

# Redes

## Clasificación

- **Por ámbito:**
  - **Redes de área local (LAN)**: Diseñadas para transportar datos.
    - Características: generalmente tipo broadcast (medio compartido), cableado propiedad del usuario, topología en bus o anillo.
    - Ejemplos: Ethernet (IEEE 802.3), Token Ring (IEEE 802.5), FDDI, HIPPI, Fibre Channel, redes inalámbricas por radio (IEEE 802.11).
  - **Redes de área extensa (WAN)**: Utilizan la base del sistema telefónico, diseñado inicialmente para transportar voz.
    - Generalmente punto a punto, con servicios contratados a operadoras.
    - Ejemplos: Enlaces temporales o permanentes, redes de conmutación de paquetes, comunicaciones vía satélite (broadcast).
- **Por tecnología:**
  - **Redes broadcast**: Información enviada a todos los nodos, medio compartido, suelen ser redes locales.
    - Ejemplos: Ethernet 10 Mb/s, redes de satélite, redes de TV por cable.
  - **Redes punto a punto**: Información enviada solo al nodo destinatario, topologías complejas (estrella, anillo, árbol, malla).
    - Enlaces punto a punto:
      - **Simplex**: transmisión en un solo sentido.
      - **Semi-dúplex o half-duplex**: transmisión en ambos sentidos, pero no a la vez.
      - **Dúplex o full-duplex**: transmisión simultánea en ambos sentidos (enlaces generalmente simétricos).
    - Ejemplos: Redes conmutadas, servicios de conmutación de paquetes, enlaces dedicados.

## Possibles formas de enviar la información

- **Unicast**: A un destinatario concreto.
- **Broadcast**: A todos los destinatarios.
- **Multicast**: A un grupo selecto.
- **Anycast**: A uno cualquiera de un conjunto.

## Internetworking

- Interconexión de redes diferentes en tecnología, tipo o protocolo.
- Dispositivos: repetidores, amplificadores, puentes (Bridges), routers, conmutadores (Switches), pasarelas (Gateways).

## Modelo de capas

### Principios

- Cada capa n ofrece servicios a la capa n+1.
- La capa n+1 usa solo los servicios de la capa n.
- La capa n solo se comunica con la capa n de otro sistema (peer-to-peer).
- Permite describir el funcionamiento de las redes de forma modular y hacer cambios de manera sencilla.
- El modelo más conocido es el OSI, con 7 capas.

### Objetivos

- **Sencillez**: hace abordable el complejo problema de la comunicación entre ordenadores
- **Modularidad**: permite realizar cambios con relativa facilidad a una de sus partes sin afectar al resto
- **Compatibilidad**: La comunicación entre dos entidades de una capa puede realizarse independientemente de las demás.

### Conceptos

- **Servicio**: es un conjunto de primitivas que una capa proporciona a la capa que está sobre ella.
- **Protocolo**: es un conjunto de reglas que rigen el formato y el significado de los paquetes, o mensajes, que se intercambian las entidades iguales en una capa.
- **Interfaz**: Mecanismos de comunicación entre dos capas adyacentes.

## Modelo OSI

- El modelo OSI se fundamenta en principios que soportan movimiento estructurado y predecible de información. Cada capa opera independientemente, simplificando diseño y resolución de problemas.
- Los datos son encapsulados con cabeceras a medida que se mueve hacia capas inferiores y decapsulado a medida que asciende, manteniendo la integridad de información.
- Al estandarizar la comunicación, esta arquitectura promueve interoperabilidad de sistemas y soporta intercambio de datos global.

## **7 capas (FERTSPA):**

### *Capa física (1)*

- Convierte bits a señales para transmisión por medios físicos.
- Define las especificaciones de hardware para transmisión, incluyendo los tipos de medios físicos que se pueden usar, como cables e inalámbrico. Trata con señales eléctricas, tipos de cables y velocidad de información.
- Unidad de datos: **bits**

### *Capa de enlace (2)*

- Provee el control de la capa física para asegurar transferencia por medios físicos segura.
- Detecta y corrige errores de transmisión.
- Control de flujos
- Administra como la información se transmite en el medio físico. (Direccionamiento Físico)
- Usa protocolos como Ethernet y PPP
- Toma los paquetes de la capa de red y los divide en partes más pequeñas que se denominan **tramas**

### *Capa de red (3)*

- Controla el ruteo de datos, determinando el camino óptimo a seguir para que los datos lleguen a su destino utilizando protocolos como IP y ICMP.
- Decide que camino datos van a tomar. (Direccionamiento lógico)
- Divide los segmentos de la capa de transporte en **paquetes**

### *Capa de transporte (4)*

- Coordina la comunicación end-to-end (extremo a extremo – host to host) enviando los datos a la aplicación correcta a través de puertos, usando métodos de envío confiables (TCP) o métodos no tan seguros pero más rápidos (UDP)
- Chequea errores, controla flujos (determina una velocidad óptima para por ejemplo no abrumar a un receptor lento) y utiliza segmentación para obtener una transferencia de datos confiable
- Verifica que los datos se transmitan correctamente
- Error de comprobación de mensaje
- En la parte del receptor, si determina que los datos recibidos tienen errores solicita retransmisión
- Toma datos de la capa de sesión y los fragmenta en **segmentos**

### *Capa de sesión (5)*

- Administra la creación, mantenimiento y terminación de sesiones de comunicación entre aplicaciones.
- Sincroniza el intercambio de datos entre capas inferiores y superiores

### *Capa de Presentación (6)*

- Convierte los datos de la red al formato requerido por la aplicación
- Administra encriptación de datos, compresión y formato.
- Mantiene la interoperabilidad del sistema asegurando que los datos sean leíbles por el emisor y el receptor.

### *Capa de aplicación (7)*

- Es la interfaz que ven las aplicaciones del usuario final y les provee los servicios de red
- Muestra la información recibida
- Administra protocolos del nivel de aplicación como HTTP, FTP, SMTP, que habilitan servicios como navegar la web y email
- Envía los datos de usuario a la aplicación de destino usando los servicios de las capas inferiores

## Modelo TCP/IP

- **Aplicación (4):** Aplicación (7), Presentación (6), Sesión (5) en OSI

- **Transporte** (3)
- **Internet** (2): Red (3) en OSI
- **Host-Red** (1): Enlace (2), Física (1) en OSI

### Modelo Híbrido

En la parte inferior se basa en OSI y en la parte superior en TCP/IP:

- **Aplicación** (5): Aplicación (7), Presentación (6), Sesión (5) en OSI
- **Transporte** (4)
- **Red** (3):
- **Enlace** (2):
  - **LLC (Logical Link Control)** (2.2)
  - **MAC (Media Access Control)** (2.1)
- **Física** (1)

### Comparación OSI-TCP/IP

- OSI: Primero el modelo, luego los protocolos. TCP/IP: primero los protocolos, luego el modelo.
- OSI: buen modelo, malos protocolos. TCP/IP: modelo limitado, buenos protocolos.
- OSI: productos tardíos, caros y con fallos. TCP/IP: productos rápidos, probados y frecuentemente gratis.

### Protocolos e información de control

- Normalmente todo protocolo requiere el envío de algunos mensajes especiales o información de control adicional a la que se transmite. generalmente esto se hace añadiendo una cabecera (a veces también una cola) al paquete a transmitir.
- La información de control reduce el caudal útil, supone un overhead.
- Cada capa añade su propia información de control. Cuantas mas capas tiene un modelo mas overhead se introduce.

### Servicio orientado y no orientado a conexión

- **Orientado a conexión (CONS):** Establece un canal antes de enviar datos, mantiene el orden de los paquetes, usa la misma ruta para todos los paquetes, los paquetes no necesitan llevar la dirección de destino, si se corta la comunicación se interrumpe.
- **No orientado a conexión (CLNS):** Envía datos sin establecer canal, no respeta el orden de los paquetes, las rutas pueden cambiar, los paquetes deben llevar la dirección de destino, la red es mas robusta por lo que si una ruta queda inservible se pueden usar otras.

### Calidad de Servicio (QoS)

- Establece límites para parámetros como ancho de banda, latencia, jitter, asegurando que la red no se congestione.

## Transmisión de datos (Señal y ruidos)

### Conceptos generales

- **Datos:** cualquier entidad capaz de transportar información
- **Señales:** son representaciones eléctricas o electromagnéticas de los datos
- **Señalización:** es el hecho de la propagación física de las señales a través de un medio adecuado.
- **Transmisión:** comunicación de datos mediante la propagación y el procesamiento de señales

### Datos Analógicos y Digitales

- **Datos analógicos:** son datos que pueden tomar valores en un intervalo continuo.  
Ejemplos: Video, Voz
- **Datos digitales:** son datos en valores binarios que representan caracteres.

### Señales analógicas y digitales

- **Señal analógica:** es una onda electromagnética que varía continuamente y que según sea su espectro, puede propagarse a través de una serie de medios.
- **Señal digital:** es una secuencia de pulsos de tensión que se pueden transmitir a través de un medio conductor.
  - **Ventajas:**

- Es más económica que la analógica
- Menos susceptible al ruido

- **Desventajas:**

- Sufren más atenuaciones.

Los datos se pueden transmitir de cualquier manera en cualquier señal

- Dato analógico ----- Señal analógica
- Dato digital ----- Señal analógica
- Dato analógico ----- Señal digital
- Dato digital ----- Señal digital

## Transmisión analógica y digital

- **Transmisión analógica:** es una forma de transmitir señales analógicas con independencia de su contenido; las señales pueden representar datos analógicos o datos digitales.
- **Transmisión digital:** es dependiente de su contenido. Se puede transmitir a una distancia limitada.

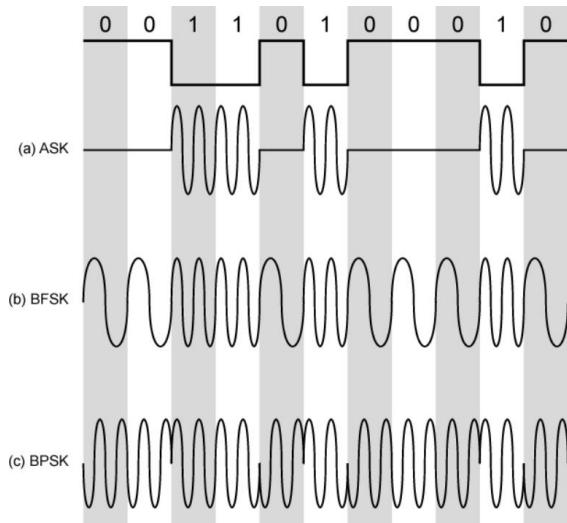
## Dificultades en la transmisión

- **La atenuación:** es la reducción de la energía de la señal a medida que avanza en distancia. Medios guiados y no guiados.
- **La distorsión de retardo:** fenómeno debido a que la velocidad de propagación de una señal a través de un medio guiado varía con la frecuencia.
- **El ruido:** para cualquier dato transmitido , la señal recibida consistirá en la señal transmitida modificada por las distorsiones introducidas en la transmisión, además de las introducidas entre el receptor y el transmisor.
  - **Correlacionados:** existen cuando la señal esta presente.
    - Ruido de intermodulación
  - **No Correlacionados:** independientes de la señal
    - Internos: Termico
    - Externos: Impulsivo, Solar, Motores

## Capacidad del canal

- Se denomina a la **velocidad máxima** a la que se pueden transmitir los datos **en un canal**, o ruta de comunicaciones de datos, bajo unas condiciones dadas.
- **Velocidad de transmisión:** velocidad expresada en bits por segundo (bps), a la que se pueden transmitir los datos
- **El ancho de banda:** éste estará limitado por el transmisor y por la naturaleza del medio de transmisión; se mide en ciclos por segundo o hercios.
- **El ruido:** nivel de ruido a través del camino de transmisión.
- **La tasa de errores:** tasa a la que ocurren los errores. Se considera que ha habido un error cuando se recibe un 1 habiendo transmitido un 0. o viceversa

## Técnicas para la codificación de señales: Dato digital, señal analógica

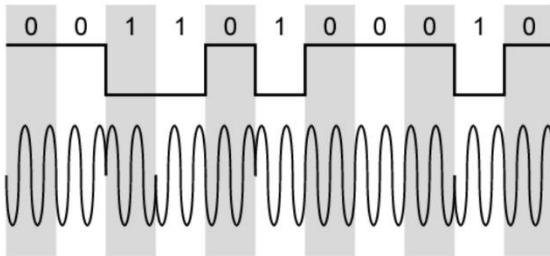


Las técnicas son:

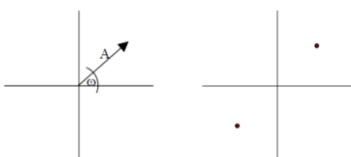
- **Amplitude shift keying (ASK) – Modulación por desplazamiento de amplitud**
  - Los dos valores binarios se representan mediante dos amplitudes diferentes de la portadora. Usualmente, una amplitud es cero
    - Ej. Presencia y ausencia de portadora.
  - Es sensible a cambios repentinos de la ganancia
  - Técnica bastante ineficaz.
- **Frequency shift keying (FSK) – Modulación por desplazamiento de frecuencia**
  - La forma mas común es BFSK (binary FSK)
  - Dos valores binarios son representados por diferentes frecuencias, próximas a la frecuencia portadora.
  - Es menos susceptible a errores que ASK
- **Multiple FSK**
  - Mas de dos frecuencias son utilizadas
  - Mas eficiente uso del ancho de banda
  - Mas susceptible a errores
  - Cada elemento de señal representa mas que un bit.
- **Phase shift keying (PSK) – Modulación por desplazamiento de fase**
  - La fase de la portadora es desplazada para representar los diferentes estados.
  - **PSK binario:** Dos fases representan dos dígitos binarios
  - **PSK diferencial:** El desplazamiento de fase es relativo a la fase correspondiente al último símbolo transmitido, en lugar de ser relativo a algún valor constante de referencia.

### **PSK diferencial**

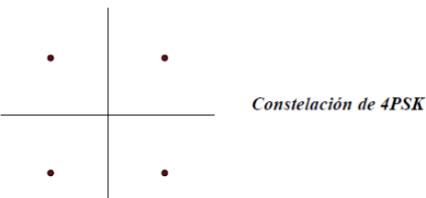
---



- **Desplazamiento en fase en cuadratura (QPSK)**
  - Se puede conseguir una utilización mas eficaz del ancho de banda, si cada elemento de señalización representa a mas de un bit: Ej. Desplazamiento de fase de  $\pi/2$  ( $90^\circ$ ), cada elemento representa 2 bit.
- **Niveles de modulación**
  - **Estado modulado:** es una condición de la portadora en la que representa un símbolo.
  - **Mononivel:** representa un bit por cada símbolo. Ej. ASK, podemos representarla como: 2ASK
  - **Multinivel:** un símbolo representa a mas de un bit, podría 4FSK o 4 PSK
  - Representación para una modulación 2PSK:

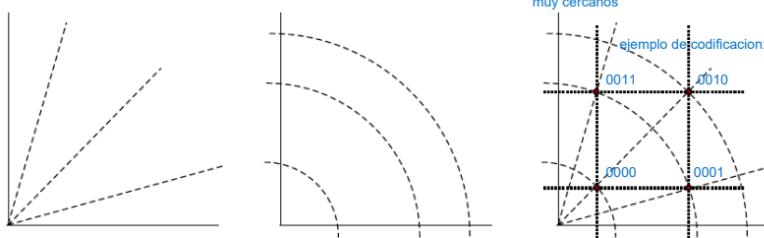


- Constelación de 4PSK:



- **Modulación de amplitud en cuadratura (QAM)**
  - Combina a ASK y PSK

- Envía simultáneamente dos señales diferentes sobre la misma frecuencia portadora.



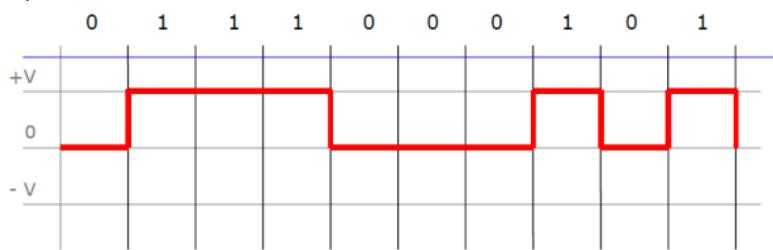
## Fourier

Las series de Fourier se usan en el análisis de señales, para representar por componentes senoidales a una onda periódica no senoidal y cambiando el análisis **desde el dominio del tiempo al dominio de la frecuencia**.

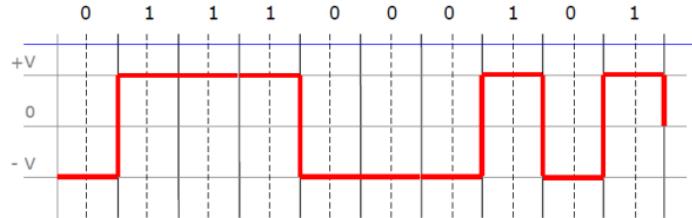
La función está compuesta por un independiente, que representa el valor promedio o **componente continua** de la onda más una sucesión de términos senoidales y cosenoidales.

## Técnicas para la codificación de señales: Digital Digital

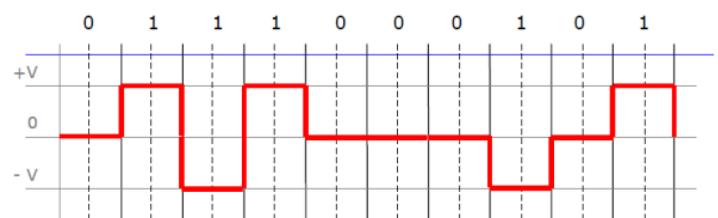
### Tipos de transmisión de señal



**Fig. 1 Señal unipolar**



**Fig. 2 Señal Polar**



**Fig. 3 Señal Bipolar**

### Unipolar

Todos los elementos de la señal tienen el mismo signo algebraico

- Sincronización:** Defectuosa, ya que en largas secuencias de 1 o 0 se pierde la sincronización.
- Ancho de banda:** Ancho de banda pequeño
- Componente continua:** presenta un defecto, vale 0.5 (valor de amplitud máxima contra valor de amplitud mínimo)
- Si le agrego retorno a cero (u+rz)** se auto sincroniza en los 1: Esta señal se llama unipolar positiva con retorno a 0  
Divido el pulso en 2, si es 1 envío un 1 y un 0 y si es 0, envío un 0 y un 0.  
La componente continua se reduce a 0.25 en promedio, y se requiere más ancho de banda.

### Polar

Un estado lógico se representa mediante un nivel positivo de tensión y el otro con un negativo.

- Sincronización:** defecto, se pierde en largas cadenas de 0 o 1
- Ancho de banda:** mayor que la unipolar
- Componente continua:** No presenta componente continua (valor promedio de 0)
- Si le agrego retorno a cero (u+rz)** se auto sincroniza en 0 y 1: Se llama polar con retorno a cero

### Bipolar - AMI

Un estado lógico se representa con un valor nulo de tensión y el otro estado lógico se representa en forma alternada por valores +V y -V

- Sincronización:** buena, es auto sincronizante en 1s, pero si tengo cadenas largas de 0 no es buena

- **Ancho de banda:** Requiere más ancho de banda que la unipolar pero menos que la polar
- **Componente continua:** 0
- **Si le agrego retorno a cero:** no me sirve, ya que la señal ya se sincroniza en los 1 y necesitaría mayor ancho de banda.
- **Si la quiero mejorar:** utilizo codificaciones sustitutivas como hdb3, b8zs

## Esquemas de codificación

- Codificación no sustitutiva
  - No retorno a cero(NRZ-L)
  - No retorno a cero invertido (NRZI)
  - Bipolar -AMI
  - Pseudoternary
  - Manchester
  - Diferencia Manchester
- Codificación sustitutiva
  - B8ZS
  - HDB3
  - 2B1Q

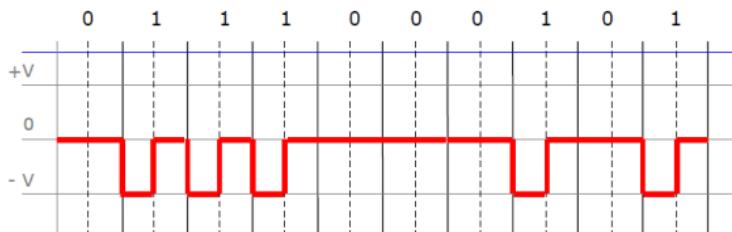
## No sustitutivas

### *No retorno a cero (NRZ-L)*

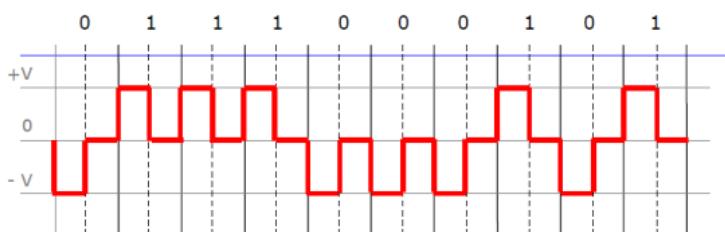
- Dos diferentes voltajes para 0 y 1
- Voltaje constante durante el intervalo
  - No cambia Ej. No retorna a cero el voltaje
- e.g. Ausencia de tensión puede usarse para representar un 0 binario
- Lo mas frecuente, un voltaje negativo para un valor binario y un voltaje positivo para el otro.
- **Ventajas**
  - Sencillas de implementar
  - Poco ancho de banda
- **Desventajas**
  - Mucha componente de continua
  - Perdida de sincronía.

### *Retorno a cero (RZ)*

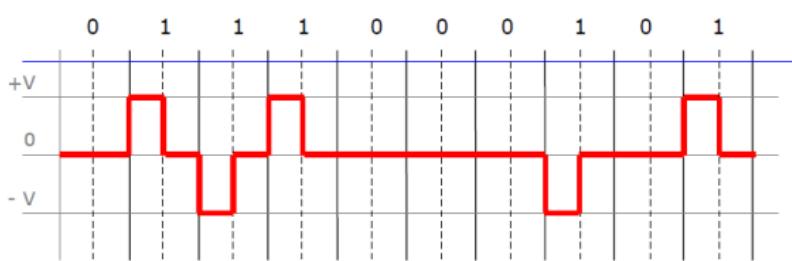
- A mitad del intervalo el valor cae a cero.
- El voltaje no es constante durante el intervalo.
- Esta técnica se puede usar para la Polar, Unipolar y la bipolar.



**Fig. 4 Señal Unipolar Negativa con RZ**



**Fig. 5 Señal polar con RZ**

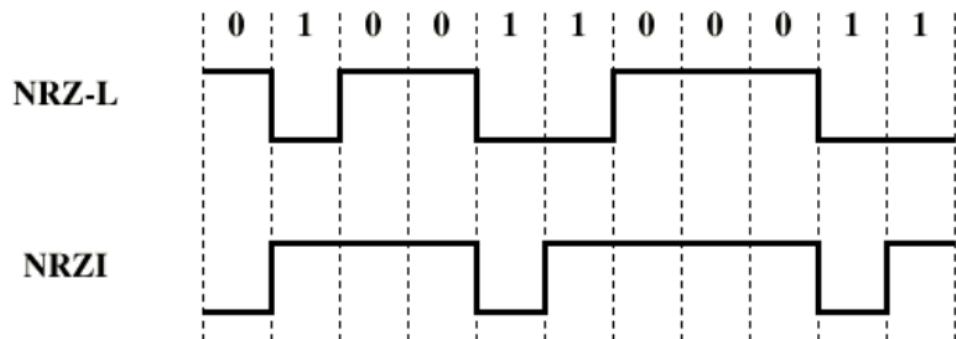


**Fig. 6 Señal Bipolar con RZ**

### *No retorno a cero invertido*

- Voltaje constante durante la duración de un bit.

- Los datos codifican mediante la presencia o ausencia de una transición de la señal al principio del intervalo de duración de un bit.
- Un 1 se codifica mediante la transición (bajo a alto o alto a bajo) al principio del intervalo de señalización.
- Un 0 se representa por la ausencia de transición.
- A esta técnica normalmente la llamamos **codificación diferencial**.



**Fig. 7 Señal Unipolar NRZ y NRZI**

#### Codificación diferencial

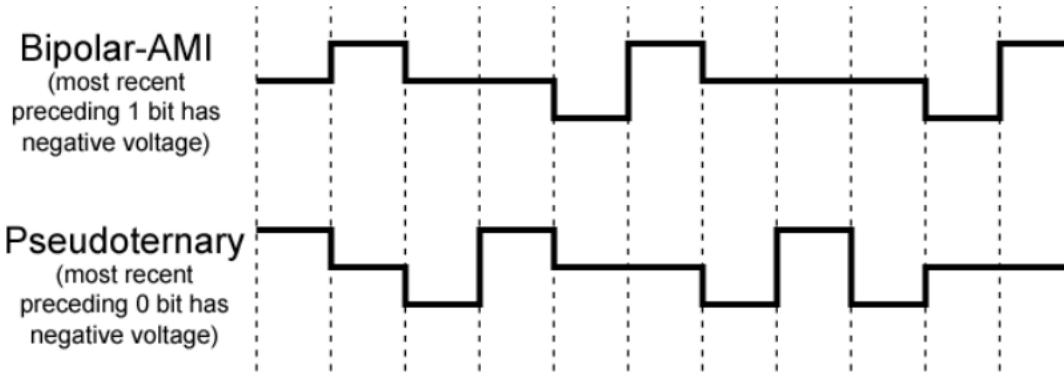
- Los datos son representados por cambios entre los elementos adyacentes.
- Es mas seguro detectar cambios de niveles en presencia de ruido.
- En esquemas de transmisión complejos, invertir la polaridad de los cables significa cambiar los datos, en diferencial no.

#### Binario Multinivel

- Usa más de dos niveles.
- Bipolar-AMI (Alternate Mark Inversión)
  - Cero representado como ausencia de señal.
  - Uno representado por un valor positivo o negativo de voltaje.
  - El uno es alternado en polaridad
  - No existe perdida de sincronismo si hay secuencia de unos, pero si se pierde sincronismo si hay secuencia de ceros.
  - No existe componente de continua.
  - Bajo ancho de banda
  - Fácil detección de errores.
- No es tan eficiente como NRZ
  - Cada elemento de la señal solo representa un bit
  - En un sistema de 3 niveles podría representar  $\log_2 3 = 1.58$  bits
  - El receptor debe distinguir entre tres niveles (+A, -A, 0)

#### Pseudoternario

- Uno representa ausencia de señal.
- Cero representa la alternancia de voltajes positivos.
- Ninguna ventaja con respecto a bipolar-AMI



## Bifase

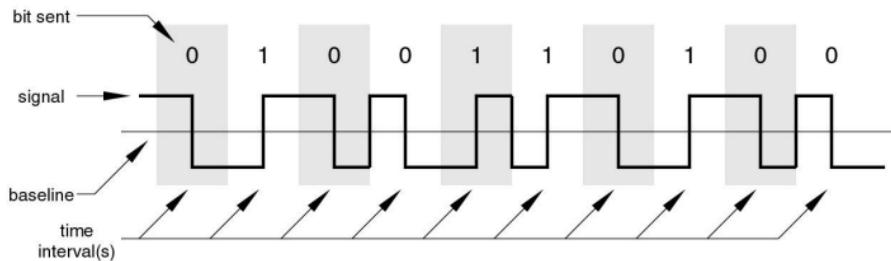
- **Manchester**

- Transición en medio de cada periodo de bit
- La transición sirve como reloj y dato
- Bajo a Alto representa un uno
- Alto a Bajo representa un cero
- Usado por IEEE 802.3

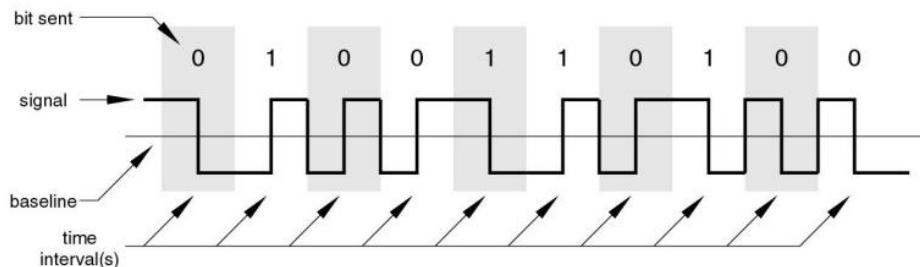
- **Manchester Diferencial**

- La transición a mitad de bit es solo para sincronismo
- La codificación de un cero se representa por la presencia de una transición.
- Si no hay transición al periodo de un bit, representa un uno
- Usado por IEEE 802.5

### Manchester Encoding



### Differential Manchester Encoding



### Ventajas y desventajas

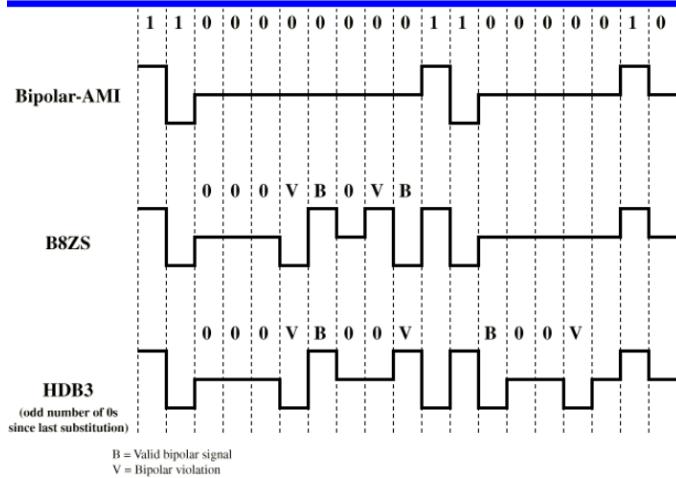
- Desventajas
  - Necesita una transición por bit transmitido
  - La velocidad de modulación es el doble que una NRZ
  - Requiere mayor ancho de banda.
- Ventajas
  - Sincronización en medio del bit transmitido (auto sincronismo)
  - No tiene componente en continua
  - Detección de errores

## Sustitutivas

### Técnicas de aleatorización

- Evitar la componente continua
- Evitar las secuencias largas que correspondan a niveles de tensión nula.
- No reducir la velocidad de transmisión de los datos.
- Tener capacidad para detectar errores.
- Algunas técnicas: B8ZS — HDB3 — 2B1Q — 4B3T

## B8ZS and HDB3



### B8ZS

- Bipolar con sustitucion de 8 ceros.
- Basado en una bipolar-AMI
- Si aparece un octeto con todos ceros y el último valor de tensión anterior a dicho octeto fue un positivo, dicho octeto se codifica como 000+-0-+
- Si aparece un octeto con todo ceros y el último valor de tensión anterior a dicho octeto fue un negativo, dicho octeto se codifica como 000-+0+-
- Causa dos violaciones al código AMI
- Es muy poco probable que sea producido por ruido
- Receptor detecta e interpreta como un octeto de todos ceros.

### HDB3

- High Density Bipolar 3 Zeros
- Based on bipolar-AMI
- Cadena de 4 ceros son reemplazadas, por cadenas que tienen uno o dos pulsos.

		Números de pulsos bipolares desde la última sustitución	
Polaridad del pulso anterior	Impar 000V	Par B00V	
-	000-	+00+	
+	000+	-00-	pulsos bipolares = (unos)

## Medios de Transmisión (Capa Física)

El medio de transmisión es el camino físico entre el emisor y el receptor.

### Tipos de medios:

- **Guiados** (la señal se propaga dentro de un medio físico):
  - **Par Trenzado**: Dos cables trenzados entre sí para reducir interferencias.
  - **Coaxial**: Un conductor externo rodea un cable conductor interno.
  - **Fibra Óptica**: Usa luz para transmitir datos a altas velocidades.
- **No Guiados** (la señal se propaga en el aire o en el vacío):
  - **Radiofrecuencia (RF)**: Emite señales electromagnéticas.
  - **Satélites**: Transmiten señales de RF desde el espacio.

### Características y calidad de transmisión:

- **Medios Guiados**: La calidad de la transmisión depende principalmente de las propiedades del medio físico (material, diseño, etc.).
- **Medios No Guiados**: La calidad está más influenciada por el ancho de banda de la señal emitida y la configuración de la antena que por el medio físico en sí.

## Medios Guiados

### Par Trenzado:

- **Diafonía (crosstalk):** Se refiere a la interferencia entre pares de cables cercanos cuando una señal de un par es captada por otro.

### Cable Coaxial:

- Compuesto por un conductor externo cilíndrico que rodea un conductor interno.
- **Aplicaciones:** TV por cable, telefonía a larga distancia, y redes LAN (obsoletas).
- **Características:** Transmite señales analógicas y digitales, ofrece buena respuesta a altas frecuencias, y tiene baja interferencia y crosstalk.
- **Limitaciones:** Atenuación y ruido de intermodulación cuando se usa multiplexación por división de frecuencia (FDM).

### Fibra Óptica:

- Hebra de vidrio o silicio que transporta luz para transmitir datos.
- **Componentes:**
  - Fuente de luz: LED o láser.
  - Medio transmisor: Fibra óptica.
  - Detector de luz: Fotodiodo.
- **Construcción:**
  - **Núcleo (core):** Transporta la luz.
  - **Revestimiento (cladding):** Rodea el núcleo y tiene un índice de refracción más bajo para reflejar la luz dentro del núcleo.
  - **Recubrimiento (coating):** Protege la fibra del daño físico.
- **Principio de funcionamiento:**
  - La diferencia de índices de refracción entre núcleo y revestimiento provoca la reflexión interna total, evitando que la luz salga del núcleo.
- **Ángulo crítico:** El ángulo mínimo de incidencia que garantiza reflexión total dentro de la fibra.
- **Ángulo de aceptación:** Es el mayor ángulo con respecto a la normal que garantiza la entrada de luz en la fibra sin pérdida.
- **Apertura numérica:** Es el cono de luz aceptado por la fibra, determinado por el ángulo de aceptación.
- **Clasificación:**
  - **Por modo de propagación:**
    - **Monomodo (SM):** Solo un modo de luz viaja por la fibra, adecuada para largas distancias.
    - **Multimodo (MM):** Varios modos viajan simultáneamente, adecuada para distancias cortas.
  - **Por índice de refracción:**
    - **Índice escalonado (SI):** La transición entre núcleo y revestimiento es abrupta.
    - **Índice gradual (GI):** El índice de refracción varía gradualmente entre núcleo y revestimiento.
- **Comparación con cobre:** Cobre tiene mayor atenuación por kilómetro comparado con la fibra óptica.
- **Pérdidas:**
  - **Intrínsecas (del material):** Especificadas en datasheets
    - Perdidas por **absorción**
    - Perdidas por **Scattering Rayleigh**
    - Perdidas por scattering debido a una **estructura no uniforme del núcleo**
  - **Instalación:** Se miden luego de la instalación
    - Perdidas causadas por **curvaturas**
    - Perdidas por **microcurvaturas** causadas por presión externa
    - Perdidas por **uniones (splice)** (Reflexion de Fresnel)
    - Perdidas de **acoplamiento** entre la fibra y los aparatos receptores y transmisores (Reflexion de Fresnel)
  - **Dispersión** (Limita la tasa de TX)
    - **Material:** Las diferentes longitudes de onda que componen el pulso enviado viajan a velocidades distintas y por ende causan ensanchamiento del pulso de luz.
    - **Modal:** Los diferentes haces de luz (modos) siguen rutas distintas y por ende causan ensanchamiento del pulso de luz.
  - Guía de ondas (Waveguide)

## No guiados – Microondas

### Antenas

- Es un conductor eléctrico usado para irradiar o captar energía electromagnética
- Transmisión de la señal
  - La energía eléctrica se convierte a energía electromagnética
  - La conversión se realiza en la antena.
  - La energía se irradia al entorno que envuelve a la antena.
- Recepción de la señal
  - La energía electromagnética se convierte a energía eléctrica.
  - Esta conversión se realiza en la antena.
  - La energía eléctrica se pasa al receptor.
- La misma antena es a menudo usada en ambos sentidos.

### Patrón de radiación

- La potencia radiada es en todas las direcciones
- No es la misma performance en todas las direcciones
- Las antenas isotrópicas (teóricamente) son un punto en el espacio.
  - Irradian energía en todas las direcciones igualmente.
  - El diagrama de radiación es una esfera.

### La antena parabólica de reflexión

- Microondas terrestres y satelitales.
- Parábola es el lugar geométrico de todos los puntos que equidistan de una recta dada y de un punto fijo que no pertenecen a la recta.
  - El punto fijo es el foco
  - La línea se llama generatriz.
- Teóricamente, este efecto consigue un haz paralelo sin dispersión alguna
- En el receptor, si las ondas recibidas son paralelas al eje de la parábola reflectante, la señal resultante estará concentrada en el foco.

### Ganancia de una antena

- Medida de su direccionalidad
- Dada una dirección, se define la ganancia de una antena como la potencia de salida, en esa dirección, comparada con la potencia transmitida en cualquier dirección por una antena omnidireccional.
- Se mide en decibeles (dB)
- El incremento de potencia radiada es consecuencia de la perdida de potencia en otra dirección.
- El área efectiva de una antena está relacionada con su tamaño físico y con su geometría y ella con la ganancia.

### Microondas por satélite

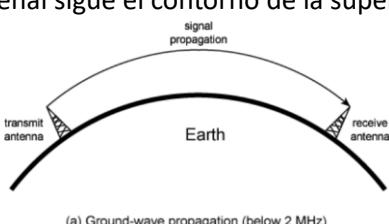
- Es una estación que retransmite microondas.
- El satélite recibe en una frecuencia, amplifica o repite la señal y transmite en otra frecuencia.
- **Punto a punto satelital:** Consiste en un enlace punto a punto entre dos antenas terrestres alejadas entre sí.
- **Enlace de broadcast satelital:** Conectar una estación base transmisora con un conjunto de receptores terrestres.

### Microondas terrestres

#### *Propagación inalámbrica*

La señal puede viajar por tres caminos:

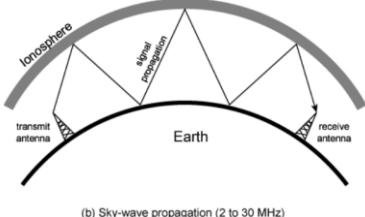
- **Ground Wave Propagation (ondas superficiales)**
  - Señal sigue el contorno de la superficie terrestre.



(a) Ground-wave propagation (below 2 MHz)

- **Sky Wave Propagation (ondas aereas)**

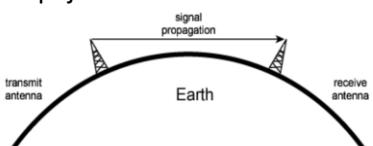
- Señal proveniente de la antena terrestre se refleja ionósfera, volviendo así hacia la tierra



(b) Sky-wave propagation (2 to 30 MHz)

- **Line of Sight Propagation (Línea de vista)**

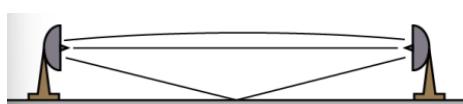
- Transmisión siguiendo la línea de visión
- Antenas alineadas según trayectoria visual efectiva
- **Zona de Fresnel:** Cuando se diseña un enlace, no es suficiente tener visión, la zona de Fresnel es el radio despejado alrededor de la línea de vista que asegura no tener interferencias por obstrucciones.



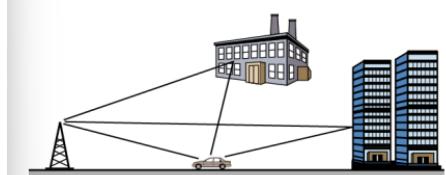
(c) Line-of-sight (LOS) propagation (above 30 MHz)

### Multipath interference

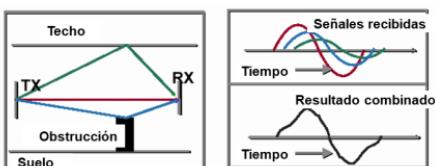
- Se debe al desfase entre la señal que llega en línea recta y la que llega por paredes, obstáculos
- Puede cancelarse si la diferencia de fase coincide con media longitud de onda



(a) Microwave line of sight



(b) Mobile radio



### Factibilidad técnica: pérdidas totales

- Perdidas en el alimentador: atenuación por metro, atenuación en los acoplos y perdida por diversidad. Todas tabuladas
- Perdidas en la trayectoria: son función creciente del logaritmo del vano y del de la frecuencia
- Perdidas por desvanecimiento: son función del tipo del terreno, del tipo de clima y del objetivo de confiabilidad.