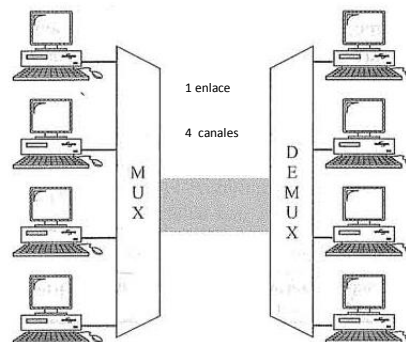
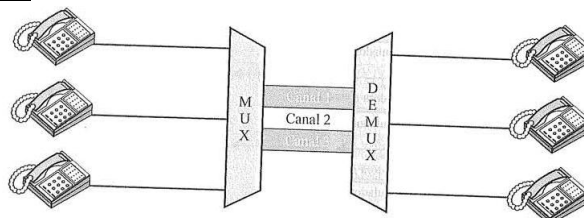


CAPITULO 6. MULTIPLEXACIÓN Y ENSANCHADO

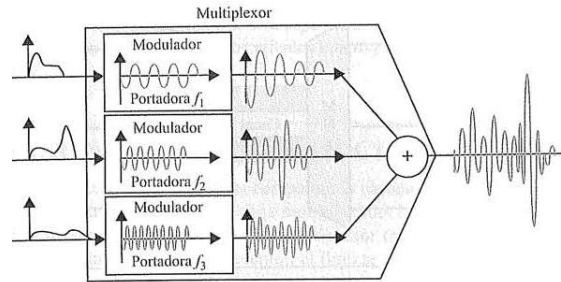
- La utilización del ancho de banda es el buen uso del ancho de banda disponible para conseguir unos objetivos específicos.
- La eficiencia se puede conseguir mediante la multiplexación.
- La intimidad y la eliminación de las interferencias se puede conseguir mediante el ensanchado.
- MULTIPLEXACIÓN:
 - Siempre que el ancho de banda de un medio que enlaza dos dispositivos sea mayor que el ancho de banda que necesitan los dispositivos, el enlace se puede compartir.
 - La multiplexación es el conjunto de técnicas que permiten la transmisión simultánea de múltiples señales a través de un único enlace de datos.
 - n líneas de entrada, envían sus flujos de transmisión a un multiplexor (MUX), que los combina en un único flujo. En el extremo receptor, el flujo se introduce en un demultiplexor (DEMUX), que separa el flujo en sus transmisiones componentes y los dirige a sus correspondientes líneas.
 - *Enlace*, se refiere al camino físico que conecta dos dispositivos.
 - *Canal*, se refiere a la porción de un enlace que transporta una transmisión entre un par dado de líneas.



- Multiplexación por división de frecuencia (FDM):
 - Es una técnica analógica.
 - Se utiliza cuando el ancho de banda de un enlace (en hercios) es mayor que los anchos de banda combinados de las señales a transmitir.
 - Las señales generadas por cada dispositivo emisor se modulan usando distintas frecuencias portadoras. Estas señales moduladas se combinan en una única señal compuesta que será transportada por el enlace.
 - Los canales deben estar separados por tiras de anchos de banda sin usar, denominadas bandas de guarda.

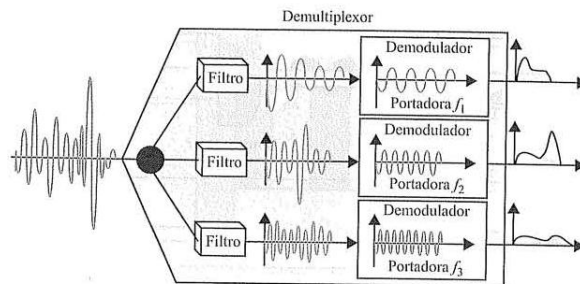


- Proceso de la multiplexación:
 - Cada fuente genera una señal con un rango de frecuencia similar.
 - Dentro del multiplexor, estas señales similares se modulan sobre distintas frecuencias portadoras.
 - Las señales moduladas resultantes se combinan después en una única señal compuesta que se envía sobre un enlace que tiene ancho de banda suficiente para acomodarlas.



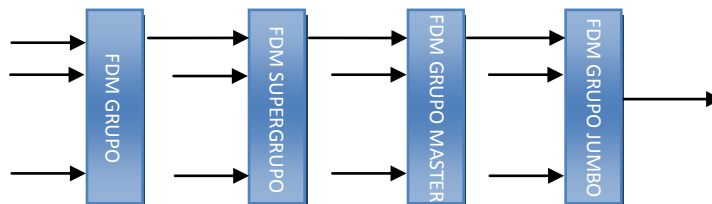
▪ Proceso de demultiplexación:

- El demultiplexor usa una serie de filtros para descomponer la señal multiplexada en las señales componentes que la constituyen.
- Las señales individuales se pasan a un demodulador que las separa de sus portadoras y las pasa a líneas de salida.



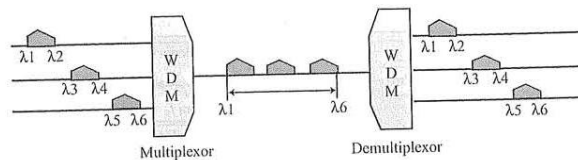
▪ El sistema de portadora analógica:

- Para maximizar la eficiencia de su infraestructura, las compañías telefónicas han multiplexado tradicionalmente las señales de líneas de bajo ancho de banda en líneas de gran ancho de banda.
- Para líneas analógicas se utiliza FDM.
- Ejemplo de este sistema jerárquico es de la compañía AT&T:

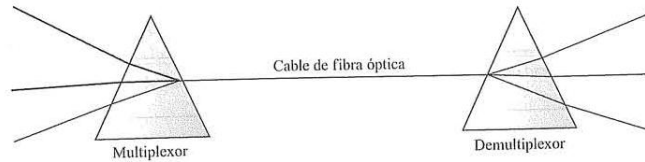


○ Multiplexación por división de longitud de onda (WDM):

- Diseñado para utilizar la capacidad de alta tasa de datos de la fibra óptica.
- Es una técnica de multiplexación analógica que combina señales ópticas.

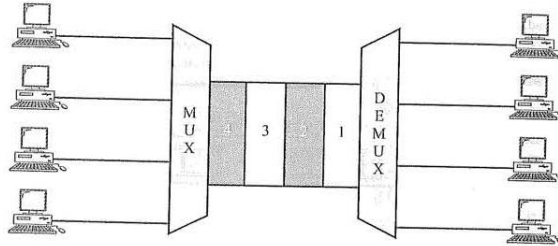


- Se combinan múltiples haces de luz dentro de una única luz en el multiplexor, haciendo la operación inversa en el demultiplexor.
- Esto se resuelve fácilmente con un prisma.
- WDM denso (WDMD) multiplexa un gran número de canales, situando los canales muy cerca unos de otros.



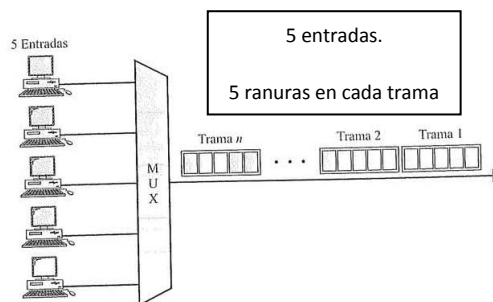
○ Multiplexación por división de tiempo (TDM):

- Es una técnica de multiplexación digital que combina varios canales de baja tasa en uno de alta tasa.
- En lugar de compartir una porción del ancho de banda como en FDM, se comparte el tiempo.



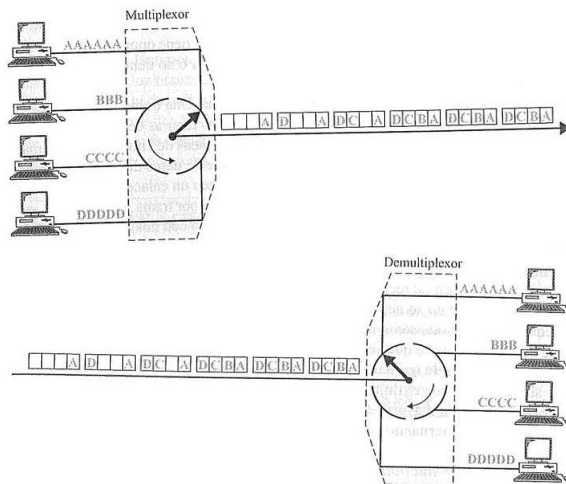
▪ TDM síncrona:

- Cada conexión de entrada tiene una asignación en la salida aunque no se envíen datos.
- Ranuras de tiempo y tramas:
 - El flujo de datos de cada conexión de entrada se divide en unidades, donde cada unidad ocupa una ranura de tiempo de entrada.
 - Una unidad puede ser un bit, un carácter o un bloque de datos.
 - Cada unidad de entrada se convierte en una unidad de salida y ocupa una ranura de tiempo en la salida.
 - La duración de una ranura de salida es n veces más corta que la duración de una ranura de entrada, siendo n el número de conexiones.
 - En una trama se introduce una ronda de unidades de datos de cada conexión de entrada.
 - Si se tienen n conexiones, la trama se divide en n ranuras de tiempo.
 - La tasa de datos en el enlace es n veces más rápida, y la duración de la unidad es n veces más corta.

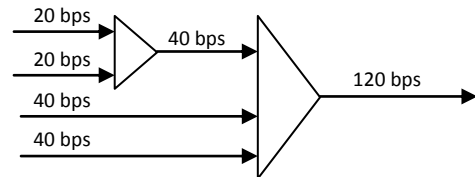


• Entrelazado:

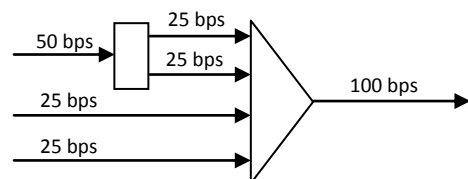
- Se puede visualizar como dos conmutadores de rápida rotación, no en el lado de la multiplexación y otro en el lado de la demultiplexación.
- Los conmutadores se sincronizan y rotan a la misma velocidad pero en direcciones opuestas.



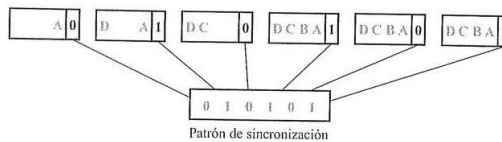
- Ranuras vacías:
 - TDM no es tan eficiente como podría ser.
 - Si un emisor no tiene datos que enviar, la ranura correspondiente en la trama de salida está vacía.
- Gestión de la tasa de datos:
 - Si las tasas de datos de entrada no son iguales se pueden emplear tres estrategias.
 - Multiplexación multinivel:
 - Técnica utilizada cuando la tasa de datos de una línea es múltiplo de otras.



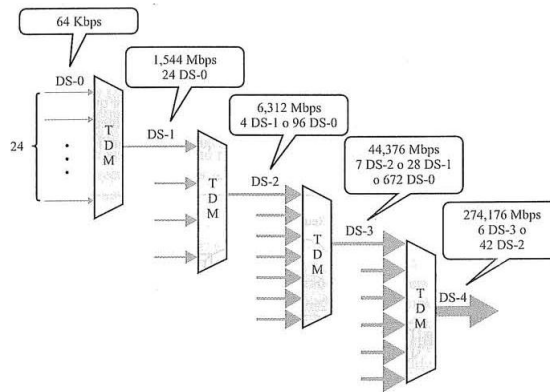
- Asignación de múltiples ranuras:
 - A veces es más eficiente asignar más de una ranura en una trama a una única línea de entrada, insertando un conversor serie paralelo en la línea para hacer dos entradas a partir de una.



- Inserción de pulsos o inserción de bits:
 - Esta técnica se usa cuando las tasas de datos no son múltiplos unas de otras.
 - Se hace que la tasa más alta sea la dominante y al resto de tasas se le añaden bit extras hasta igualarla con la dominante.
- Sincronización de tramas:
 - Si el multiplexor y el demultiplexor no están sincronizados, un bit de un canal puede ser recibido por un canal equivocado.
 - Por esta razón se añaden uno o más bits de sincronización al comienzo de cada trama, denominados bits de tramado.



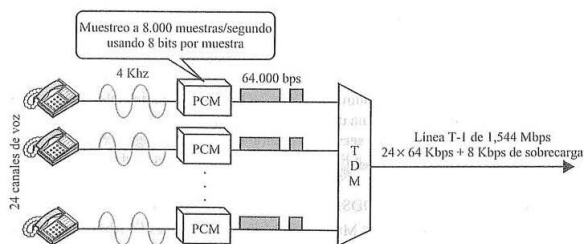
- Servicio de la señal digital (DS) o jerarquía digital:
 - Implementación TDM a través de una jerarquía de señales digitales por parte de las compañías telefónicas.



- Líneas T:
 - Líneas cuyas capacidades coinciden precisamente con las tasas de datos de los servicios DS-0 a DS-4.

Servicio	Línea	Tasa (Mbps)	Canales de voz
DS-1	T-1	1,544	24
DS-2	T-2	6,312	96
DS-3	T-3	44,736	672
DS-4	T-4	274,176	4.032

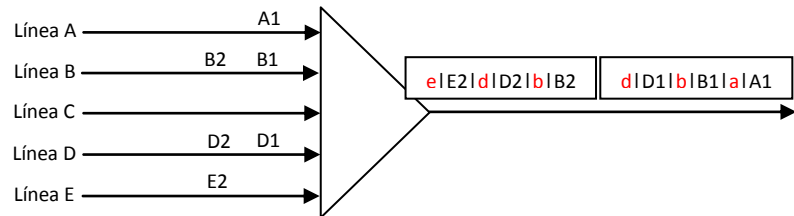
- Líneas T para la transmisión analógica:
 - Las líneas T se pueden usar también para transmisión analógica (conexiones telefónicas regulares), asumiendo que las señales analógicas son muestreadas y después multiplexadas.



- Líneas E:
 - Versión europea de las líneas T.
 - Ambos sistemas son conceptualmente iguales, pero con capacidades distintas.

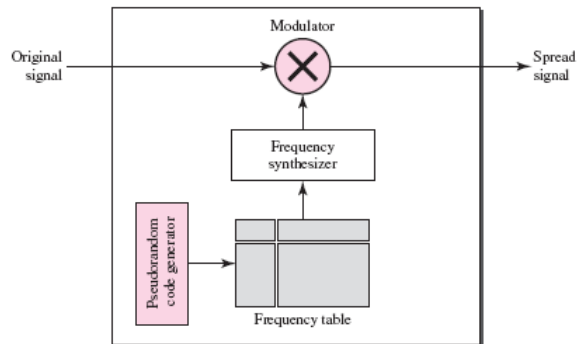
Línea	Tasa (Mbps)	Canales de voz
E-1	2,048	30
E-2	8,448	120
E-3	34,368	480
E-4	139,264	1.920

- Multiplexación estadística por división del tiempo:
 - Las ranuras de tiempo se asignan dinámicamente, mejorando el ancho de banda.
 - Sólo cuando una línea de entrada tiene datos que enviar obtiene una ranura en la trama de salida.
 - El número de ranuras en cada trama es menor que el número de líneas de entrada.



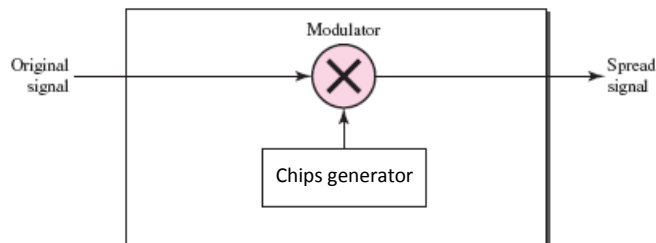
- Direccionamiento:
 - Se incluye la dirección del receptor en cada ranura, para indicar donde será entregada.
 - El direccionamiento en su forma más sencilla puede tener n bits para definir N líneas de salida diferentes con $n = \log_2 N$.
- Tamaño de la ranura:
 - Puesto que una ranura de tiempo transporta datos y direcciones, la relación entre tamaño de datos y el de direcciones debe ser razonable para asegurar que la transmisión es eficiente.
- Ancho de banda:
 - La capacidad del enlace normalmente es menor que la suma de las capacidades de cada canal.
 - Se define la capacidad del enlace de acuerdo a la estadística de caga de cada canal.
 - Durante periodos de tiempo de pico, algunas ranuras tendrán que esperar.
- ESPECTRO ENSANCHADO:
 - Combina varias fuentes para obtener un ancho de banda mayor.
 - Se diseñó para su uso en aplicaciones inalámbricas (LAN y WAN).
 - En las aplicaciones inalámbricas, todas las estaciones utilizan el aire o el vacío como medio de comunicación. Las estaciones deben ser capaces de compartir el medio sin ser interceptadas ni sufrir interferencias de intrusos.
 - Las técnicas de espectro de ensanchado, añaden redundancia.
 - Si el ancho de banda de cada estación es B , el ensanchado lo expande a $B_{SS} \gg B$.
 - Estos objetivos se consiguen a través de dos principios:
 - El ancho de banda asignado a cada estación necesita ser bastante mayor que el necesario. Esto permite la redundancia.
 - La expansión del ancho de banda original ha de ser hecho por un proceso que sea independiente de la señal original.
 - Hay dos técnicas para ensanchar el ancho de banda: espectro ensanchado por salto de frecuencia (FHSS) y espectro de ensanchado por secuencia directa (DSSS).
 - Espectro ensanchado por salto de frecuencia (FHSS):
 - La señal se emite sobre una serie de frecuencias aparentemente aleatorias, saltando de frecuencia en frecuencia sincrónicamente con el transmisor. Los receptores no autorizados escucharán una señal ininteligible. Si se intentara interceptar la señal, sólo se conseguiría para unos pocos bits.
 - El orden en los saltos en frecuencia se determina según una secuencia pseudoaleatoria almacenada en unas tablas, y que tanto el emisor y el receptor deben conocer.
 - Un generador de códigos pseudoaleatorio, denominado ruido pseudoaleatorio (PN), crea un patrón de K bits para cada periodo de salto T_h .

- La tabla de frecuencias utiliza el patrón para encontrar la frecuencia a ser utilizada para este periodo y la pasa al sintetizador de frecuencias.
- El sintetizador crea una señal portadora para esa frecuencia, y la señal origen modula la señal portadora.



○ Espectro de ensanchado por secuencia directa (DSSS):

- Se reemplaza cada bit de datos por n bits utilizando un código de ensanchado.
- Cada bit tiene asignado un código de n bits, denominados *chips*, donde la tasa de chips es n veces la tasa de bits de datos.



▪ Secuencia de Barker:

- También llamado código de dispersión o pseudoruido. Es una secuencia rápida diseñada para que aparezca aproximadamente la misma cantidad de 1 que de 0. Un ejemplo de esta secuencia es el siguiente. +1-1+1+1-1+1+1+1-1-1-1 Solo los receptores a los que el emisor haya enviado previamente la secuencia podrán recomponer la señal original. Además, al sustituir cada bit de datos a transmitir, por una secuencia de 11 bits equivalente, aunque parte de la señal de transmisión se vea afectada por interferencias, el receptor aún puede reconstruir fácilmente la información a partir de la señal recibida.