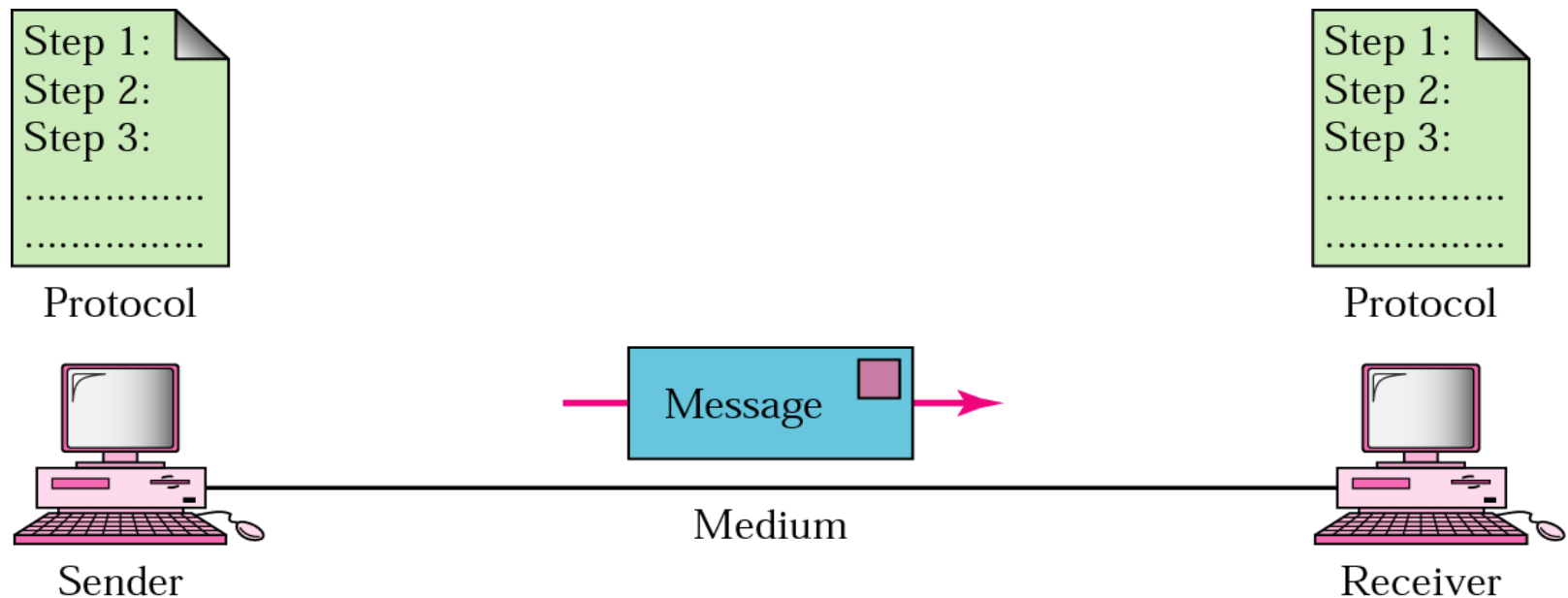


Introducción al Nivel Físico

- ❖ Modelo simplificado para la comunicación
- ❖ Transmisión de datos
 - Señales en tiempo y frecuencia
 - Definición de decibelios
 - Atenuación
 - Ruido y SNR
 - Fórmulas de Nyquist y Shannon
- ❖ Medios de transmisión

Modelo simplificado para la comunicación

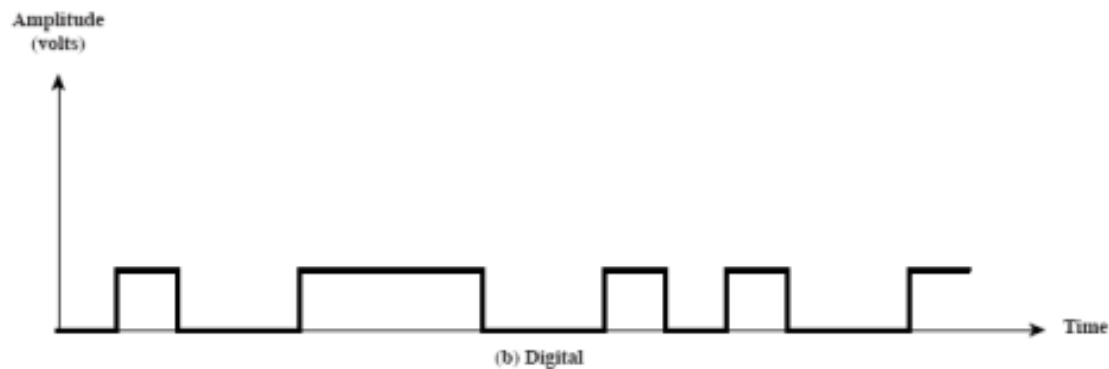
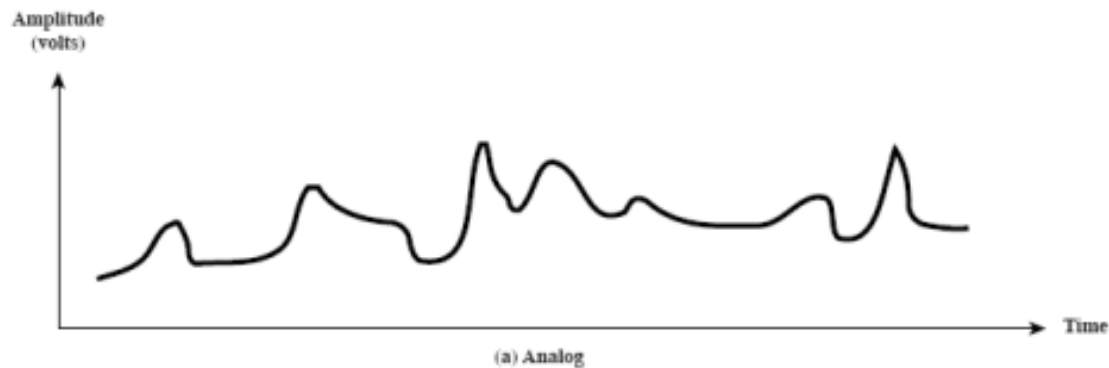
- ❖ Intercambio de mensajes a través de un medio físico
- ❖ El mensaje se representa como una señal eléctrica o electromagnética
- ❖ Para señales digitales, la capacidad del canal se mide en bps



Transmisión de datos

Conceptos en el dominio del tiempo (1)

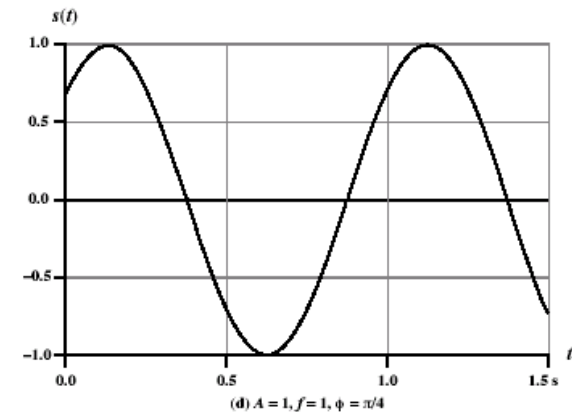
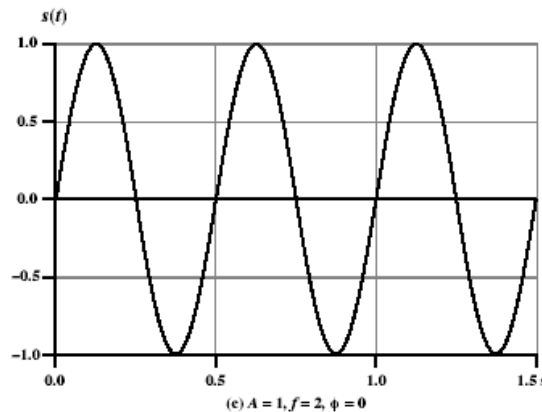
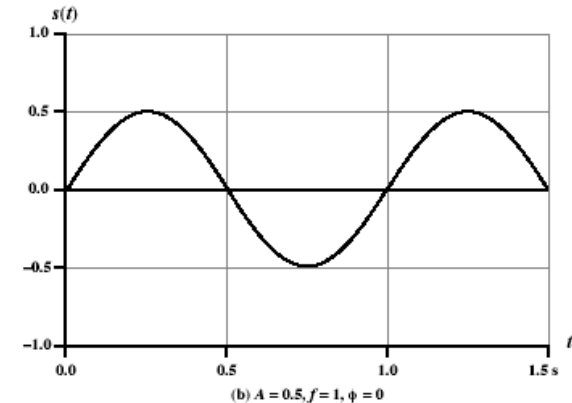
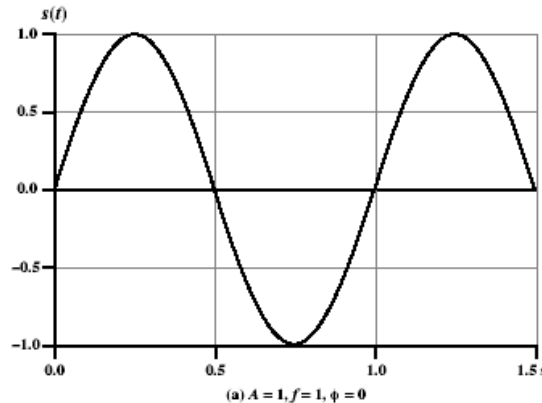
- ❖ Señal analógica: es continua
- ❖ Señal digital: es discreta



Transmisión de datos

Conceptos en el dominio del tiempo (2)

- ❖ $s(t)$ es periódica si y sólo si $s(t + T) = s(t)$, $-\infty < t < +\infty$
- ❖ Onda sinusoidal: $s(t) = A \sin(2\pi f t + \varphi)$
 - Amplitud (A)
 - Frecuencia (f)
 - Fase (φ)
 - Longitud de onda (λ)



Transmisión de datos

Conceptos en el dominio de la frecuencia

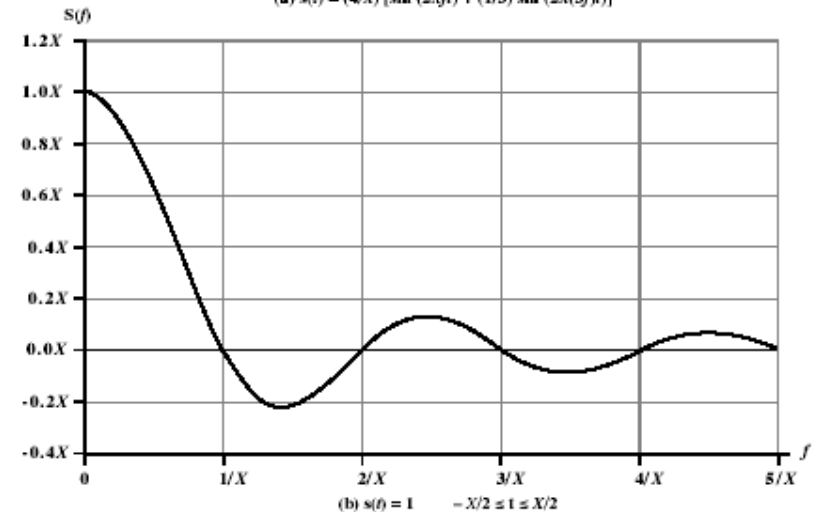
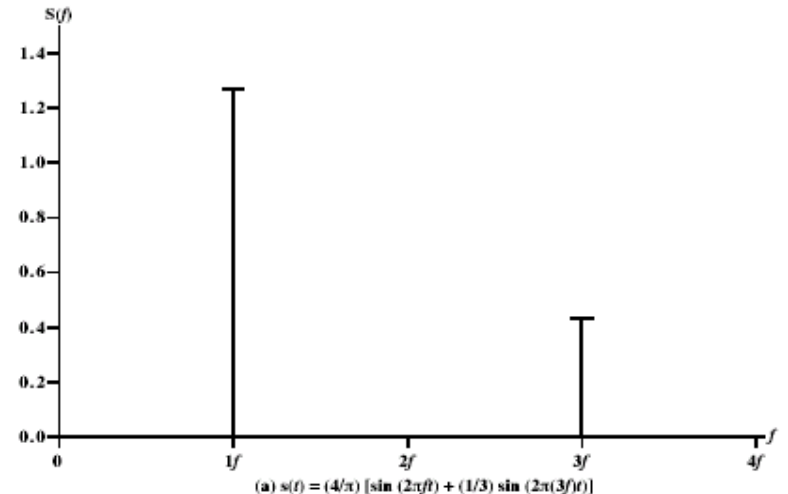
❖ Serie de Fourier:

$$s(t) = \frac{1}{2}c + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin(2\pi n f t) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \cos(2\pi n f t)$$

- Frecuencia fundamental

❖ Transformada de Fourier: no periódicas

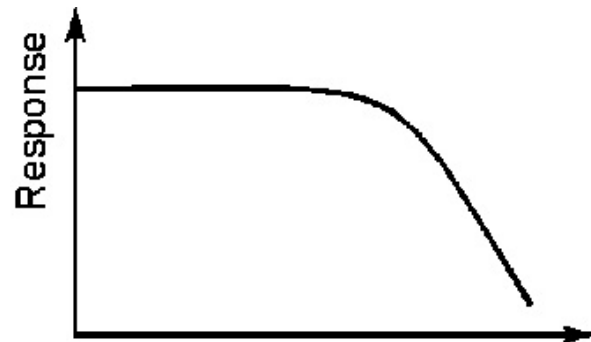
❖ Espectro: conjunto de frecuencias que constituyen una señal



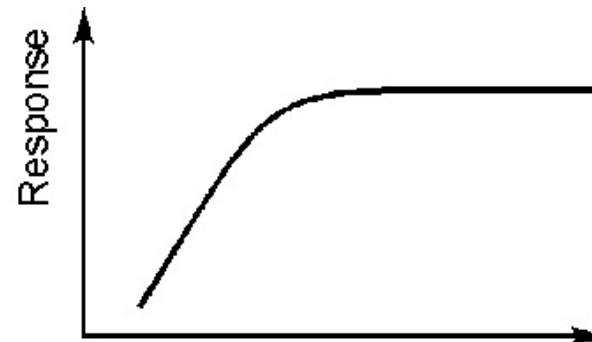
Transmisión de datos

Filtrado de señales

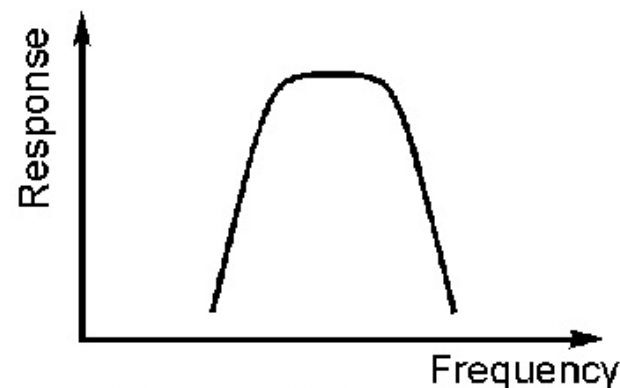
- ❖ Comportamiento ideal de los filtros: frecuencia de corte f_c



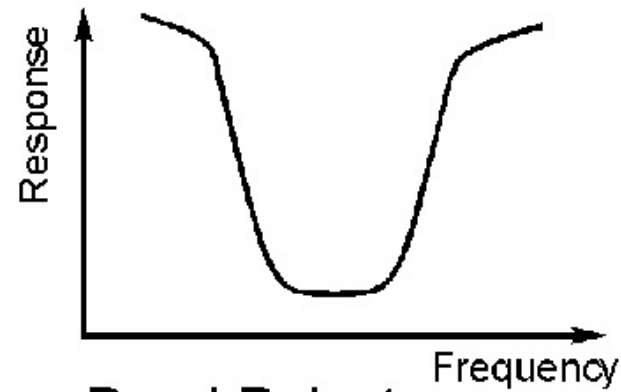
Low Pass



High Pass



Band Pass



Band Reject

Transmisión de datos

Definición de decibelios (dB)

- ❖ Es una medida del cociente entre dos niveles de señal

$$L_{dB} = -10 \log_{10} \frac{P_{salida}}{P_{entrada}} = 10 \log_{10} \frac{P_{entrada}}{P_{salida}}$$

- ❖ Para medir diferencias de tensión ($P = V^2 / R$)

$$L_{dB} = -10 \log_{10} \frac{P_{salida}}{P_{entrada}} = -10 \log_{10} \frac{V_{salida}^2 / R}{V_{entrada}^2 / R} = -20 \log_{10} \frac{V_{salida}}{V_{entrada}} = 20 \log_{10} \frac{V_{entrada}}{V_{salida}}$$

- ❖ Para expresar un valor de potencia: decibelio / vatio (dBW)

$$Potencia_{dBW} = 10 \log_{10} \frac{Potencia_W}{1W}$$

Transmisión de datos ► Perturbaciones en la transmisión

Atenuación

- ❖ Por definición, es la relación entre la potencia de entrada y la de salida



- ❖ Pérdida de energía de la señal debido a la distancia
 - Medios guiados: reducción exponencial (por ejemplo, dB / km)
 - Medios no guiados: también depende de las condiciones atmosféricas
 - Propagación en el espacio libre

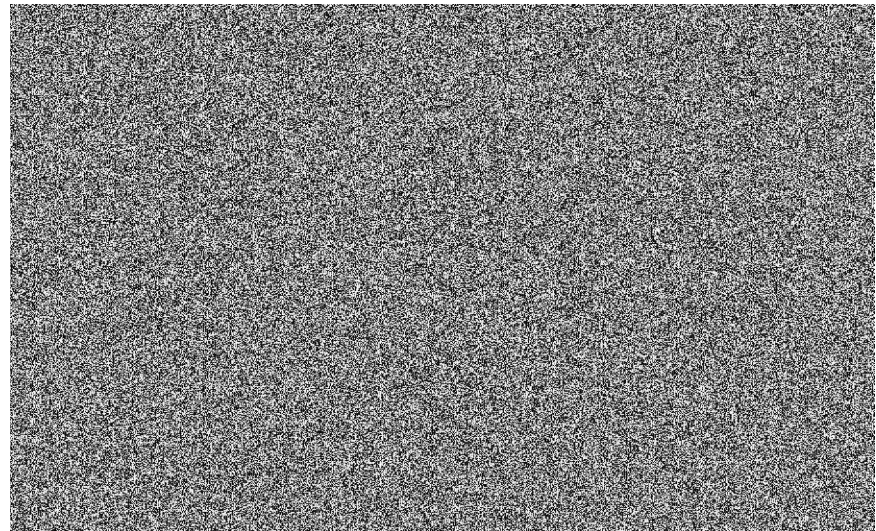
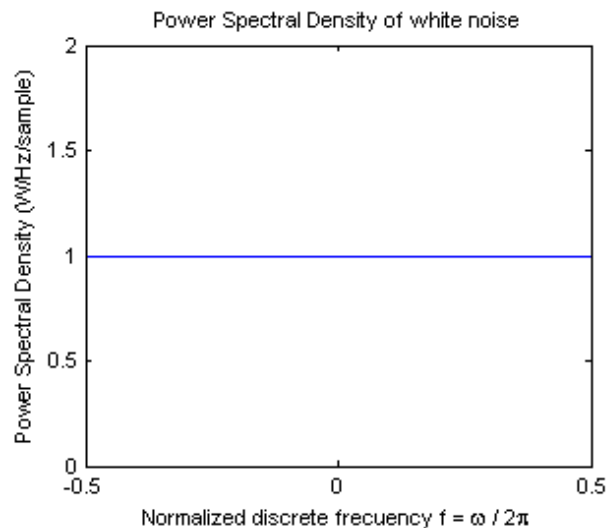
$$L = 10 \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 dB$$

- ❖ Es posible el empleo de amplificadores o repetidores

Transmisión de datos ► Perturbaciones en la transmisión

Ruido (1)

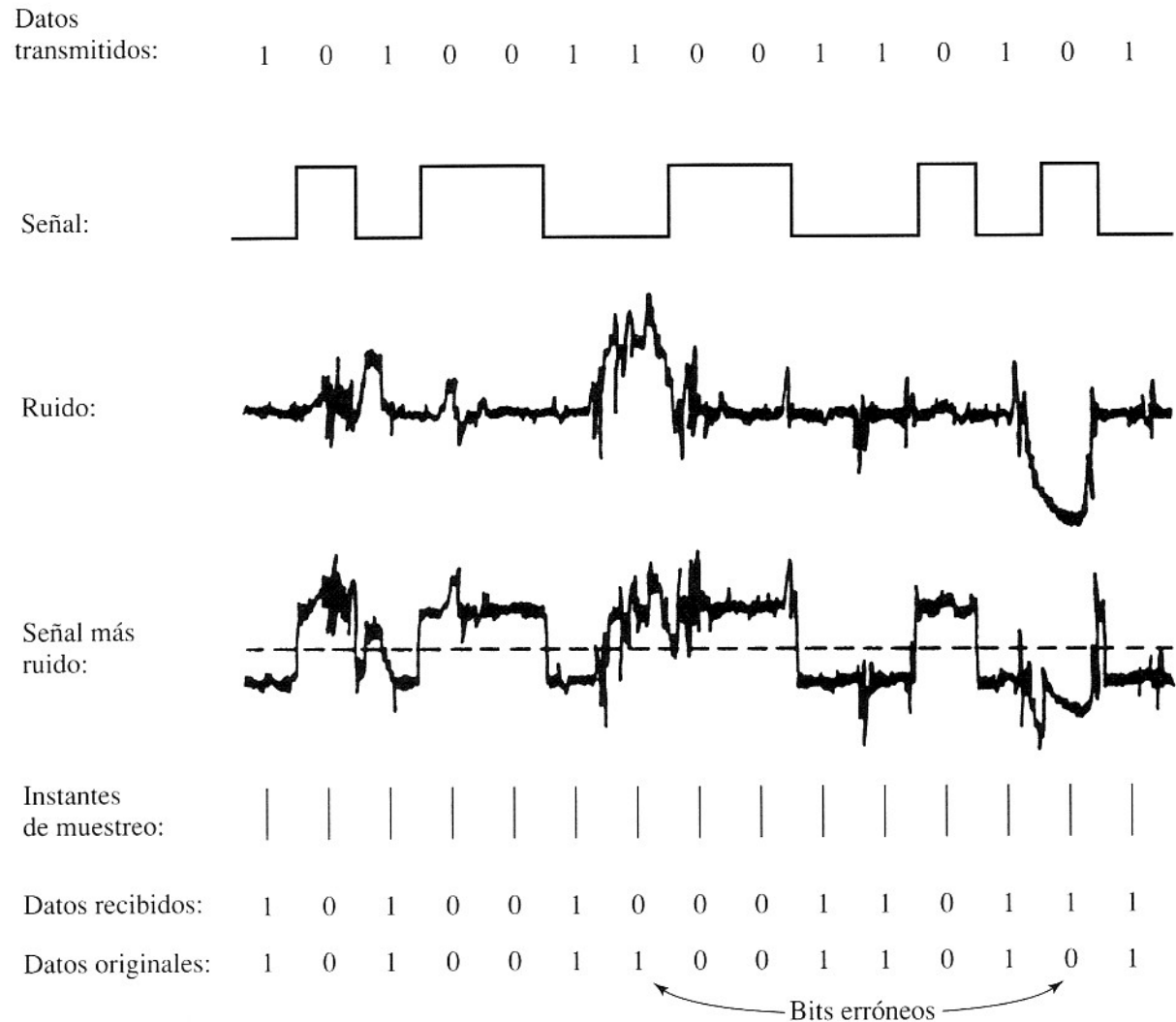
- ❖ Señales no deseadas que se insertan entre emisor y receptor
 - Ruido térmico: debido a la agitación térmica de los electrones. Uniformemente distribuido en el espectro: ruido blanco
 - Para un ancho de banda de 1 Hz: $N_0 = kT$
 - Constante de Boltzmann: $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K
 - Para un ancho de banda de B Hz: $N = kT B$



Transmisión de datos ► Perturbaciones en la transmisión

Ruido (2)

- ❖ Efecto del ruido sobre una señal digital

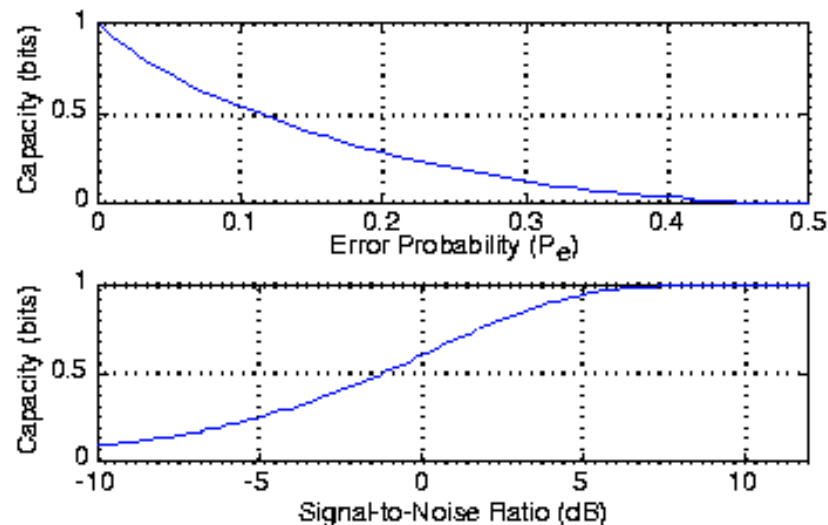


Transmisión de datos

Relación Señal a Ruido

- ❖ Es el cociente entre la potencia de señal y la potencia de ruido en un punto determinado de la transmisión

$$SNR_{dB} = 10 \log_{10} \frac{P_{señal}}{P_{ruido}}$$



Transmisión de datos

Capacidad del canal

- ❖ Nyquist: en un canal exento de ruido, para un ancho B , la mayor velocidad es $2B$. Para M niveles: $C = 2B \log_2 M$
- ❖ Shannon: $C = B \log_2 (1 + SNR)$
- ❖ E_b/N_0 : cociente entre la energía de la señal por bit y la densidad de potencia de ruido por hercio:

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{S/R}{N_0} = \frac{S}{kTR}$$

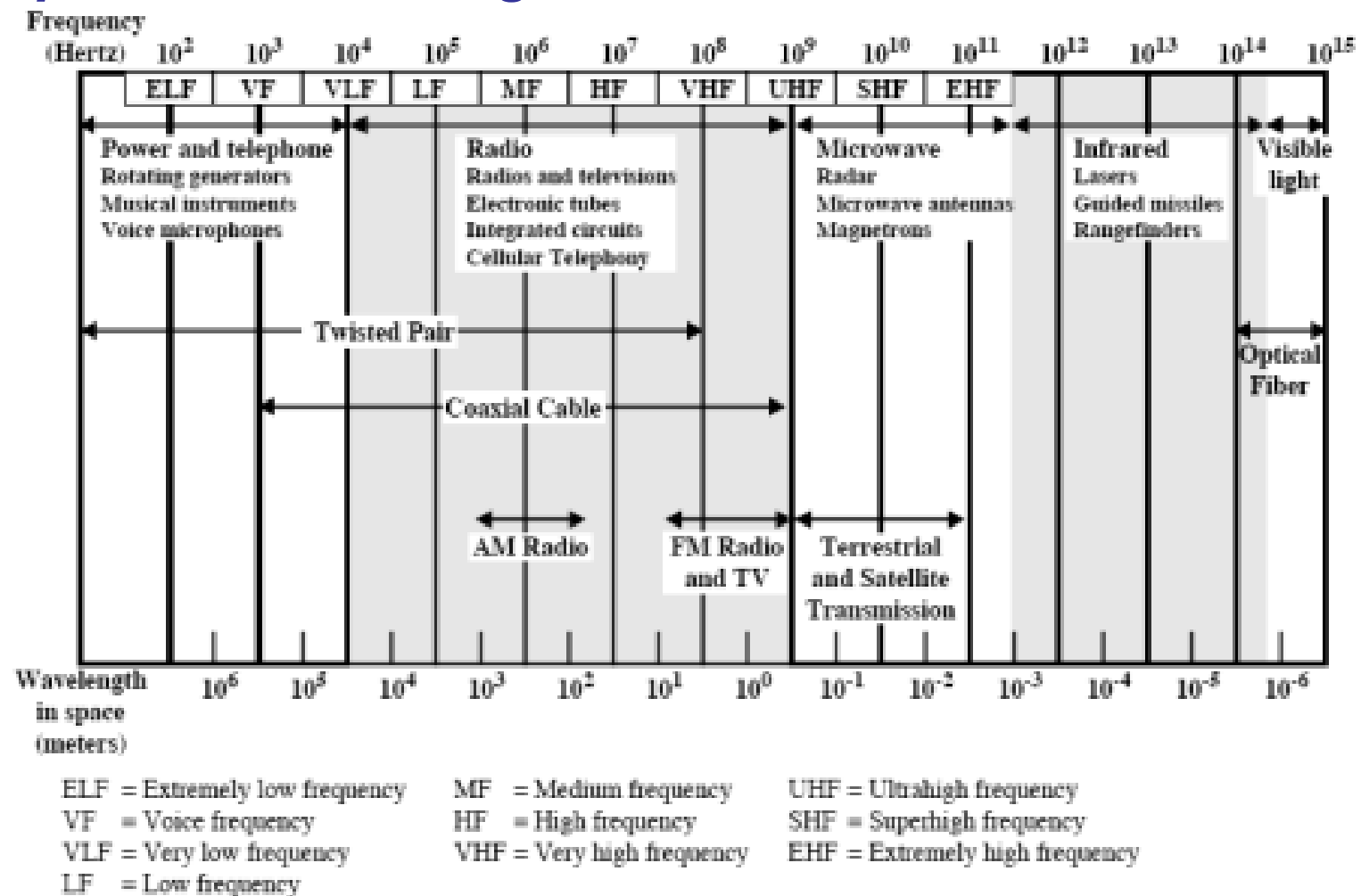
$$\left(\frac{E_b}{N_0} \right)_{dB} = S_{dBW} - 10 \log R + 228,6 \text{ dBW} - 10 \log T$$

Medios de transmisión

- ❖ El medio de transmisión es el camino físico entre el transmisor y el receptor
 - Medios guiados
 - Par trenzado: Atenuación, NEXT
 - Coaxial
 - Fibra óptica
 - Medios no guiados
 - Ondas de radio
 - Microondas
 - Infrarrojos

Medios de transmisión

Espectro electromagnético



Medios de transmisión

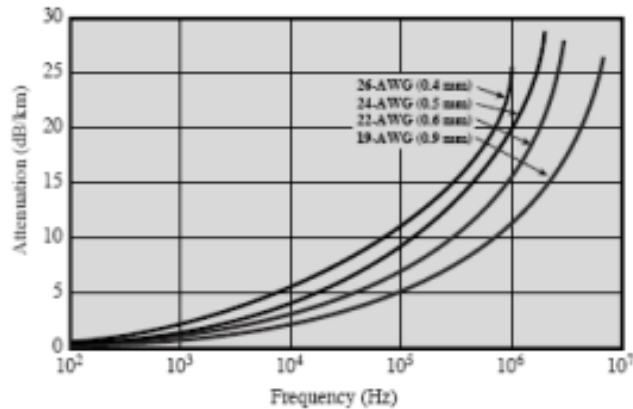
Atenuación y NEXT en par trenzado

- ❖ Atenuación: Pérdida de potencia debida a la distancia
- ❖ NEXT: Diafonía cercana al extremo

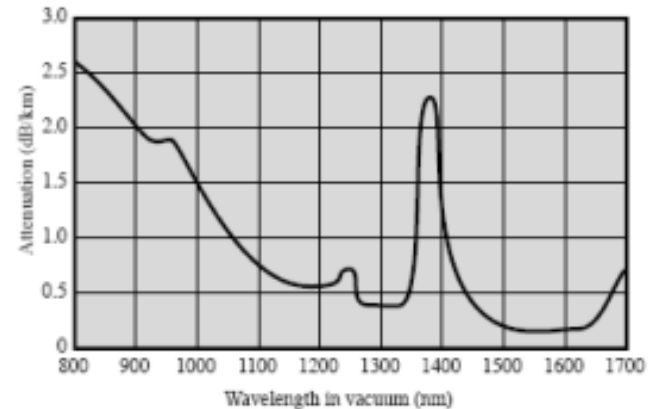
Frequency (MHz)	Attenuation (dB per 100 m)			Near-end Crosstalk (dB)		
	Category 3 UTP	Category 5 UTP	150-ohm STP	Category 3 UTP	Category 5 UTP	150-ohm STP
1	2.6	2.0	1.1	41	62	58
4	5.6	4.1	2.2	32	53	58
16	13.1	8.2	4.4	23	44	50.4
25	—	10.4	6.2	—	41	47.5
100	—	22.0	12.3	—	32	38.5
300	—	—	21.4	—	—	31.3

Medios de transmisión

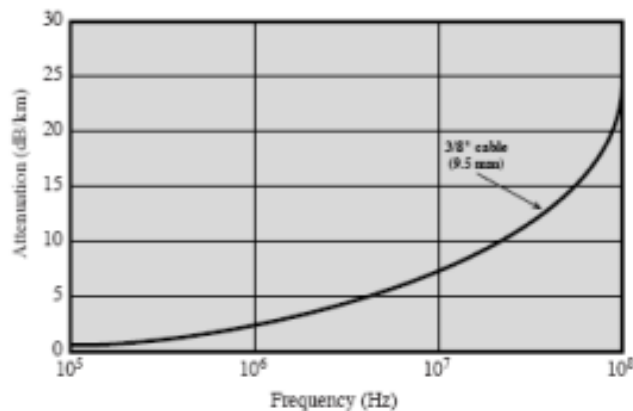
Atenuación en medios guiados



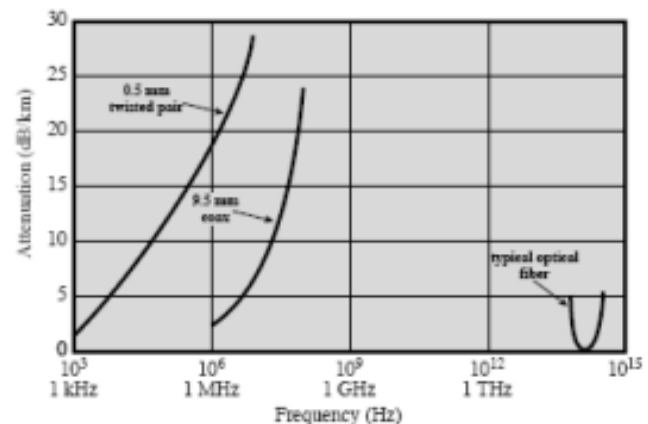
(a) Twisted pair (based on [REEV95])



(c) Optical fiber (based on [FREE02])



(b) Coaxial cable (based on [BELL90])



(d) Composite graph