# Aspectos físicos de la transmisión

### Álvaro González Sotillo

### 9 de septiembre de 2023

### Índice

1. Introducción	1
2. Estándares	2
3. Medio de transmisión	2
4. Señalización	4
5. Codificación de canal	6
6. Velocidad de transferencia	11
7. Multiplexación	11
8. Sincronización	13
9. $Serie/Paralelo$	14
10.Problemas en la transmisión	14
11.Referencias	15

### 1. Introducción

- La capa física se encarga de la transmisión de bits por el medio o canal de comunicación.
- El nivel de enlace genera grupo de bits (tramas). Los medios físicos transportan señales, que representan los bits.

### 1.1. Elementos

- Elementos de una comunicación:
  - Emisor: codificar en señales los dígitos binarios que representan las tramas de la capa de enlace de datos.
  - Medio: transmitir las magnitudes físicas por el canal.
  - Receptor: recuperar estas señales individuales desde los medios, restaurarlas para sus representaciones de bit y enviar los bits hacia la capa de enlace de datos.
- La capa física debe contemplar:
  - Medios físicos y conectores asociados.
  - Una representación de los bits en los medios .
  - Codificación de los datos y de la información de control.
  - Sistema de circuitos del receptor y transmisor en los dispositivos de red.

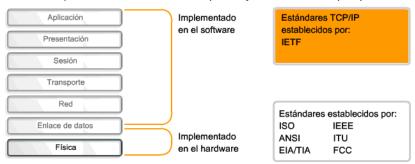
### 2. Estándares

- Un estándar es un acuerdo entre varias partes
- Sirve para garantizar la interoperabilidad
  - Cada elemento es sustituible por partes equivalentes de otro proveedor
- Tipos de estándares
  - De *iure*: Acordado entre varias partes
  - De facto: Por costumbre o dominancia de algún proveedor

### 2.1. Principales organizaciones estandarizadoras

ISO	Organización Internacional para la Estandari-
	zación
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electróni-
	cos
ANSI	Instituto Nacional Estadounidense de Están-
	dares
ITU	Unión Internacional de Telecomunicaciones
EIA/TIA	La Asociación de Industrias Electrónicas y la
,	Asociación de las Industrias de las Telecomu-
	nicaciones
FCC	Autoridades de las telecomunicaciones nacio-
	nales, como la Comisión Federal de Comuni-
	caciones en EE.UU.
IETF	Internet Engineering Task Force

Comparación entre los estándares de capa física y los estándares de capa superior



### 3. Medio de transmisión

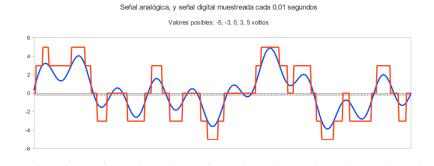
#### 3.1. Tipos básicos de medios de red:

- Cable de cobre. Pulsos eléctricos.
- Fibra. Patrones de luz.
- Inalámbrico. Patrones de transmisión de radio.

### 3.2. Tipos de señal

- Señal analógica
  - Todos los niveles de señal son importantes
  - En cualquier momento
  - No hay cuantización

- Señal digital
  - Sólo unos pocos niveles son válidos
  - $\bullet$  En algunos momentos (muestreo)
  - Los demás niveles se aproximan a los válidos

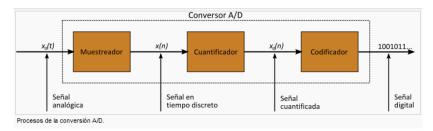


Fuente: wikitecno

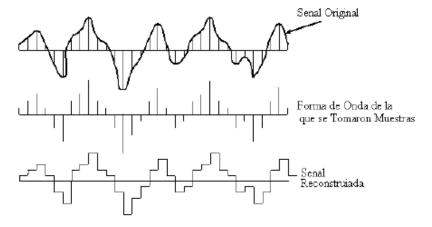
### 3.3. Conversión de una señal analógica a digital

• Codificador: transforma de analógico a digital

■ Descodificador: transforma de digital a analógico



- Muestreador: A mayor número de muestras por segundo (frecuencia de muestreo),
  - Más fiel es la onda digital resultante.
  - Más información se genera por segundo
- Cuantificador: A mayor número de bits,
  - mayor precisión
  - más información se genera por segundo



### 3.4. Ejemplos analógico/digital

	Canal analógico	Canal digital
Información analógica	Teléfono o televisión (analógicos)	Televisión digital
Información digital	Fax, módem telefónico, ADSL	fibra

- La señal no es digital, la **información** que lleva sí.
- Consideramos canal digital a uno diseñado originalmente para llevar información digital
  - Siempre se puede cuantizar después para convertir en digital

### 4. Señalización

- La capa física debe generar las señales (inalámbricas, ópticas o eléctricas) que representan el "1z el "0.en los medios.
- El método de sincronización de la comunicación de bits se denomina método de señalización.
- La transmisión de la trama a través de los medios se realiza mediante una cadena o *stream* de bits.
- El tiempo de bit es el tiempo que ocupa el medio la transmisión de un bit.
  - El tiempo de bit debe estar sincronizado entre el transmisor y el receptor (se utilizan señales de reloj para este fin).
  - Para sincronizar los relojes e identificar inicios/finales tramas (información a nivel de enlace), se utilizan combinaciones de bits preestablecidas (patrones).

### 4.1. Banda base/Banda ancha

- Banda base
  - Se pueden utilizar simplemente voltajes para indicar niveles
  - $\bullet\,$  No es fácil multiplexar el medio
  - Se suele utilizar en medios de baja velocidad
- Banda ancha
  - El medio se comparte, utilizando diferentes frecuencias (ver multiplexación por frecuencia)
  - Cada frecuencia es un canal independiente

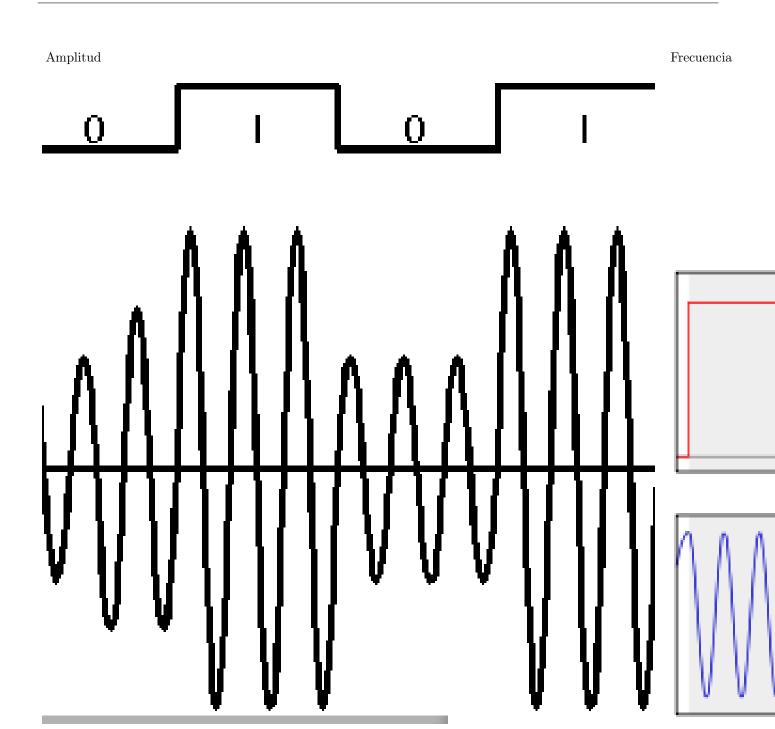
### 4.2. Modulación de señal

- Las señales no se suelen emitir sin más (excepto a veces en banda base)
- Sino que se transmiten como variaciones de una onda sinusoidal

$$y(t) = A \cdot sen(\omega \cdot t + \varphi)$$

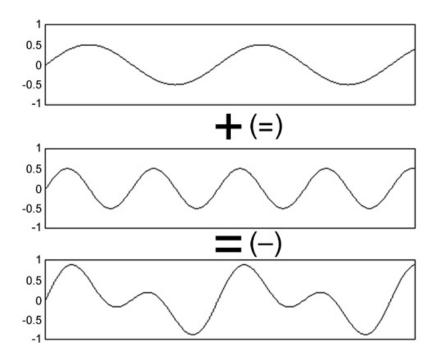
- A: Amplitud
- $\omega$ : Frecuencia
- $\varphi$ : Fase
- Los bits se representan en el medio al cambiar una o más de las características de la señal
  - Amplitud
  - Frecuencia
  - Fase

media/modulacion-animacion.gif



## 4.3. Suma de señales

- Se pueden sumar varias señales
  - $\bullet\,$  Es la forma de multiplexar varias señales por un medio
- $\blacksquare$  En el lado receptor se pueden separar las señales
  - Si cada señal tiene un rango de frecuencias distinto
  - Utilizando la Transformada de Fourier



Señalización – Señales analógicas complejas

### 4.4. Baudios / bit rate

- Baudios: Número de señales digitales enviadas por segundo
  - Cada señal es de un conjunto limitado de posibilidades
- Bitrate: Número de bits enviados por segundo

bitrate = baudios\*bitsporbaudio

#### 4.5. Ejercicios

- Determina los baudios y bits por segundo de:
  - El foco morse de un barco de la marina, que se puede encender o apagar cada segundo
  - $\bullet\,$  Un semáforo, que puede cambiar cada 0.5 segundos a uno de sus tres colores
  - Un semáforo, que puede cambiar cada 0.5 segundos a cualquier combinación de sus tres colores
  - Una sinusoidal, que 10 veces por segundo puede
    - o cambiar de frecuencia tres a frecuencias posibles
    - o y a la vez, cambiar de amplitud a dos amplitudes posibles

### 5. Codificación de canal

- Cada señal enviada no tiene por que ser directamente el dato que se quiere enviar
- El conjunto de señales recibidas pueden ser reinterpretadas
  - Para distinguir el inicio y el fin de la transmisión de los datos reales
  - Para mejorar la detección de errores
  - Para sincronizar los relojes de muestreo entre emisor y receptor
- Para el resto de la explicación se supondrán señales en banda base
  - Aunque sería aplicable a banda ancha

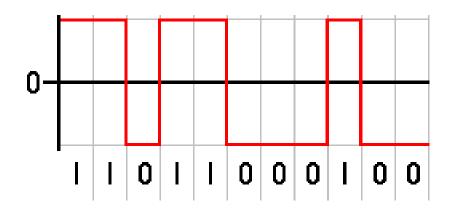
## 5.1. Codificación unipolar

$$\begin{array}{cc} 0 & 0V \\ 1 & xV \end{array}$$

- Ventajas
  - Simple de entender e implementar
- Desventajas
  - La amplitud media no es 0, por lo que hay un componente de corriente continua apreciable

## 5.2. Código NRZ-L (bipolar)

$$\begin{array}{cc} 0 & -xV \\ 1 & +xV \end{array}$$



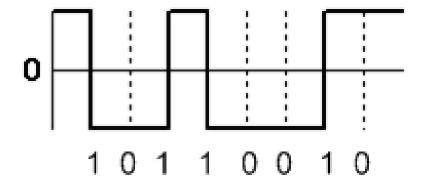
- Ventajas
  - Ya no hay corriente continua
- Desventajas
  - Si mando muchos 0s o 1s seguidos, puedo perder la sincronización del reloj

Nota: Si no usa -xV para 0, queda unipolar

## 5.3. Código NRZI (bipolar)

- 0 La señal no cambia
- 1 La señal cambia de signo

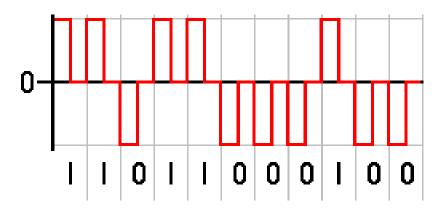
Por lo demás, como NRZL



- Ventajas
  - Si mando muchos 1s no pierdo sincronía
- Desventajas
  - Pero si mando muchos 0s sí pierdo sincronía

## 5.4. Código RZ

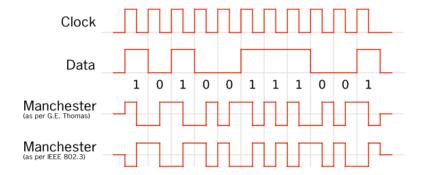
- 0 -xV seguido de 0V
- 1 xV seguido de 0V



- Ventajas
  - No pierdo sincronía
- Desventajas
  - $\bullet\,$  Necesito 3 niveles posibles en vez de dos (desperdicio bits, hardware más complejo)
  - La mitad de los baudios se gasta en la sincronía

### 5.5. Código Manchester

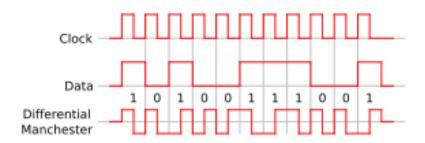
- 0 -xV seguido de xV
- 1 xV seguido de -xV



- Ventajas
  - Sólo dos niveles de señal
- Desventajas
  - Transiciones extra a principio de señal (con muchos 0s o 1s seguidos)

### 5.6. Código Manchester diferencial

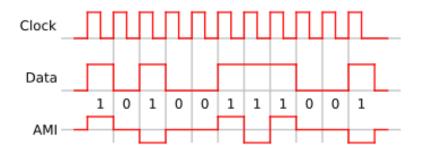
- 0 Se cambia el voltaje al principio
- 1 No se cambia el voltaje al principio
  Pero a mitad de bit siempre se cambia



- Ventajas
  - Me ahorro algunas transiciones extra al principio
- Desventajas
  - $\bullet\,$  Pero siguen quedando transiciones extra al principio

### 5.7. Código AMI

 $\begin{array}{ll} 0 & 0V \\ 1 & xV \ o \ \hbox{-}xV, \ alternando \ cada \ vez \end{array}$ 

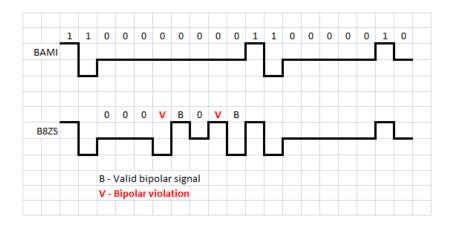


- Desventaja
  - Pérdida de sincronía con muchos 0s

#### 5.8. B8ZS

 $\begin{array}{c|cccc} 0 & 0V \\ \hline 1 & xV \text{ o -xV, alternando cada vez} \\ \hline 00000000 & 000VB0VB \end{array}$ 

V: Violación, un 1 mal enviado B: un 1 bien enviado



- Ventajas
  - Sincronización com muchos 0s

## 5.9. 4B/5B

- Se agrupan paquetes de 5 bits
- $\blacksquare$  Correspondencia entre cada paquete de 5 bits con
  - Una secuencia de 4 bits
  - Un código de control
  - Algo inválido (ha habido un error)

Cádigos	40	datas	
Códigos	ae	aatos	

Código 4B	Símbolo 5B
0000	11110
0001	01001
0010	10100
0011	10101
0100	01010
0101	01011
0110	01110
0111	01111
1000	10010
1001	10011
1010	10110
1011	10111
1100	11010
1101	11011
1110	11100
1111	11101

Códigos no válidos y de control

Counged the runneds y do donner	
Código 4B	Símbolo 5B
inactivo	11111
inicio del stream	11000
inicio del stream	10001
final del stream	01101
final del stream	00111
error de transmisión	00100
inválido	00000
inválido	00001
inválido	00010
inválido	00011
inválido	00100
inválido	00101
inválido	00110
inválido	01000
inválido	10000
inválido	11001

## 5.10. Ejercicios

- Codifica los dígitos 1011100010 en:
  - NRZ-L
  - NRZI
  - AMI
  - Bipolar con sustitución de 8 ceros (B8ZS)
  - Manchester
  - Manchester diferencial.
- $\blacksquare$  Codifica los dígitos 100100000000001011 en las mismas codificaciones
- $\blacksquare$  Aplica 4B/5B a los bits anteriores. Rellena con bits a 0 al final si es necesario

### 6. Velocidad de transferencia

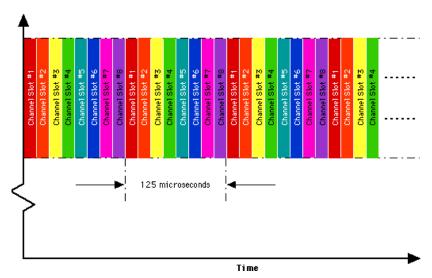
- Cada medios físicos admiten la transferencia de información a cierta velocidad.
- La transferencia de datos puede medirse de tres formas:
  - Ancho de banda: Capacidad que posee un medio de transportar datos sin procesar. El ancho de banda digital (kbps o Mbps) mide la cantidad de información que puede fluir desde un lugar hacia otro en un período de tiempo determinado.
  - Rendimiento: Medida de transferencia de bits a través de los medios durante un período de tiempo determinado. Generalmente *no coincide* con el ancho de banda (colisiones en el medio si es de acceso compartido, errores de transmisión o sincronía,...)
  - Transferencia útil. Mide la transferencia efectiva de los datos del usuario entre las entidades de la capa de aplicación descartando la sobrecarga de cabeceras del resto de capas.

### 7. Multiplexación

- Uso compartido del medio por los hosts de la red
  - Por frecuencia
  - Por tiempo
  - Por frecuencia y tiempo
- El efecto es conseguir varios canales a través de solo un medio de transmisión

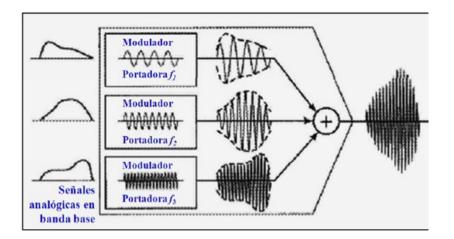
### 7.1. Multiplexación por tiempo

- Se divide el tiempo en ranuras (slots)
- Las ranuras se reparten por orden entre los canales
- ullet Si el medio tiene una capacidad c, cada uno de los n canales tiene una capacidad de c/n



### 7.2. Multiplexación por frecuencia

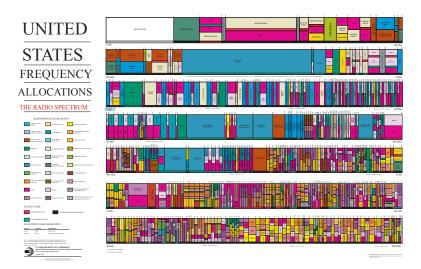
- Se divide el rango de frecuencias que el medio soporta
- Se reparte dicho rango entre varios canales (banda ancha)



 $Fuente: {\bf comunication 2011 jeff}$ 

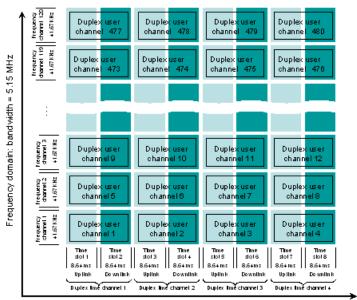
### 7.3. Ejemplos de multiplexación en frecuencias

- Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias
- Equivalente estadounidense



## 7.4. Multiplexación en tiempo y frecuencia

- Se utilizan la multiplexación en tiempo
- En cada canal resultante, se usa la multiplexación en frecuencia



Time domain: frame length = 90 ms

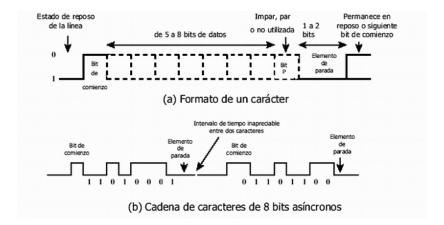
• Nota: se podría seguir multiplexando cada canal por tiempo y por frecuencia

### 8. Sincronización

- Proceso mediante en cual el equipo receptor, conoce los momentos exactos en que debe medir la magnitud de la señal para identificar la información recibida.
- Dependiendo del tipo de sincronización, la transmisión puede ser:
  - Asíncrona
  - Síncrona

#### 8.1. Transmisión asíncrona

- Las señales que permiten marcar los tiempos están incluidas en el mensaje transmitido.
- Los datos se transmiten enviándolos carácter a carácter, donde cada carácter tiene una longitud de 5 a 8 bits.
- El receptor tiene la oportunidad de resincronizarse al principio de cada carácter.
- La transmisión asíncrona es sencilla y no costosa, si bien requiere de 2 o 3 bits suplementarios por cada carácter.
- Está en desuso



#### 8.2. Transmisión síncrona

- Los bits se envían a una cadencia constante sin discriminar los caracteres que componen.
- El emisor y el receptor se encargan de la sincronización de modo que sean capaces de reconstruir la información original.
- Deben utilizar relojes a la misma frecuencia. El comienzo y el final de cada bloque de datos se identifican con patrones de bits conocidos en ambos lados de la comunicación. El modo de transmisión síncrona permite velocidades de transmisión mayores que la asíncrona ya que es menos sensible al ruido y obtiene un mejor rendimiento de la línea de datos.
- Es la utilizada en Manchester, Manchester diferencial, RZ

## 9. Serie/Paralelo

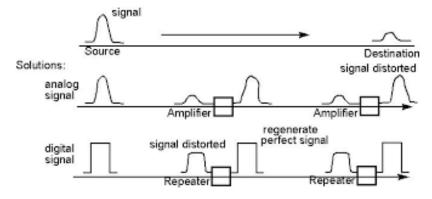
- Modo de transmisión serie
  - Una única línea transmite los datos
  - Ejemplos: ADSL, USB 1.0
- Modo de transmisión paralelo
  - La información se envía simultáneamente por varias líneas
  - Más rápido, pero con mayores problemas de sincronía a distancias largas
  - Ejemplos: buses internos del ordenador

### 10. Problemas en la transmisión

- En una transmisión, la señal recibida puede ser distinta de la emitida por culpa de perturbaciones:
  - Atenuación
  - Distorsión
  - Interferencia
  - Ruido
  - Diafonía

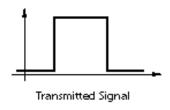
#### 10.1. Atenuación

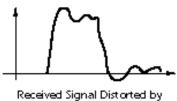
- Debilitamiento de la señal debido a la resistencia eléctrica del canal
- La amplitud de la señal disminuye
- Se puede mejorar con
  - Mejores cables: cobre, plata...
  - Amplificadores
  - Retransmisores/Repetidor



### 10.2. Distorsión

- Deformación de la señal
  - Distintas frecuencias se transmiten mejor por el medio
  - Inducción y resistencia del canal





Capacitance and Inductance of Copper Cable

#### 10.3. Interferencia

- $\blacksquare$  Suma a la señal que se transmite de otra señal de origen conocido.
  - Otras señales transmitidas en canales cercanos
  - Aparatos eléctricos: fluorescentes, motores, alternadores...
  - Causas naturales: tormentas solares, rayos...
  - Alimentación eléctrica

#### 10.3.1. Diafonía (Crosstalk o XT)

- La señal de un canal, considerado perturbador, aparece en el otro, considerado perturbado.
- Diafonía inteligible es aquella en que en el circuito perturbado se .ºntiende"la señal que se transmite por el circuito perturbador
  - Ejemplo: escuchar a otra conversación por teléfono.

#### 10.4. Ruido

- Es la suma de múltiples interferencias
  - Puede intentar aislarse
- Ruido térmico: agitación de los electrones
  - No se puede eliminar completamente

### 11. Referencias

- Formatos:
  - Transparencias
  - PDF
  - EPUB
- Creado con:
  - Emacs
  - org-re-reveal
  - Latex
- Alojado en Github