

RAL - Unidad 3

**LA CAPA FÍSICA:  
MULTIPLEXIÓN Y  
ESPECTRO EXPANDIDO**

# Multiplexión (multiplexación)

- ¿Cómo dividir un canal en múltiples subcanales para:
  - compartirlo entre varios usuarios o/y
  - convertirlo en *full-duplex* o/y
  - adaptarlo dinámicamente a la transmisión?
- Esta función está a medio camino entre la capa física y la subcapa de control de acceso al medio (MAC) de la capa de enlace de datos

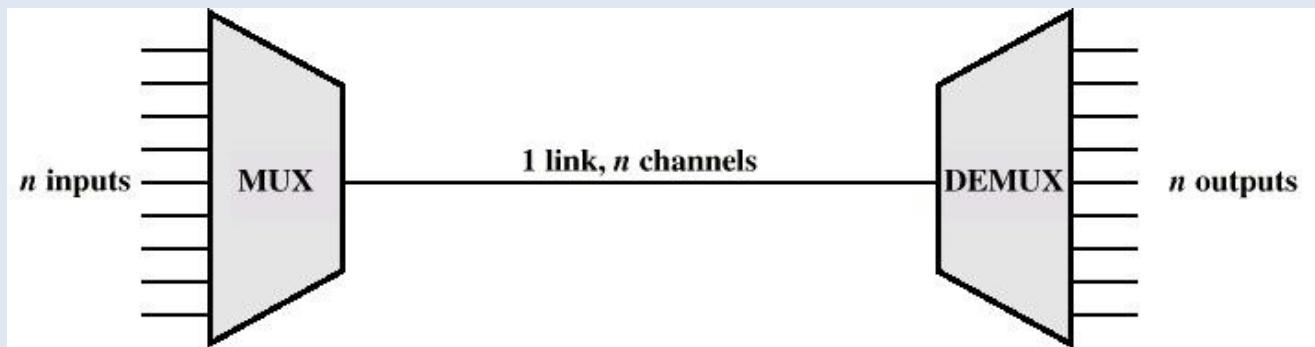


Figure 8.1 Multiplexing

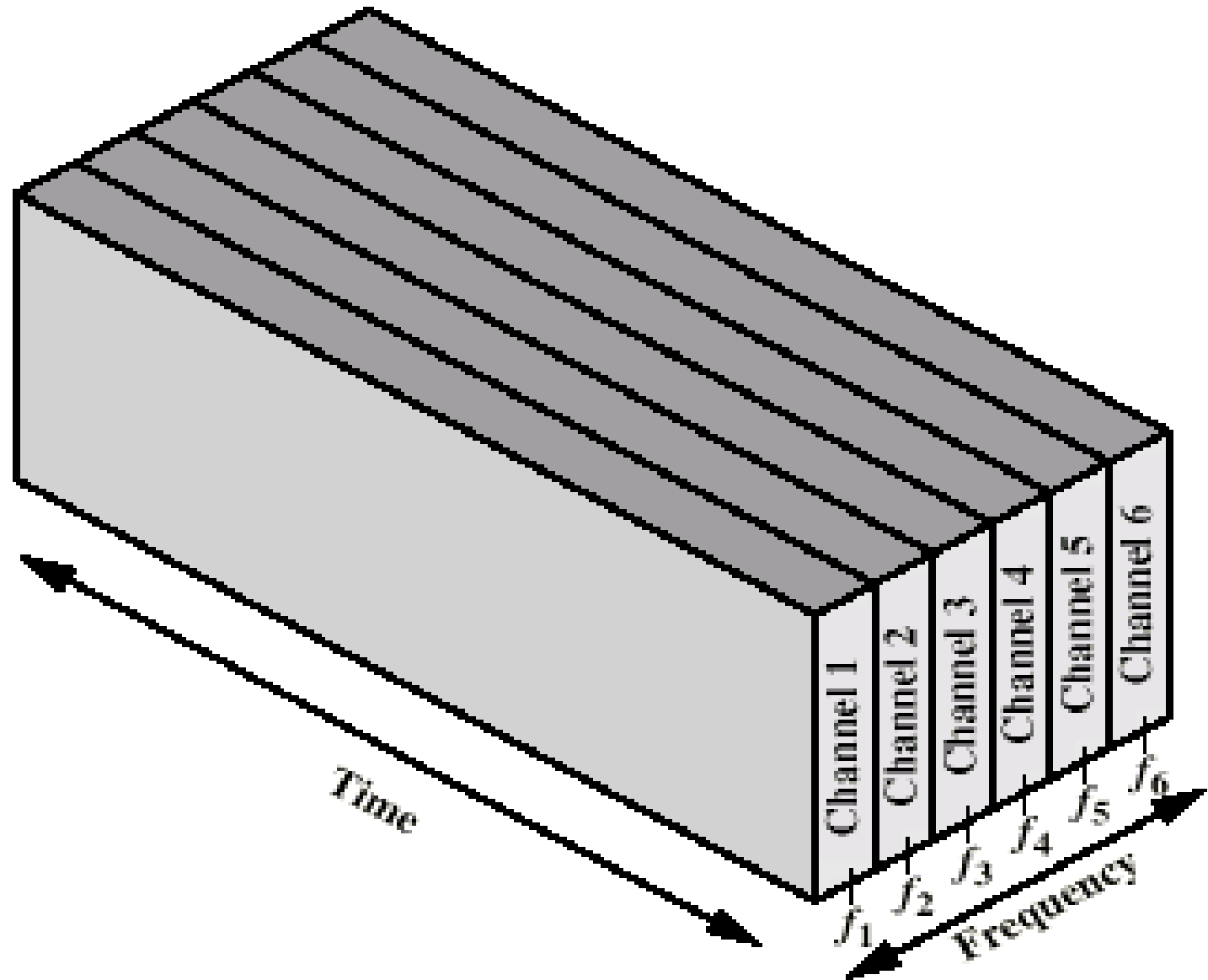
# Multiplexión - Tipos

- Según el dominio:
  - de la **Frecuencia** (FDM/WDM)
  - del **Tiempo** (TDM)
- Según el mecanismo:
  - **estática**, siempre libre de contienda
  - **dinámica**, sólo se da en el dominio del tiempo
    - sin contienda
      - con dispositivos controladores que evitan la colisión entre datos de distintas estaciones
    - con contienda
  - **espectro expandido**

# FDM

- Multiplexión por División de Frecuencia
- Es posible si el ancho de banda útil del medio excede al requerido por las señales a transmitir
- Sólo puede usarse con señales analógicas para transmitir **datos analógicos o digitales**
  - mediante la **modulación** de los datos en portadoras de diferente frecuencia llamadas **subportadoras**
  - las frecuencias de las subportadoras se separan para que las señales no se solapen (bandas de guardia)
- Ejemplo: radiodifusión

# FDM - Diagrama

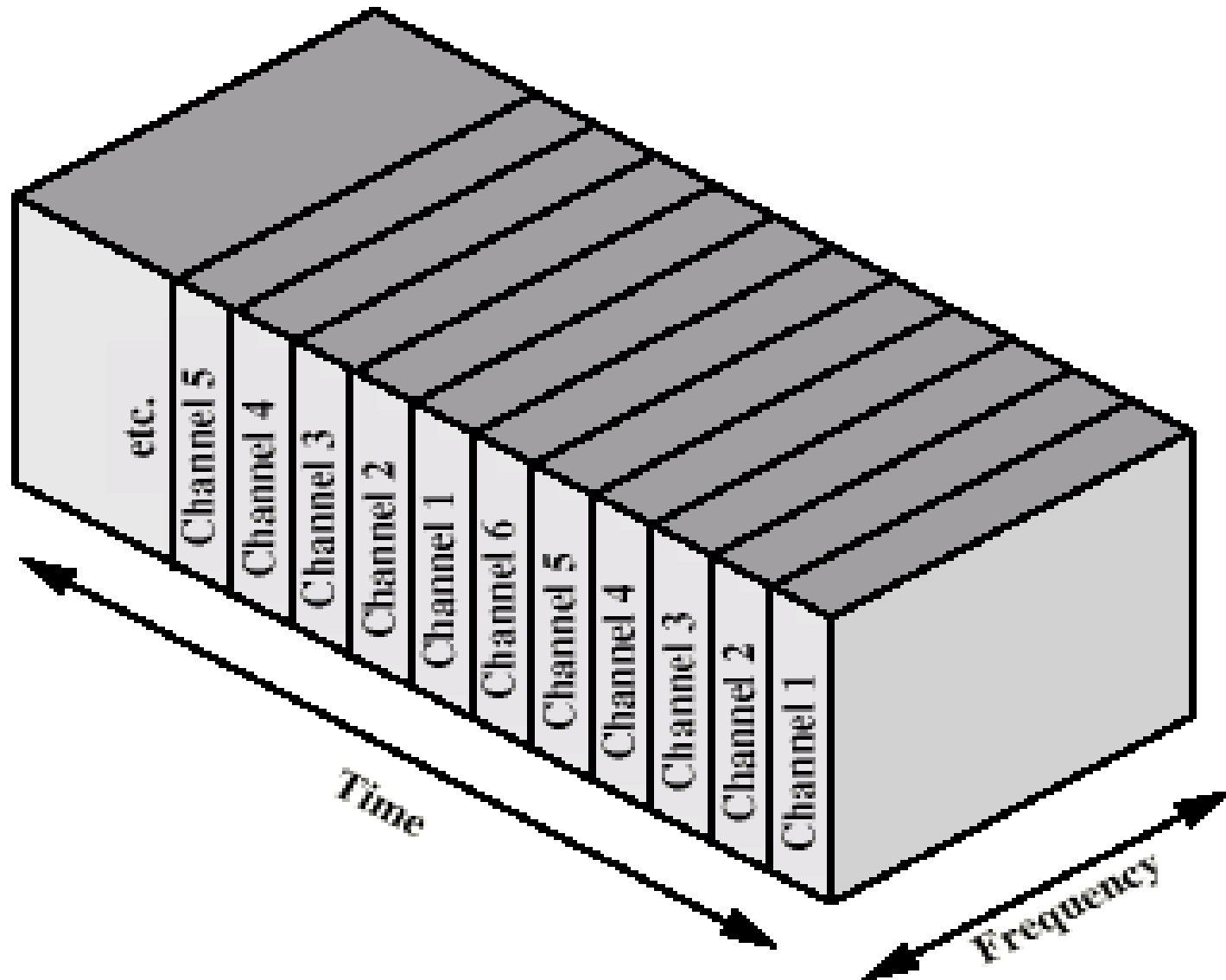


- Multiplexión por división en longitud de onda
  - múltiple haces (canales) de luz en diferentes frecuencias (colores), por tanto, es una forma de FDM
  - 3 tipos: convencional, gruesa (Coarse), densa (Dense); según el espaciado entre los canales (100-25GHz)
- Suele utilizarse con cable de fibra óptica monomodo
- En 1997, los laboratorios Bell:
  - 100 haces
  - cada uno a 10 Gbps
  - dando 1 Terabit por segundo (Tbps)
- Sistemas comerciales de 160 canales de 10 Gbps están disponibles hoy en día
- Alcatel consiguió 256 canales, a 39.8 Gbps x canal
  - 10.1 Tbps y más de 100km
- Lectura: “Telefónica prueba con éxito el envío de 100 gigabits por segundo a más de mil kilómetros”

# TDM Síncrona

- Multiplexión por División en el Tiempo Síncrona
- Es posible si la tasa de datos del medio excede la tasa de datos de la señal digital a transmitir
- Sólo se puede usar para transmitir **datos digitales** de distintas fuentes entremezcladas en el tiempo
- La mezcla puede ser a nivel de bit o de bloques
  - se necesitan *buffers* para almacenar los datos
- Se preasignan **ranuras** (*slots*) de igual duración a las distintas fuentes incluso si no hay datos
  - aunque se puede asignar distinto número de ranuras
- Las ranuras de tiempo no tienen que ser distribuidas a partes iguales entre fuentes

# TDM - diagrama





# TDM - Estadística o asíncrona

- En la TDM Síncrona se malgastan muchas ranuras, que no se usan si no hay datos
- En la TDM estadística **se asignan ranuras** de tiempo dinámicamente en base a la demanda de las fuentes (mediante **reserva**)
- El multiplexor rastrea las líneas de entrada y almacena los datos hasta que un marco esté lleno
- La tasa de datos en línea es menor que la suma de las tasas de las líneas de entrada
- Ejemplo:
  - en el **cable-modem** cada abonado comparte el canal con el resto de los de su zona y debe reservar ranuras para el canal de subida, que el operador debe conceder.

# Espectro Expandido - Concepto

- Se expande el ancho de banda de la señal original resultando una señal de espectro mucho mas ancho que el inicialmente necesario
  - evitar la detección de las comunicaciones (débil protección),
  - limitar las interferencias y el ruido,
  - y permitir a varios usuarios usar el mismo espectro.

# Espectro Expandido - Técnicas

- Hay diversas técnicas de expansión de la señal, pero en principio podemos dividir las en dos:
  - se hace saltar la señal entre distintos subcanales (FDM) siguiendo una secuencia dictada por un generador de números pseudoaleatorios: *Frequency-Hopping S.S. (FHSS)*
  - se envía cada bit como una secuencia pseudoaleatoria de pulsos (*chips*) [o su complementaria, representando el otro símbolo]: *Direct Sequence S.S. (DSSS)* y *Code Division Multiple Access (CDMA)*
- El receptor la misma secuencia para interpretar la señal

# Espectro Expandido - Ejemplos

- *Bluetooth* (IEEE 802.15) y WLAN (IEEE 802.11 *legacy*)
  - FHSS de 79 canales de 1MHz
  - cada canal, modulado mediante FSK, a 1 o 2Mbps
- WLAN
  - DSSS y PSK (IEEE 802.11 *legacy & b*)
- Telefonía móvil
  - CDMA (Acceso múltiple por división de código) basado en DSSS
  - varios usuarios pueden compartir el mismo ancho de banda con muy pocas interferencias asignándole a cada su propia secuencia de *chips*