

# Capa Fisica

Objetivo de la capa fisica: transportar un stream de datos de una maquina a otra.

Por medios fisicos como:

- Cable trenzado de cobre
- Fibra optica
- ondas de radio, etc.

La capa fisica no solo consiste de medios de transporte. Sino tambien de como estan conectados entre si. De esto dependera el estilo de la red y su complejidad.

Para ello estudiamos

## Teoria de señales

Se pueden representar en funcion del tiempo y hay dos categorias:

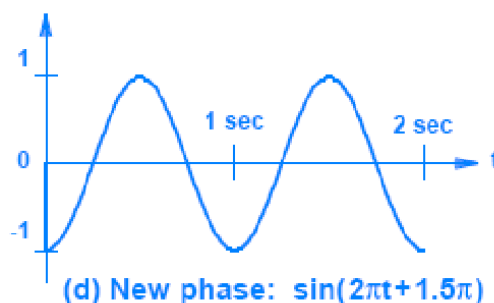
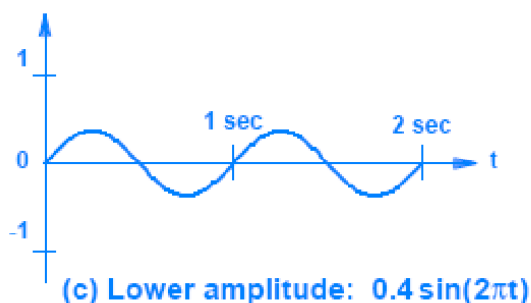
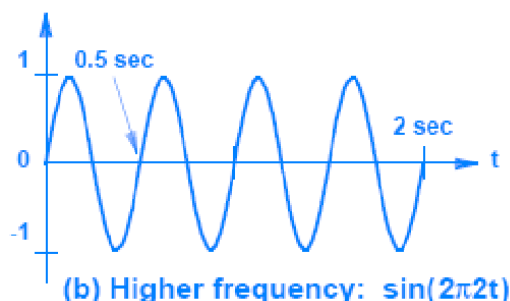
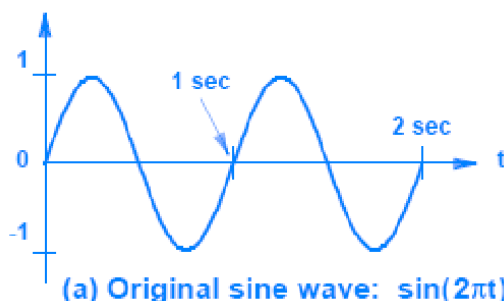
- Analogicas: son funciones continuas (voz humana, radio, microondas)
- Digitales: representadas como cambios de niveles (niveles de voltaje)
- Periodicas
  - .  $s(t+T) = s(t)$  para todo  $t$
- Aperiodicas

Ondas sinusoidales:

- son producidas por fenomenos naturales
- la funcion seno es sinusoidal
  - .  $s(t) = A \sin(2\pi f t + \phi)$ ,  $t$  numero real

Propiedades:

- Frecuencia: oscilaciones por segundo.  $f=1/T$ .
- Amplitud: diferencia entre alturas maxima y minima
- Fase: cuanto es desplazado el comienzo de la onda a partir de un tiempo de referencia.
- El periodo (T) = tiempo requerido por un ciclo.



# Representaciones gráficas de las señales

- Hay distintas maneras de representar gráficamente las señales.
- **Representación de dominio de tiempo (ya visto)**
  - Grafo de una señal como función del tiempo.
- **Representación de dominio de frecuencia.**
  - **Grafo de dominio de frecuencia**
    - Muestra conjunto de ondas sinusoidales simples que constituyen la función compuesta.
    - $A \sin(2\pi ft)$  es representada por una línea simple de altura  $A$  que se posiciona en  $x = f$ .

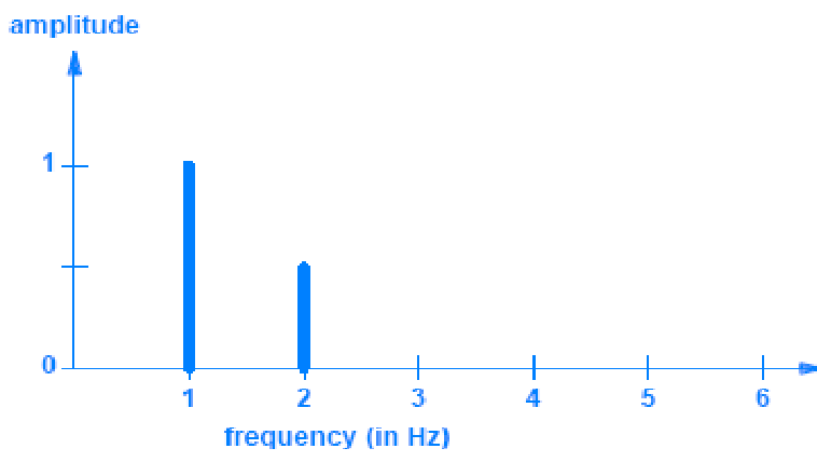


Figure 6.6 Representation of  $\sin(2\pi t)$  and  $0.5\sin(2\pi 2t)$  in the frequency domain.

**Ejemplo:** El grafo de dominio de frecuencia de la Fig. 6.6 representa una composición de Fig. 6.5c

20

El espectro de una señal = rango de frecuencias que contiene.  
Ancho de banda analógica = ancho del espectro.

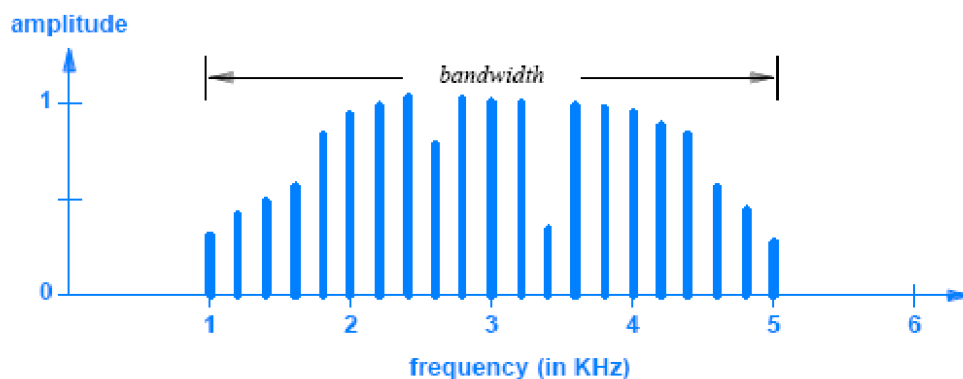


Figure 6.7 A frequency domain plot of an analog signal with a bandwidth of 4 KHz.

Las señales digitales usan voltajes para representar valores digitales. Se usan  $2^n$  niveles para representar números de n bits.

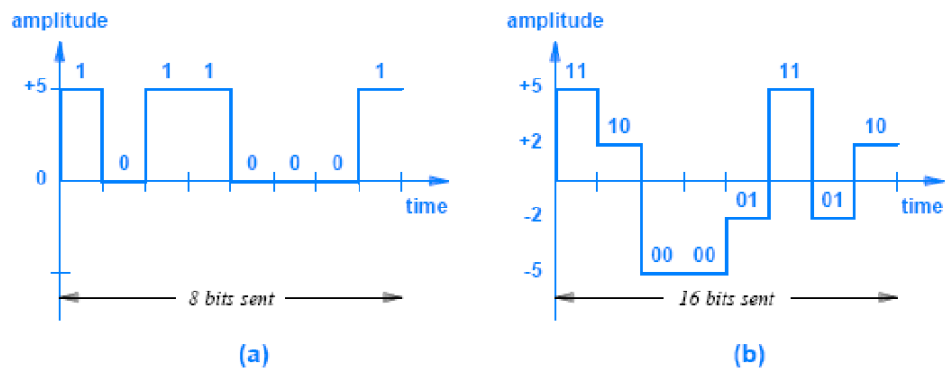


Figure 6.8 (a) A digital signal using two levels, and (b) a digital signal using four levels.

**Propósito:** Comprender cómo se trabaja con señales digitales en Ethernet y en Fast Ethernet.

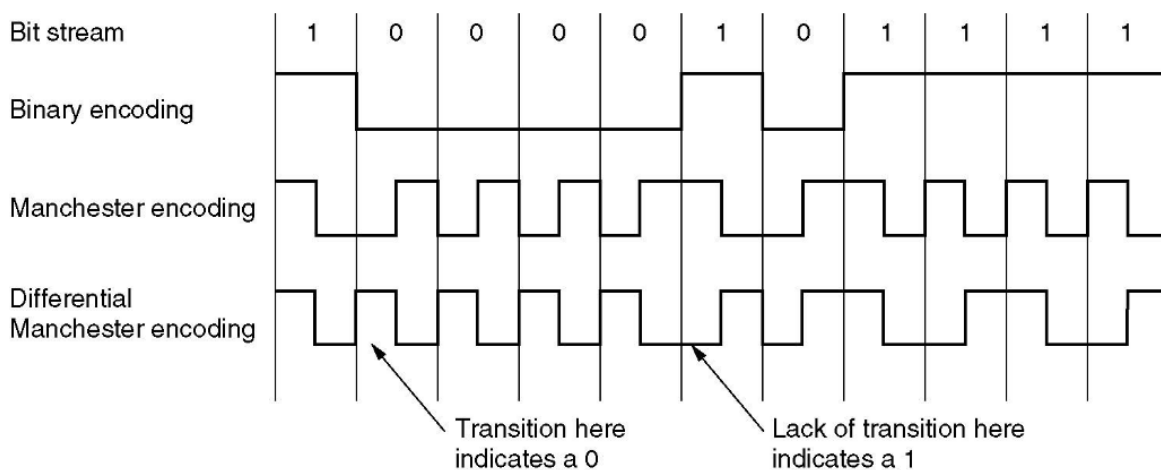
### Solución 1: Codificación Manchester

- ☐ Cada período de bit se divide en dos intervalos iguales.
- ☐ Un bit 1 se envía teniendo un voltaje alto en el primer intervalo y bajo durante el segundo.
- ☐ Un 0 binario es justo lo inverso: primero bajo y después alto.

### Solución 2: Codificación Manchester Diferencial

- ☐ un bit 1 se indica mediante la ausencia de una transición al inicio del intervalo.
- ☐ Un bit 0 se indica mediante la presencia de una transición al inicio del intervalo.
- ☐ En ambos casos, también hay una transición a la mitad.

**Evaluación:** El esquema diferencial requiere equipo más complejo, pero ofrece mejor inmunidad al ruido.



Todos los sistemas Ethernet usan codificaciones Manchester.

- ❑ La señal alta es de 0,85 voltios y la baja de – 0,85 voltios.

### 100BASE-FX (fast ethernet)

- ❑ 2 líneas de fibra óptica : una para recepción (RX) y la otra para transmitir (TX).
- ❑ La distancia entre una estación y el conmutador es de hasta 2 km.
- ❑ Los cables 100BaseFX deben conectarse a conmutadores.
  - Los concentradores no están permitidos con 100Base-FX
- ❑ La codificación es mediante el esquema 4B/5B NRZI.
- ❑ Cada 4 bits de datos son codificados en un símbolo con 5 bits de código, tal que cada bit de código contiene un simple elemento de señal. El bloque de código de 5 bits se llama **grupo de código**.
- ❑ Para asegurar sincronización cada bit de código del stream de 4B/5B es tratado como un valor binario y codificado así: un bit 1 se representa con una transición al comienzo del intervalo de bit y un 0 se representa con ninguna transición al comienzo del intervalo de bit.
- ❑ Cada grupo de 5 períodos de reloj da 32 combinaciones, Las 16 primeros se usan para transmitir números entre 0 y 15. Algunos de los 16 valores restantes se usan para control, como el marcado de límites de tramas.
- ❑ Una transición está presente al menos 2 veces para cada 5-code. No más de 3 ceros son permitidos en un 5-code.

Como se determina la cantidad de bits por segundo de una señal digital.

- Depende del numero de niveles de señal
- De la cantidad de tiempo que el sistema permanece en un nivel dado antes de moverse al siguiente.

El hardware coloca **límites** en cuán corto el tiempo en un nivel debe ser.

- Si la señal no permanece en un nivel por suficiente tiempo, el **hardware receptor (p.ej. tarjeta controladora)** va a fallar en detectarlo.
- La cantidad de veces que una señal puede cambiar por segundo se mide en **baudios**.
- **Ejemplo:** Si se requiere que la señal permanezca en un nivel por 0,001 seg, decimos que el sistema opera a 1000 baud.

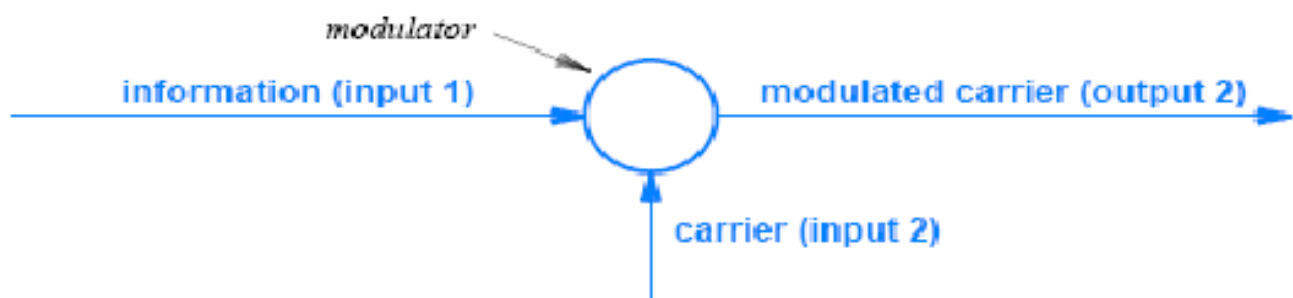
baud y número de niveles de señal controlan la **tasa de bits**.

Relación entre baudios, niveles de señal y tasa de bits.

$$\text{bits por segundo} = N^{\circ} \text{ baudios} \times \lfloor \log_2(\text{niveles}) \rfloor$$

Un modem permite convertir señales digitales a analógicas y viceversa.

Usan portadoras(carrier) de onda sinusoidal donde hace pequeños cambios para representar la info enviada.



**Figure 10.1** The concept of modulation with two inputs.

El modulador cambia alguna de las características de la onda:

- amplitud
- frecuencia
- desplazamiento de fase

**Portadora de onda senoidal** = tono continuo en el rango de 1000 a 2000 Hz

### Modulación de amplitud.

- se usan dos niveles diferentes de amplitud para representar 0 y 1.
- Otra idea es usar  $2^n$  niveles de amplitud para representar símbolos de  $n$  bits. La señal digital se la puede ver como una lista de símbolos de  $n$  bits.

### Modulación de frecuencia.

- Se usan dos o más tonos diferentes.
- Si la señal es más fuerte, la frecuencia del carrier aumenta y si la señal es más débil, la frecuencia del carrier disminuye.
- Es más difícil de visualizar.

### Desplazamiento de fase (DF).

- Es posible usar cambios en la fase para representar una señal.
- ¿Cómo se mide el DF?
- Por el ángulo de cambio.

### Modulación de fase

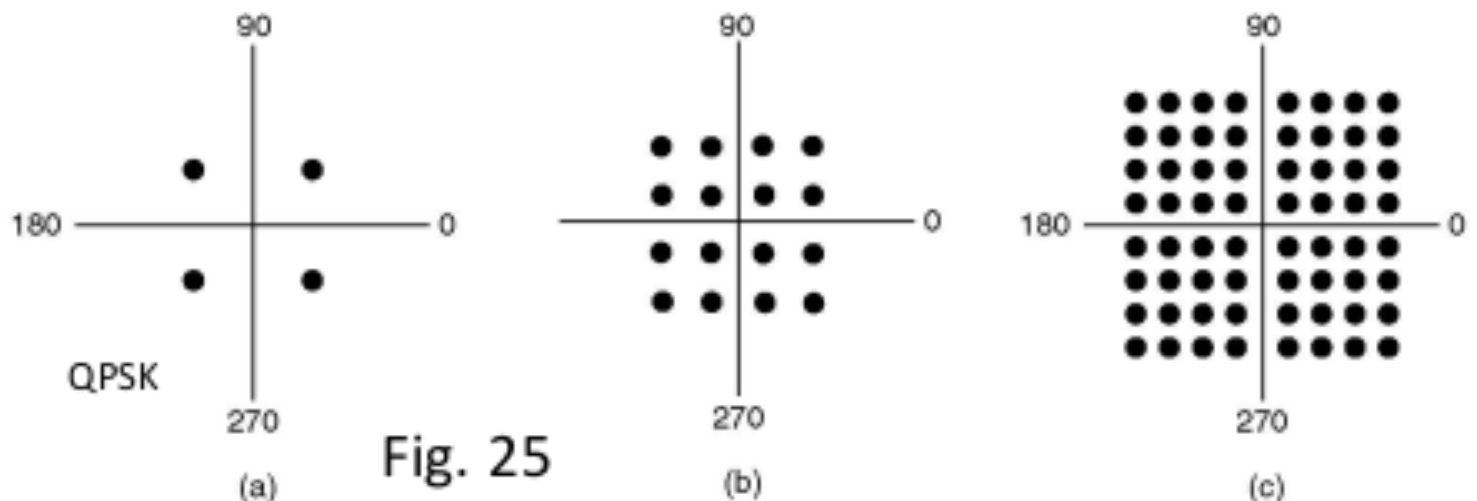
- **Ejemplo:** la onda portadora se desplaza de modo sistemático de 0 a 180 grados a intervalos espaciados de manera uniforme (a esto se le llama BPSK).
- **Ejemplo:** Otro esquema es usar desplazamiento de 45, 135, 225, o 315 grados para transmitir 2b de información por intervalo.
  - Al requerir el DF al final de cada intervalo, se facilita que el receptor reconozca los límites de los intervalos.

**Situación:** Los módems avanzados usan una combinación de técnicas de modulación para transmitir muchos bits por baudio.

- Con frecuencia se combinan múltiples amplitudes y varios DF.
- O sea, se tiene un conjunto de amplitudes CA y un conjunto de desplazamientos de fase CDF.
- Cada combinación es un par:  
 $(\text{amplitud, desplazamiento de fase}) \in CA \times CDF$
- Veremos que las combinaciones pueden ser un subconjunto de  $CA \times CDF$ .
- Si hay  $2^n$  combinaciones usadas, entonces cada combinación representa un número binario de n bits.

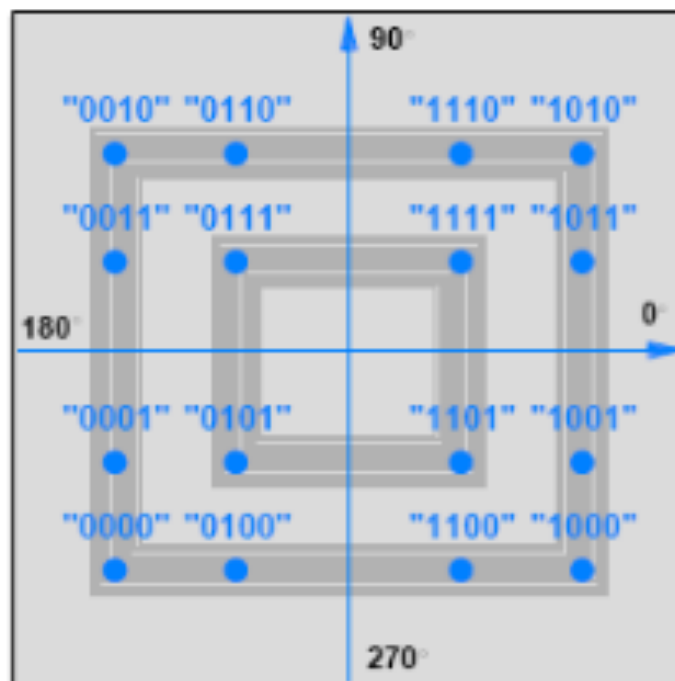
Para esto se usan los diagramas de constelación

- la distancia al origen refleja amplitud
- angulo refleja el desplazamiento de fase
- solo se pueden comunicar modems que tengan el mismo modelo de diagrama de constelación



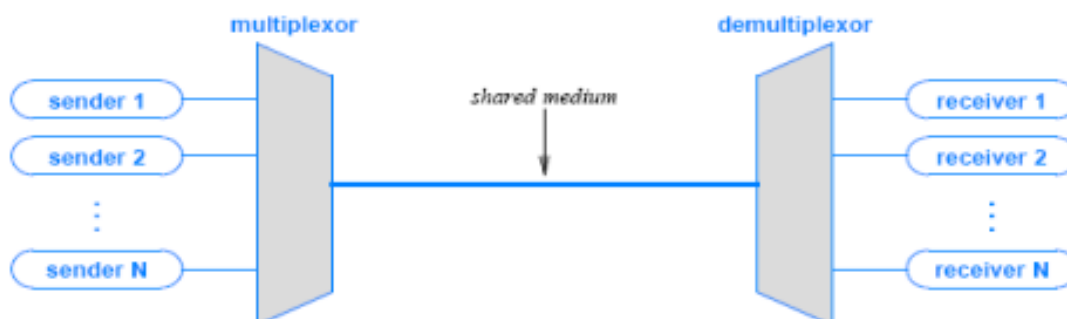
- Fig. 25 b) esquema **QAM-16**: permiten un total de 16 combinaciones diferentes.
  - Se puede usar para enviar 4 bits por símbolo.
  - QAM-16 se puede usar para transmitir 9600 bps sobre una línea de 2400 baudios.
- Fig. 25 c) esquema **QAM-64**: se pueden conseguir 64 combinaciones diferentes, por lo cual es posible transmitir 6 bits por símbolo.





**Figure 10.8** A constellation diagram for 16QAM in which distance from the origin reflects amplitude.

Queremos poner muchas señales en un mismo canal de comunicacion, para poder hacerlo utilizamos multiplexores y demultiplexores para enviar y recibir señales.



**Figure 11.1** The concept of multiplexing in which independent pairs of senders and receivers share a transmission medium.

**Multiplexado:** Un canal transporta varias señales.

**Multiplexor:** mecanismo que implementa el concepto anterior.

**Demultiplexado:** separar la combinación de señales en las señales constitutivas.

**Demultiplexor:** mecanismo que implementa el concepto anterior.

Hay diferentes metodos de multiplexado

- FDM: multiplexado por division de frecuencia
- TDM: multiplexado por division de tiempo
- CDM: multiplexado por division de codigo

En FDM el espectro de frecuencias del canal donde se transmiten las señales, se divide en diferentes bandas y cada usuario posee exclusivamente alguna banda.

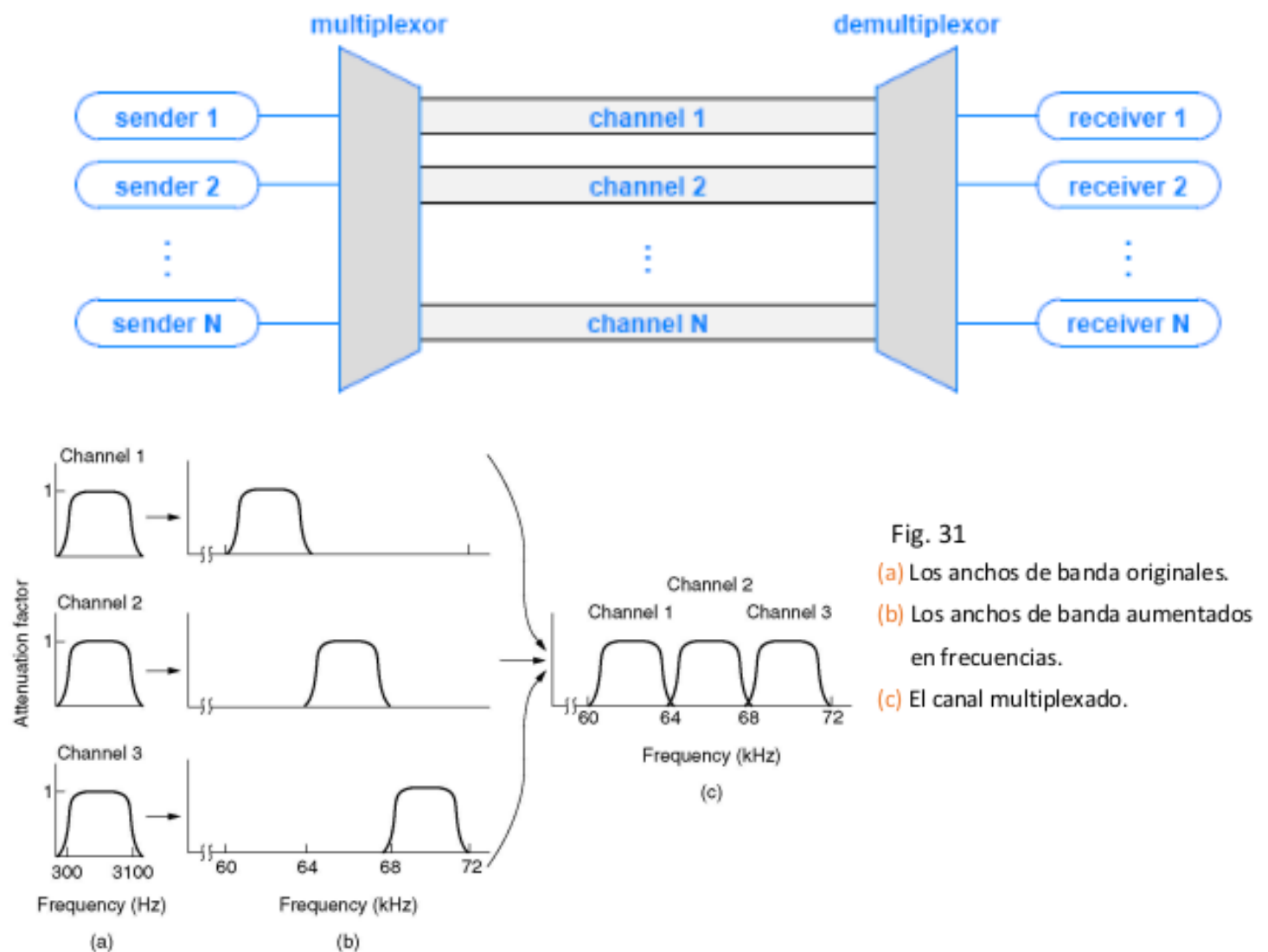


Fig. 31

- (a) Los anchos de banda originales.
- (b) Los anchos de banda aumentados en frecuencias.
- (c) El canal multiplexado.

• **Funcionamiento de un multiplexor en FDM:**

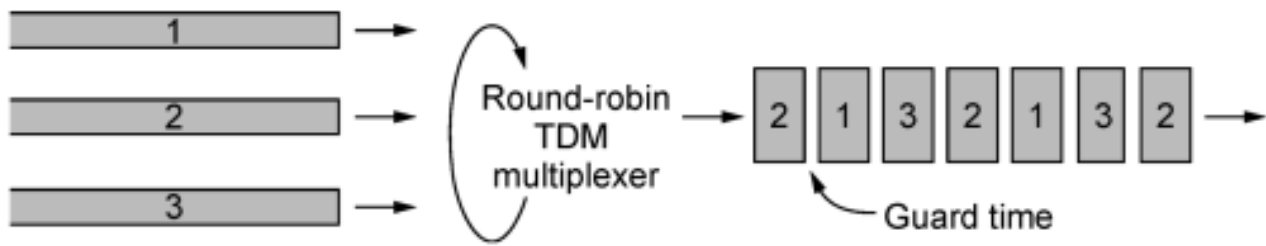
- Primero se eleva la frecuencia de los canales de voz, cada uno en una cantidad diferente,
- después de lo cual se pueden combinar, porque en ese momento no hay dos canales que ocupen la misma porción del espectro.

El demultiplexor para FDM usa filtros para recuperar la señal original.



Si tenemos un conjunto de señales digitales y queremos enviarlas a todas por un mismo canal. Usamos

TDM: Multiplexado por division de tiempo.



**Solución:** usar **multiplexado por división de tiempo (TDM)**

- En **TDM** los usuarios esperan su turno (en round-robin), y cada uno obtiene en forma periódica toda la banda durante un breve lapso de tiempo.
- Los bits de cada una de las señales de entrada son tomados en una **ranura fija de tiempo** y enviados a la señal agregada de salida.

### **Multiplexado por division de codigo CDM o CDMA**

Tenemos muchos circuitos analogicos y cada uno con una señal.  
Queremos colocar todas las señales analogicas en un mismo canal.

Las tramas que colisionan no son distorsionadas; en cambio, se agregan multiples señales en forma lineal. Se utiliza el principio de superposicion de ondas.

En CDMA cada tiempo de bit se subdivide en  $m$  intervalos cortos llamados **chips**.

- Hay 64 o 128 chips por bit.

A cada estación se le asigna un código único de  $m$  bits llamado **secuencia de chips**.

- **Ejemplo:** la estación A tiene secuencia de chips 00011011.

Notacion: el 0 es -1 y el 1 es +1

Cada maquina tiene una secuencia. Para poder enviar bits, utiliza esa secuencia unica.

- si quiere enviar un 1, A enviara los chips (-1-1-1+1+1-1+1+1)
- si quiere enviar un 0, A enviara la negacion de eso (+1 +1 +1 -1 -1 +1 -1 -1)

(a) Secuencias de chips binarias para 4 estaciones

(b) Secuencias de chip bipolares

A: 0 0 0 1 1 0 1 1  
B: 0 0 1 0 1 1 1 0  
C: 0 1 0 1 1 1 0 0  
D: 0 1 0 0 0 0 1 0

(a)

A: (-1 -1 -1 +1 +1 -1 +1 +1)  
B: (-1 -1 +1 -1 +1 +1 +1 -1)  
C: (-1 +1 -1 +1 +1 +1 -1 -1)  
D: (-1 +1 -1 -1 -1 -1 +1 -1)

(b)

Six examples:

-- 1 --	C	$S_1 = (-1 +1 -1 +1 +1 +1 -1 -1)$
- 1 1 -	B + C	$S_2 = (-2 \ 0 \ 0 \ 0 +2 +2 \ 0 -2)$
1 0 --	A + B	$S_3 = (0 \ 0 -2 +2 \ 0 -2 \ 0 +2)$
1 0 1 -	A + B + C	$S_4 = (-1 +1 -3 +3 +1 -1 -1 +1)$
1 1 1 1	A + B + C + D	$S_5 = (-4 \ 0 -2 \ 0 +2 \ 0 +2 -2)$
1 1 0 1	A + B + C + D	$S_6 = (-2 -2 \ 0 -2 \ 0 -2 +4 \ 0)$

(c)

(c) Seis ejemplos de transmisiones

$S_1 \cdot C = (1 +1 +1 +1 +1 +1 +1 +1)/8 = 1$   
 $S_2 \cdot C = (2 +0 +0 +0 +2 +2 +0 +2)/8 = 1$   
 $S_3 \cdot C = (0 +0 +2 +2 +0 -2 +0 -2)/8 = 0$   
 $S_4 \cdot C = (1 +1 +3 +3 +1 -1 +1 -1)/8 = 1$   
 $S_5 \cdot C = (4 +0 +2 +0 +2 +0 -2 +2)/8 = 1$   
 $S_6 \cdot C = (2 -2 +0 -2 +0 -2 -4 +0)/8 = -1$

(d)

(d) Recuperación de la señal de la estación C

- Cuando dos o más estaciones transmiten de manera simultánea, sus señales bipolares se agregan linealmente (ver (c)) debido al **principio de superposición de ondas**.
- **Ejemplo:** si en un período de chips tres estaciones envían +1 y una estación envía -1, el resultado es +2.

El símbolo S significa vector de m chips para la estación S.

Dos secuencias de chip S y T son ortogonales si cumplen

$$S \cdot T \equiv \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S_i T_i = 0$$

Para que un receptor pueda recuperar la señal enviada por cada estación, todas las secuencias deben ser ortogonales dos a dos.

(a) Secuencias de chips binarias para 4 estaciones

(b) Secuencias de chip bipolares

A: 0 0 0 1 1 0 1 1  
B: 0 0 1 0 1 1 1 0  
C: 0 1 0 1 1 1 0 0  
D: 0 1 0 0 0 0 1 0

(a)

A: (-1 -1 -1 +1 +1 -1 +1 +1)  
B: (-1 -1 +1 -1 +1 +1 +1 -1)  
C: (-1 +1 -1 +1 +1 +1 -1 -1)  
D: (-1 +1 -1 -1 -1 -1 +1 -1)

(b)

Six examples:

-- 1 --	C	$S_1 = (-1 +1 -1 +1 +1 +1 -1 -1)$
- 1 1 -	B + C	$S_2 = (-2 \ 0 \ 0 \ 0 +2 +2 \ 0 -2)$
1 0 --	A + B	$S_3 = (0 \ 0 -2 +2 \ 0 -2 \ 0 +2)$
1 0 1 -	A + B + C	$S_4 = (-1 +1 -3 +3 +1 -1 -1 +1)$
1 1 1 1	A + B + C + D	$S_5 = (-4 \ 0 -2 \ 0 +2 \ 0 +2 -2)$
1 1 0 1	A + B + C + D	$S_6 = (-2 -2 \ 0 -2 \ 0 -2 +4 \ 0)$

(c)

(c) Seis ejemplos de transmisiones

$S_1 \cdot C = (1 +1 +1 +1 +1 +1 +1 +1)/8 = 1$   
 $S_2 \cdot C = (2 +0 +0 +0 +2 +2 +0 +2)/8 = 1$   
 $S_3 \cdot C = (0 +0 +2 +2 +0 -2 +0 -2)/8 = 0$   
 $S_4 \cdot C = (1 +1 +3 +3 +1 -1 +1 -1)/8 = 1$   
 $S_5 \cdot C = (4 +0 +2 +0 +2 +0 -2 +2)/8 = 1$   
 $S_6 \cdot C = (2 -2 +0 -2 +0 -2 -4 +0)/8 = -1$

(d)

$S \cdot C = (A + \bar{B} + C) \cdot C = A \cdot C + \bar{B} \cdot C + C \cdot C = 0 + 0 + 1 = 1$

**Ejemplo:** En la cuarta transmisión el receptor ve la suma: **A + B + C** y calcula:

Para **recuperar el flujo de bits** de una estación, el receptor.

- calcula el producto interno normalizado (i.e. dividido por m) de la secuencia de chips recibida y la secuencia de chips de la estación cuyo flujo de bits se está tratando de recuperar.
- Si la secuencia de chips recibida es **S** y el receptor está tratando de escuchar una estación cuya secuencia de chips es **C**, simplemente calcula **S · C**.

