



DECSAI

Departamento de Ciencias de la Computación e I.A.

Universidad de Granada



Transmisión de Datos

Transmisión de datos y redes de ordenadores

Transmisión de datos



Teoría de la Comunicación

- Análisis de Fourier

Medios de transmisión

- Medios guiados: par trenzado, cable coaxial, fibra óptica
- Medios no guiados (transmisión inalámbrica)

Transmisión analógica vs. Transmisión digital

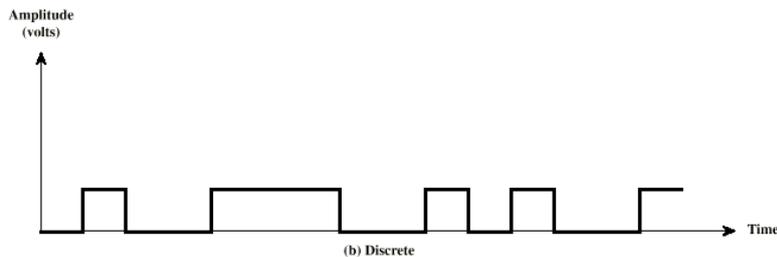
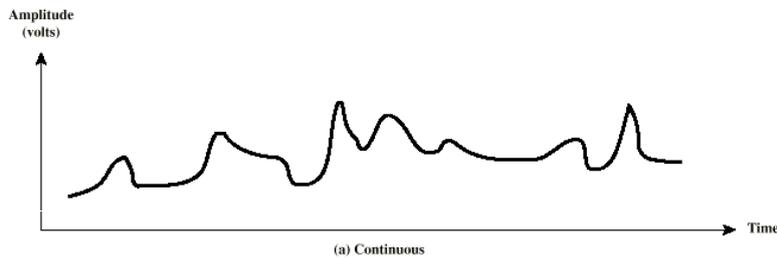
- Modulación
- Conversión A/D
- Codificación de datos



Teoría de la Comunicación



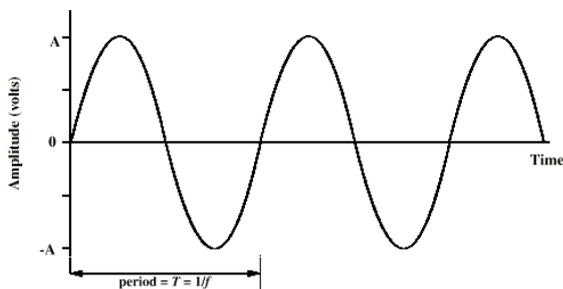
Señales



Señales continuas y discretas

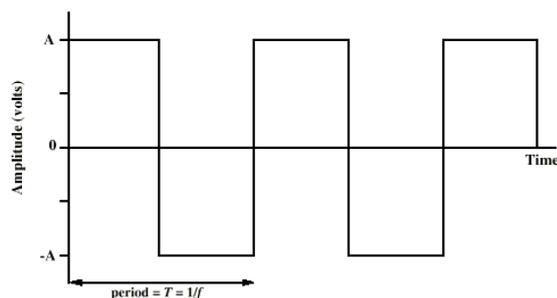


Teoría de la Comunicación



Señales periódicas

$$s(t) = A \text{sen}(2\pi ft + \phi)$$



A Amplitud
 f Frecuencia (Hz)
 $1/f = T$ Período (s)
 $2\pi ft + \phi$ Fase

$\lambda = vT$ Longitud de onda
 $v = \lambda f$ Velocidad de propagación
p.ej. $c = 3 \cdot 10^8$ m/s

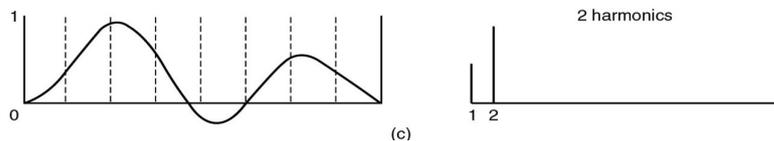
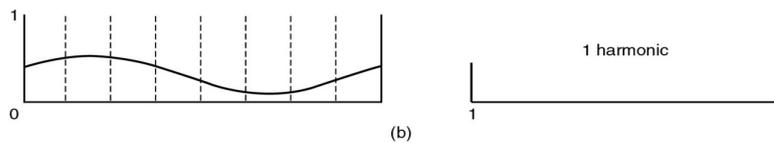
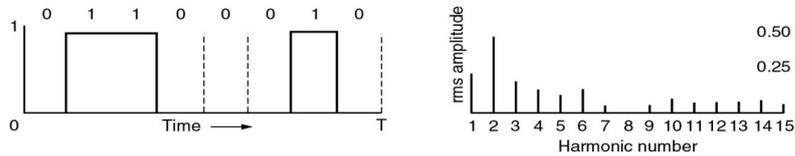


Teoría de la Comunicación



Análisis de Fourier

Cualquier señal se puede representar en el dominio de la frecuencia...

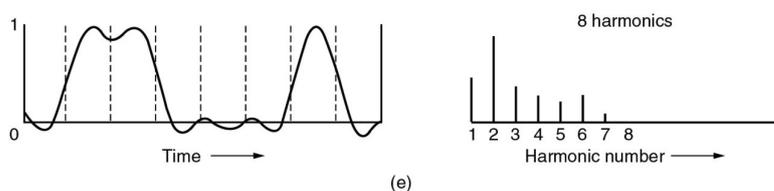
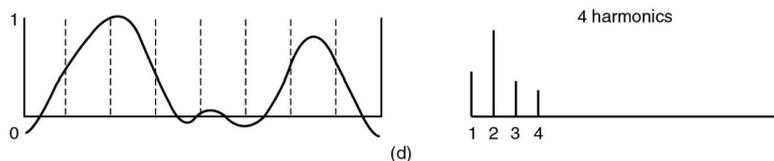


Teoría de la Comunicación



Análisis de Fourier

Cualquier señal se puede representar en el dominio de la frecuencia...



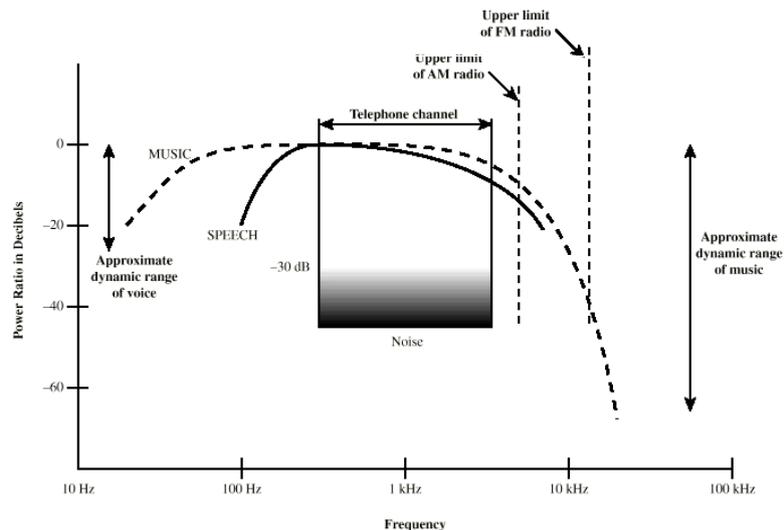
Aproximaciones sucesivas de una señal binaria.



Teoría de la Comunicación



- **Espectro:** Rango de frecuencias contenido en una señal.
- **Ancho de banda:** Conjunto de frecuencias (armónicos) que contiene la energía de la señal.



Teoría de la Comunicación



■ Capacidad del canal

Cualquier sistema de transmisión tiene limitado su ancho de banda

✓ Velocidad de transmisión [data rate]: bits por segundo (bps).

W Ancho de banda [bandwidth]: ciclos por segundo o hertzios (Hz).

Criterio de Nyquist

$$T_{min} = 1/2W$$

$$V_{max} = 2W$$

Teorema de Shannon

$$C = 2W \log_2 N$$

- **Baudio:** Estado de señalización transmitido por el canal por unidad de tiempo.

Velocidad de transmisión = Velocidad de modulación · log₂ N



Medios de transmisión



Medios de transmisión guiados

- Par trenzado
- Cable coaxial
- Fibra óptica

Medios de transmisión no guiados

- Radio, microondas, láser...



Medios de transmisión



Limitaciones de los medios físicos

Degradación de la calidad de la señal transmitida:

1. Atenuación

- La fuerza de la señal decae con la distancia en función del medio y de la frecuencia.
- La señal recibida debe ser suficiente para ser detectada por encima del ruido.

2. Distorsión de retardo

- La velocidad de propagación varía con la frecuencia (sólo en medios guiados).

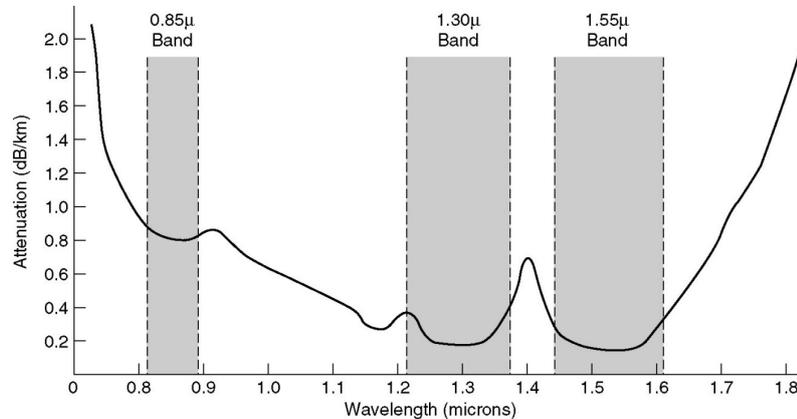


Medios de transmisión



Limitaciones de los medios físicos

Degradación de la calidad de la señal transmitida:



Atenuación de la señal al transmitirse a través de fibra óptica.



Medios de transmisión



Limitaciones de los medios físicos

Degradación de la calidad de la señal transmitida:

3. Ruido

Señales que interfieren entre el transmisor y el receptor

- **Ruido termal** (debido a la agitación de los electrones): ruido blanco uniformemente distribuido.
- **Ruido de intermodulación** (debido a la no linealidad del canal de transmisión).
- **Ruido impulsivo** (debido a señales impulso que se producen de forma no controlada).
- **Diafonía** o *crosstalk* (debido a la proximidad entre líneas [corrientes inducidas]).
- **Eco** (rebote de la señal en el receptor).



Medios de transmisión



Par trenzado

Medio de transmisión más común.



Aplicaciones: Bucle local de la red telefónica
Redes de área local (10Mbps – 100 Mbps)

Ventajas	Desventajas
Medio económico Fácil de trabajar con él	Baja capacidad de transmisión de datos Alcance limitado Susceptible a interferencias y ruido



Medios de transmisión



Tipos de par trenzado

UTP [Unshielded Twisted Pair]

Par trenzado no apantallado

p.ej. Línea telefónica

Categorías

UTP Tipo 3	16MHz	1 cruce cada 7.5 - 10 cm
UTP Tipo 5	100MHz	1 cruce cada 0.6 - 0.85 cm

STP [Shielded Twisted Pair]

Par trenzado apantallado

Mayor inmunidad al ruido e interferencias.

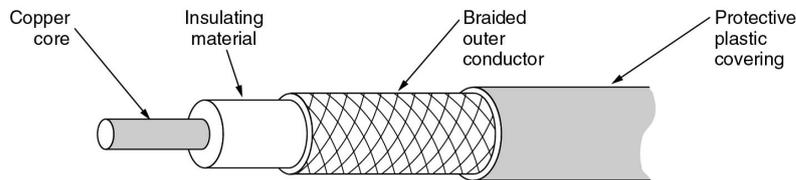


Medios de transmisión



Cable coaxial

Medio de transmisión más versátil



Aplicaciones: Antenas de televisión y televisión por cable
Líneas telefónicas de larga distancia
Redes de área local (Ethernet)

Ventajas	Desventajas
Poca atenuación Reducción del ruido impulsivo	Coste



Medios de transmisión



Tipos de cable coaxial

[Mbps] – {BASE|BROAD} – [longitud máxima (x100m)]

- Velocidad de transmisión
- Transmisión ... en banda base (*baseband*)
... en banda ancha (*broadband = wideband*)
- Longitud máxima del cable

Ejemplo: 10-Base-2 (Thin Ethernet)

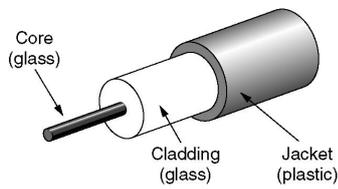
¡Ojo! 10-Base-T (par trenzado)



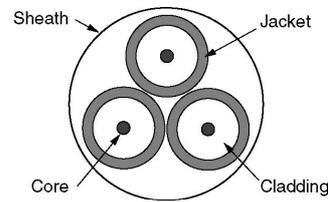
Medios de transmisión



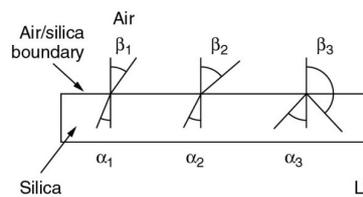
Fibra óptica



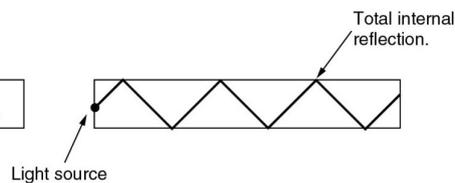
Fibra óptica



Tres fibras...



Refracción / reflexión
(Ley de Snell)



Reflexión total



Medios de transmisión



Fibra óptica

Ventajas	Desventajas
Capacidad (>>Gbps)	Coste
Inmune al ruido impulsivo, interferencias y diafonía	
Tamaño y peso	
Atenuación limitada	

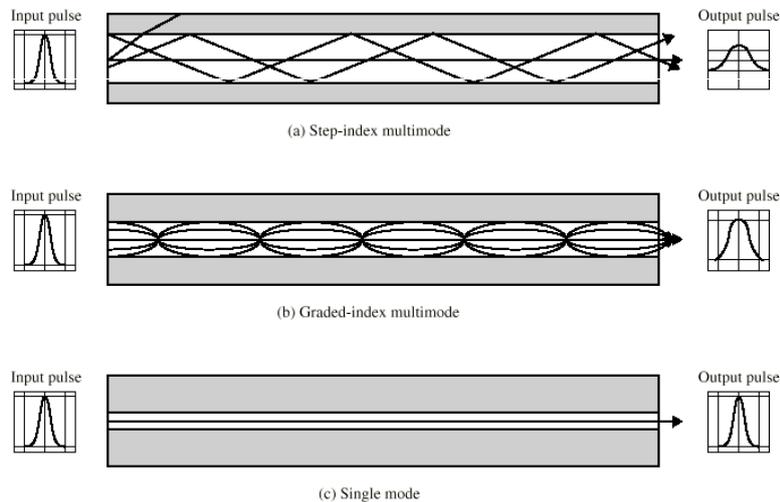


Medios de transmisión



Tipos de fibra óptica

- **Fibras ópticas monomodo** (rayo axial)
- **Fibras ópticas multimodo** (de índice discreto o gradual)



Medios de transmisión



Fibra óptica

- Recepción: Fotodiodos (células fotoeléctricas)
- Transmisión: LED o ILD (fuentes de luz)

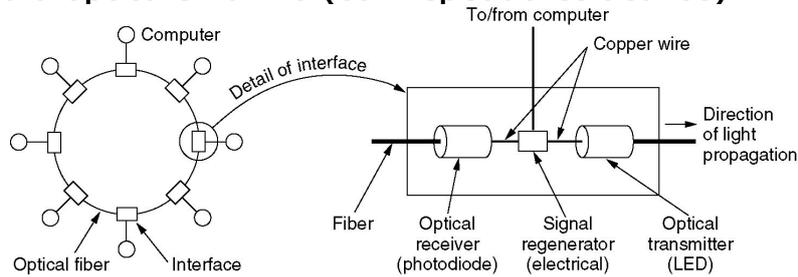
LED Diodo emisor de luz	ILD Diodo de inyección láser (láser semiconductor)
Menor velocidad Fibras multimodo Más barato Mayor durabilidad Mayor rango de temperaturas Menor alcance	Mayor velocidad Fibras monomodo y multimodo Coste más elevado Período de vida corto Mayor sensibilidad a la temperatura Mayor alcance



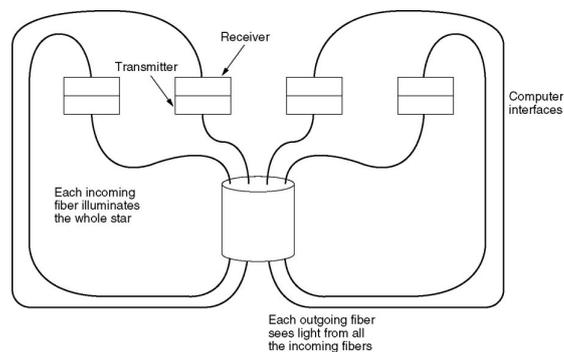
Medios de transmisión



Red de fibra óptica en anillo (con repetidores activos)



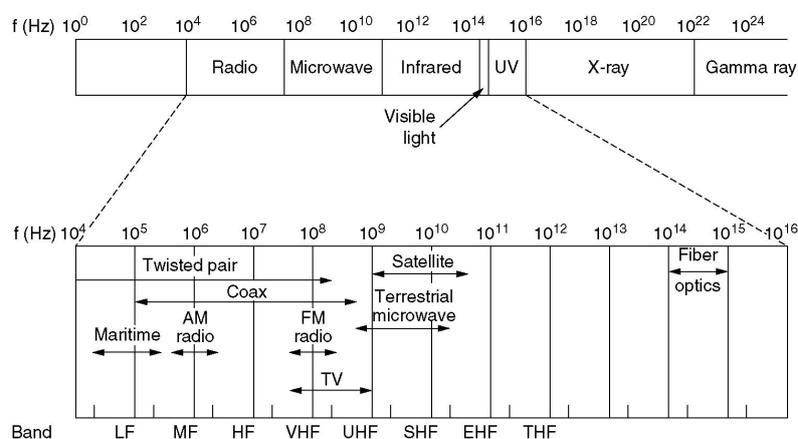
Red de fibra óptica en estrella (conexiones pasivas)



Medios de transmisión



Medios no guiados: Transmisión inalámbrica



El espectro electromagnético y su uso en telecomunicaciones.

- Transmisión y recepción mediante antenas
- Omnidireccional (radio) vs. direccional (láser)



Medios de transmisión

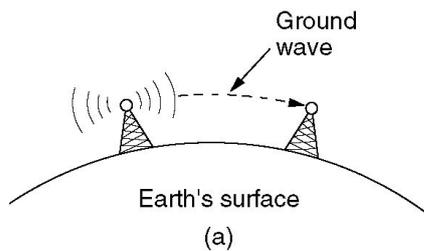


Transmisión por radio

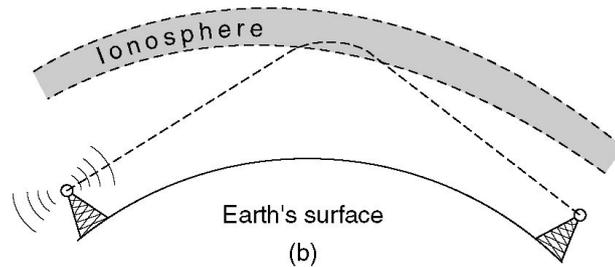
30MHz – 1 GHz

Omnidireccional

p.ej. Radio y televisión



Bandas LF, MF y VHF



Banda HF



22

Medios de transmisión



Transmisión por microondas

2GHz – 50 GHz

Direccional

p.ej. Satélites

Transmisión por infrarrojos

Las paredes interfieren en la transmisión

p.ej. Mando a distancia



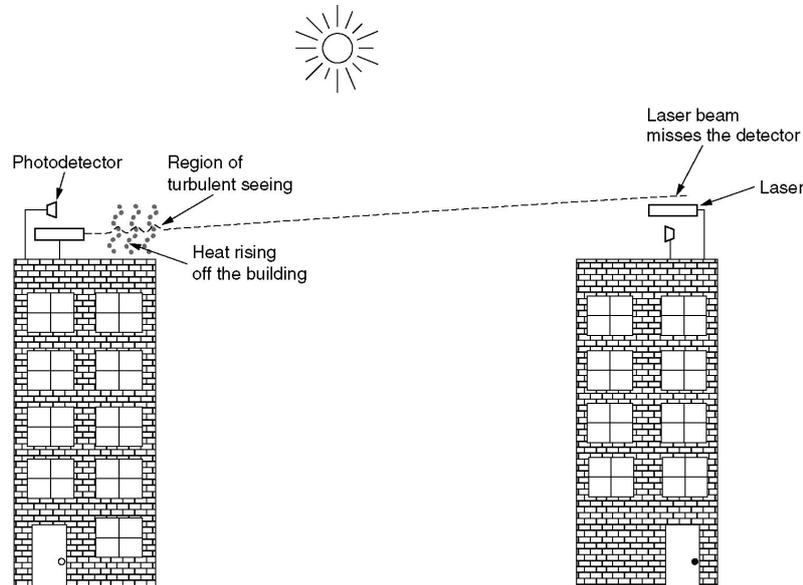
23

Medios de transmisión



Transmisión por láser

Muy sensible a condiciones ambientales adversas

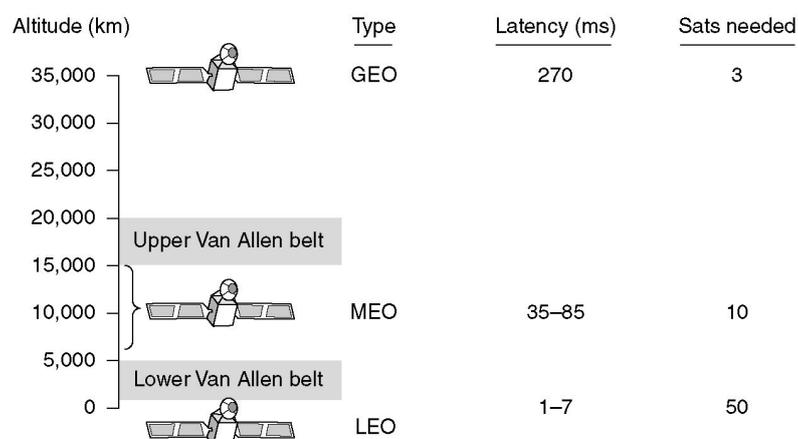


24

Medios de transmisión



Comunicación vía satélite



Satélites geostacionarios, MEO (Medium-Earth Orbit) y LEO (Low-Earth Orbit): altura, retardo y número de satélites necesario para cubrir la superficie terrestre.



25

Medios de transmisión



Comunicación vía satélite

Band	Downlink	Uplink	Bandwidth	Problems
L	1.5 GHz	1.6 GHz	15 MHz	Low bandwidth; crowded
S	1.9 GHz	2.2 GHz	70 MHz	Low bandwidth; crowded
C	4.0 GHz	6.0 GHz	500 MHz	Terrestrial interference
Ku	11 GHz	14 GHz	500 MHz	Rain
Ka	20 GHz	30 GHz	3500 MHz	Rain, equipment cost

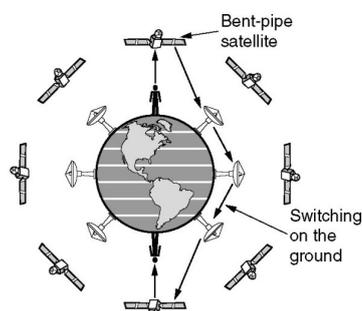
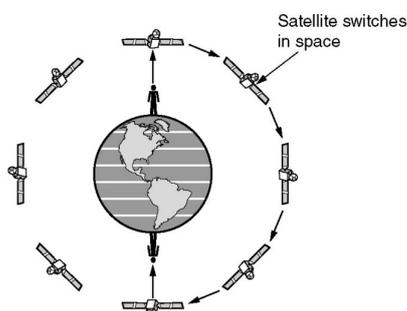
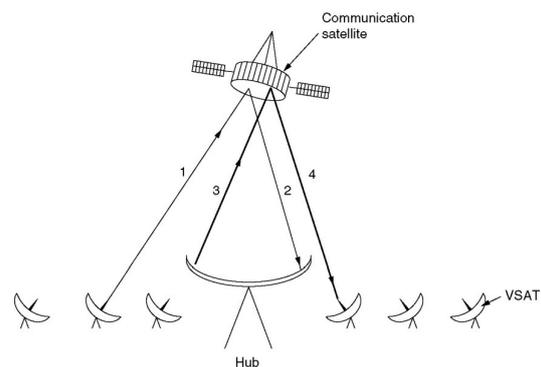
Principales bandas utilizadas en las comunicaciones por satélite.



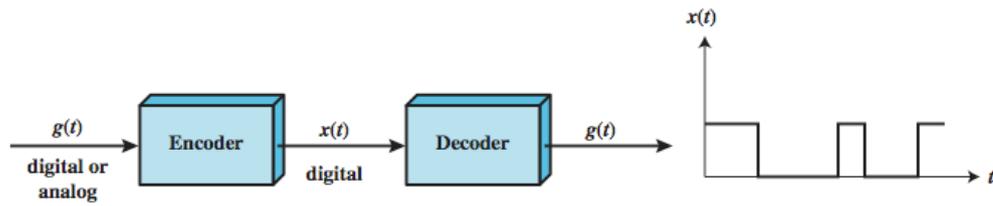
Medios de transmisión



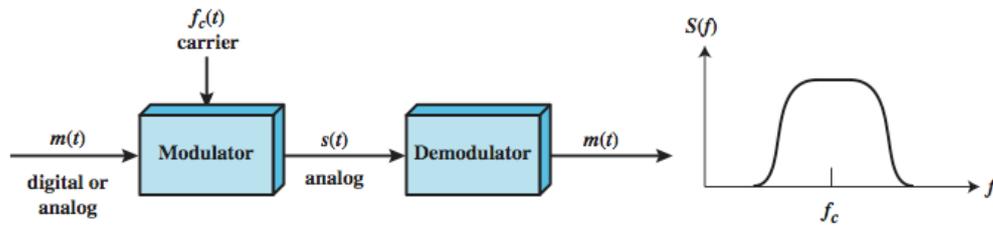
Comunicación vía satélite



Transmisión analógica / digital



(a) Encoding onto a digital signal



(b) Modulation onto an analog signal



28

Transmisión analógica / digital

Datos	Transmisión	Ejemplo
Datos digitales	Transmisión digital	LAN
	Transmisión analógica	Modem
Datos analógicos	Transmisión digital	CD
	Transmisión analógica	Televisión



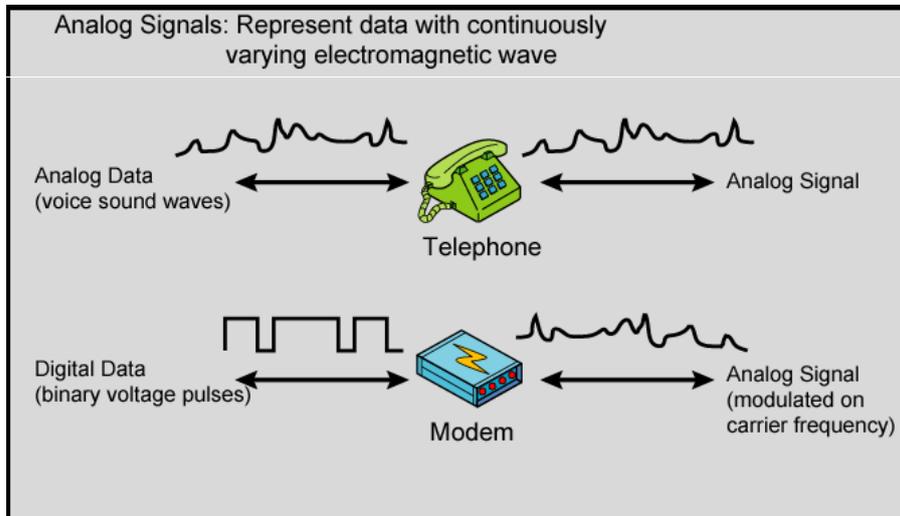
29

Transmisión analógica / digital

Transmisión analógica

Uso de amplificadores

× Atenuación y ruido

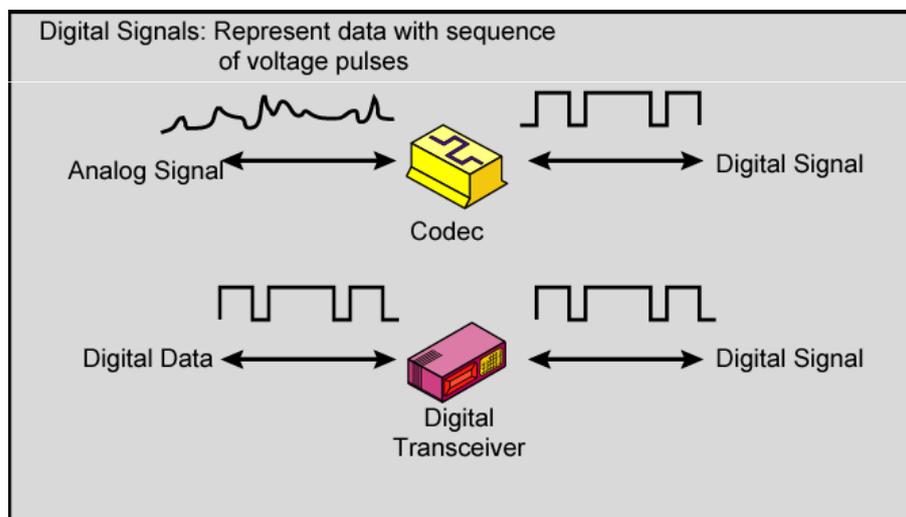


Transmisión analógica / digital

Transmisión digital

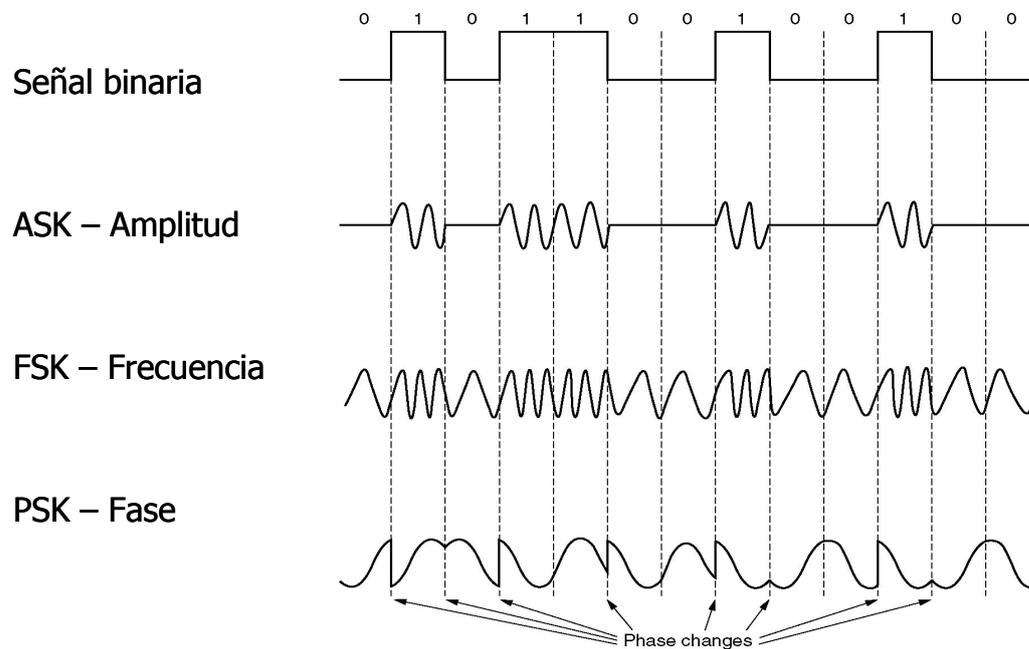
Uso de repetidores

✓ Retransmisión



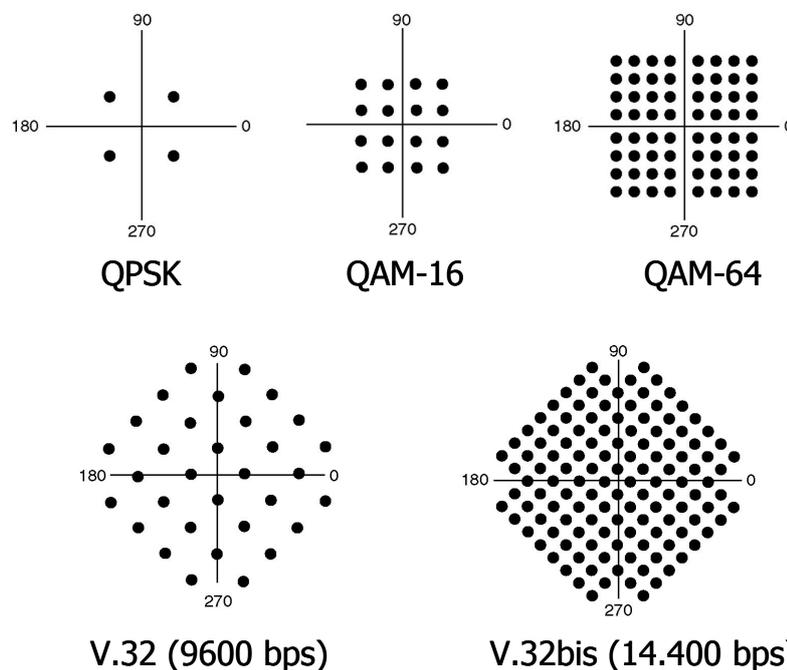
Transmisión analógica / digital

Modulación: MODEMS



Transmisión analógica / digital

Modulación: MODEMS



Transmisión analógica / digital

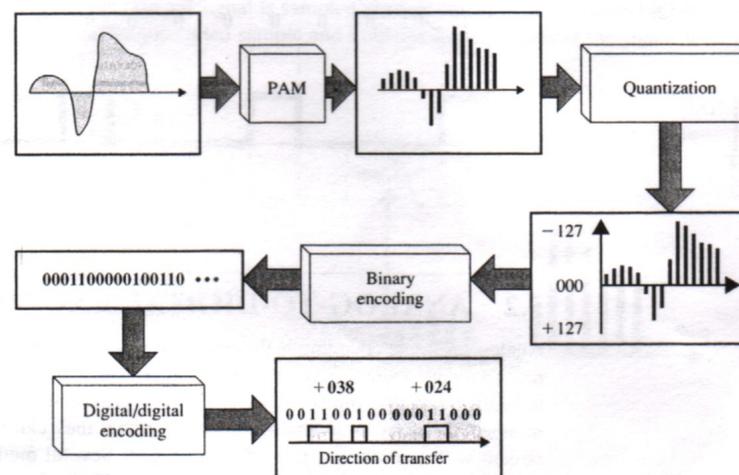
Modulación: MODEMS

Speed	Standard	Modulation
300 bps	Bell 103/113	Frequency
1200 bps	Bell 212A	Phase
2400 bps	V.22bis	QAM
9600 bps	V.32	Trellis Coded
14.4 Kbps	V.32bis	Trellis Coded
28.8 Kbps	V.34	Trellis Coded
33.6 Kbps	V.34	Trellis Coded
56 Kbps	V.90	Trellis Coded, PCM



Transmisión analógica / digital

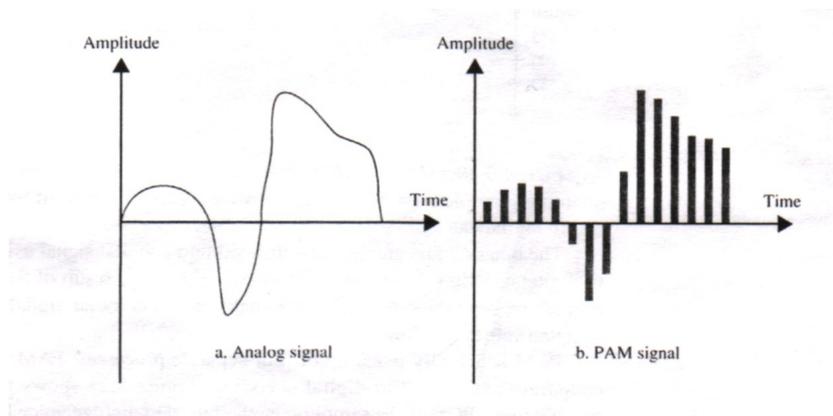
Conversión A/D



Transmisión analógica / digital

Conversión A/D

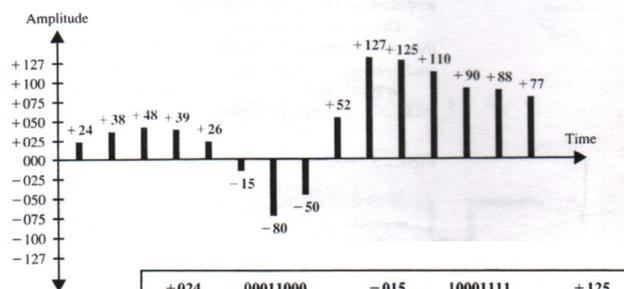
PAM [Pulse Amplitude Modulation]



Transmisión analógica / digital

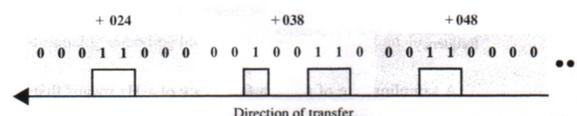
Conversión A/D

PCM [Pulse-Coded Modulation]



+024	00011000	-015	10001111	+125	01111101
+038	00100110	-080	11010000	+110	01101110
+048	00110000	-050	10110010	+090	01011010
+039	00100111	+052	00110110	+088	01011000
+026	00011010	+127	01111111	+077	01001101

Sign bit
+ is 0 - is 1



Transmisión analógica / digital

Codificación de datos

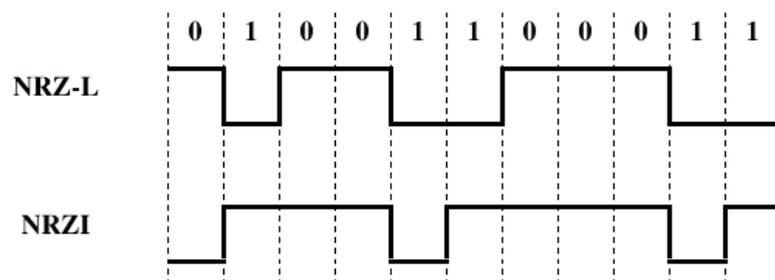
Esquemas de codificación

- NRZ-L (Nonreturn to Zero – Level)
- NRZ-I (Nonreturn to Zero – Inverted)
- Bipolar – AMI (Alternate Mark Inversion)
- Pseudoternario
- B8ZS (Bipolar with 8 Zeros Substitution)
- HDB3 (High Density Bipolar 3 zeros)
- Manchester
- Manchester diferencial

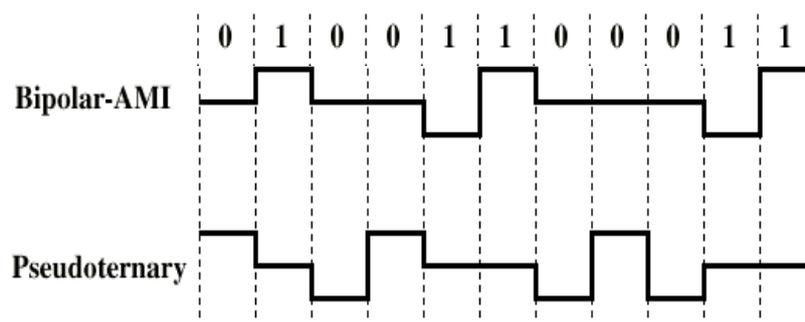


Transmisión analógica / digital

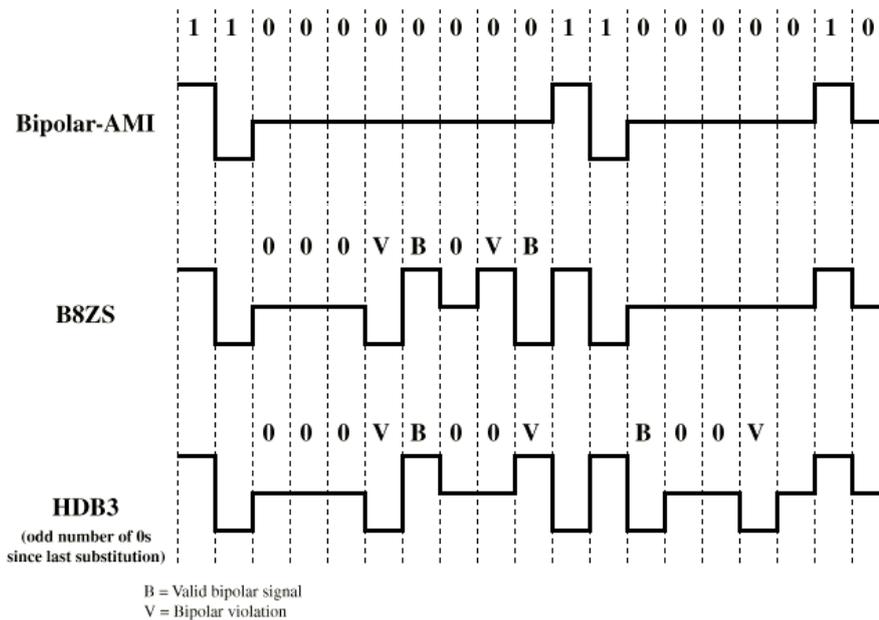
NRZ



Codificación multinivel



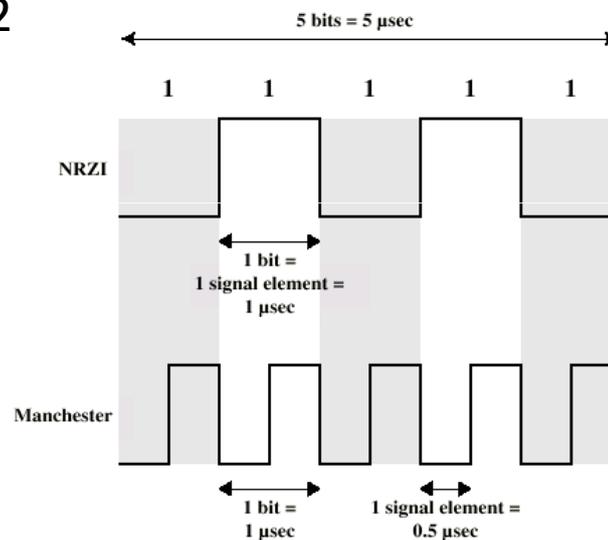
Transmisión analógica / digital



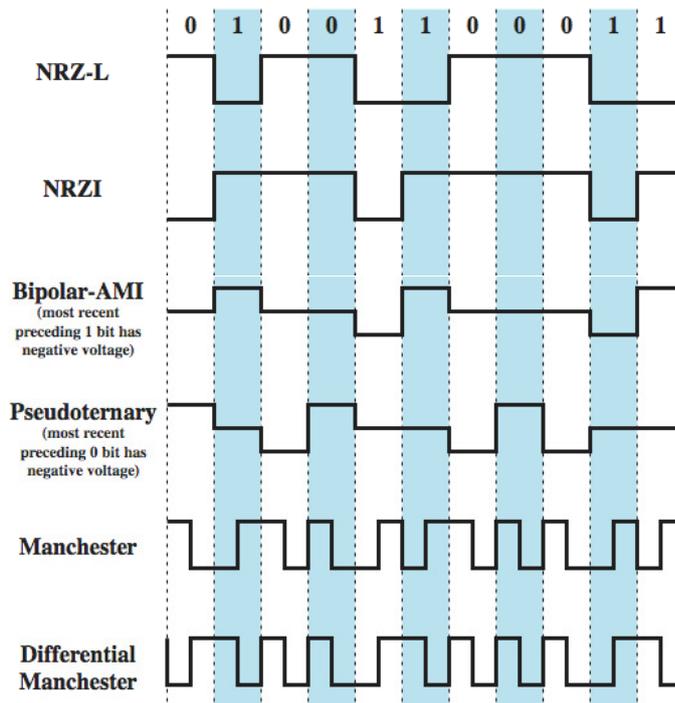
Transmisión analógica / digital

Codificación Manchester

p.ej. IEEE 802

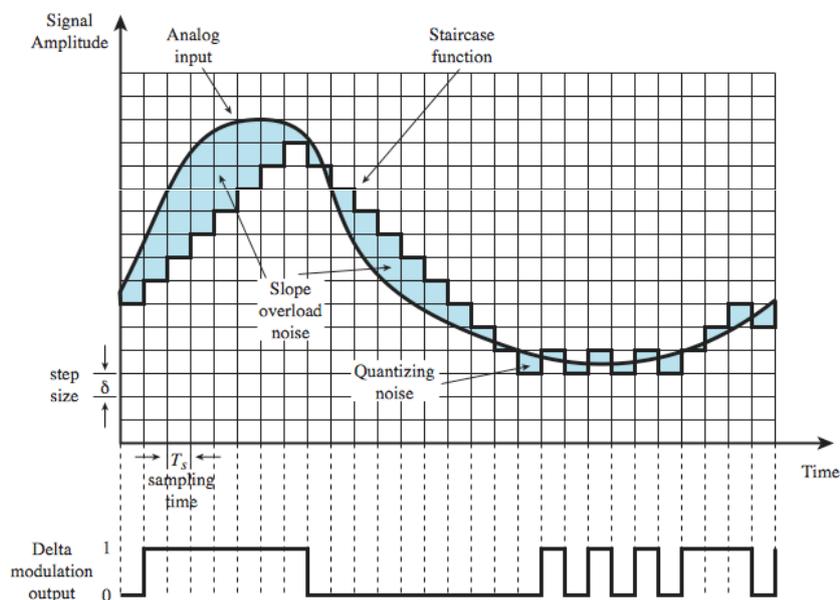


Transmisión analógica / digital



Transmisión analógica / digital

Codificación diferencial



Modulación Delta

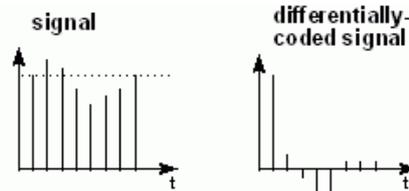


Transmisión analógica / digital

PCM Diferencial

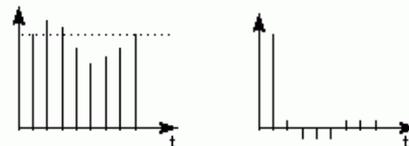
1. Simple DPCM

predicted value = last sampled value



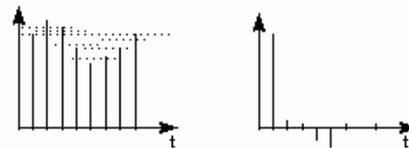
2. Delta modulation

difference coded with one bit



3. Adaptive encoding (ADPCM)

predicted value extrapolated from previous values



..... predicted value extrapolated from previous samples



Bibliografía

- Jesús E. Díaz Verdejo; Juan Manuel López Soler & Pedro García Teodoro: **Transmisión de datos y redes de computadores**. Prentice-Hall, 2003. ISBN 84-205-3919-8.
- William Stallings: **Comunicaciones y redes de computadores**. Prentice-Hall, 2004 [7ª edición]. ISBN 84-205-4110-9.
- Andrew S. Tanenbaum: **Redes de computadoras**. Prentice-Hall, 2003 [4ª edición]. ISBN 970-260-162-2.
- B.P. Lathi: **Introducción a la Teoría y Sistemas de Comunicación**. Limusa, 1993. ISBN 968-18-0555-0.

