la distancia se reduce drásticamente con la distancia de la fuente. A frecuencias altas, las ondas de radio tienden a viajar en línea recta y a rebotar en los obstáculos. También son absorbidas por la lluvia.

### Transmisión por microondas

Por encima de las 100 MHz las ondas viajan en línea recta y, por lo tanto, se pueden enfocar en un haz estrecho. Concentrar toda la energía en un haz pequeño con una antena parabólica, produce una señal mucho más alta en relación con el ruido, pero las antenas deben estar muy bien alineadas entre sí.

Uno de los inconvenientes de este tipo de transmisión es que si las torres están muy separadas, la curvatura de la tierra será un estorbo. Una regla muy aplicada es que la distancia entre las torres se eleva en forma aproximada a la raíz cuadrada de la altura de las torres. Por ejemplo, con torres de 100 m de altura se pueden lograr unos 80 Km. de distancia sin considerar imperfecciones del terreno.

La creciente demanda de espectros obliga a mejorar continuamente la tecnología de modo que las transmisiones puedan usar frecuencias todavía más altas. Las bandas de 10 GHz son ahora de uso rutinario, pero cerca de los 8 GHz se presenta un nuevo problema: la absorción del agua. Estas ondas solo tienen unos centímetros de longitud y la lluvia los absorbe.

Existen bandas que no requieren licencia alguna para ser utilizadas pero tienen el problema de que están muy pobladas en las frecuencias de 900 MHz, 2.4 GHz y 5 GHz.

### Ondas infrarrojas y milimétricas

Las ondas infrarrojas y milimétricas no guiadas se usan mucho para la comunicación de corto alcance. Ejemplo de ello son los controles remotos de electrodomésticos como televisores y video caseteras. Tienen la ventaja de que el costo de su implementación es muy bajo pero sufren el inconveniente de que no atraviesan objetos sólidos. En general, conforme pasamos de la radio de onda larga hacia la luz visible, las ondas se comportan cada vez más como la luz y cada vez menos como la radio. También es importante considerar que el hecho de que las ondas infrarrojas no atraviesen los sólidos representa una ventaja ya que evita las interferencias.

### Arquitectura ISDN

La idea clave en la que se basa la ISDN es la del *conducto digital de bits*, un conducto conceptual entre el cliente y la compañía telefónica a través del cual fluyen los bits, sin importar si los mismos se originan en un teléfono digital, una PC o una máquina digital de fax.

El conducto digital puede, manejar múltiples canales independientes por medio de multiplexión por división de tiempo del flujo de bits.

### La interfaz ISDN

El conducto de bits ISDN maneja, como ya dijimos, múltiples canales intercalados mediante multiplexión. En este aspecto se han estandarizado varios tipos de canales:

- A. Canal analógico telefónico de 4KHz
- B. Canal digital PCM de 64 Kbps para voz o datos
- C. Canal digital de 8 o 16 kbps
- D. Canal digital de 16 kbps para señalización fuera de banda
- E. Canal digital de 64 kbps para señalización ISDN interna
- H. Canal digital de 384, 1536 o 1920 kbps.

### Servicios ISDN

El servicio clave de ISDN continuará siendo la voz, aunque existen muchas características especiales mejoradas como por ejemplo: botón para establecer llamadas instantáneas con cualquier teléfono del mundo, Caller ID, redireccionamiento de llamadas, conferencias.

Los servicios avanzados que no son de voz incluyen tomar la lectura del medidor de luz en forma remota y alarmas en líneas médicas, contra ladrones, etc. que proporcionan la dirección en cuestión para agilizar la respuesta.