

# El Nivel de Enlace

## Arquitectura de Redes de Ordenadores

### Arquitectura de Internet

Departamento de Sistemas Telemáticos y Computación (GSyC)

Universidad Rey Juan Carlos

Enero 2017



©2017 Grupo de Sistemas y Comunicaciones.  
Algunos derechos reservados.  
Este trabajo se distribuye bajo la licencia  
Creative Commons Attribution Share-Alike  
disponible en <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.1/es>

- 1 Introducción
- 2 Acceso a un medio compartido
- 3 Gestión de Errores de Transmisión
- 4 Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace
- 5 Dispositivos de Interconexión de Redes
- 6 Referencias

# Contenidos

- 1 **Introducción**
- 2 Acceso a un medio compartido
- 3 Gestión de Errores de Transmisión
- 4 Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace
- 5 Dispositivos de Interconexión de Redes
- 6 Referencias


# Misiones del nivel de enlace

- El Nivel de Enlace en la arquitectura TCP/IP incluye a los niveles físico y de enlace de OSI.
- Misiones principales:
  - Transformar los bits a transmitir por el medio en una señal, y extraer de una señal del medio los bits que se han transmitido.
  - Gestionar el acceso al medio si dicho medio es compartido.
  - Detectar los errores de transmisión
  - Opcionalmente, corregir los errores de transmisión o retransmitir.

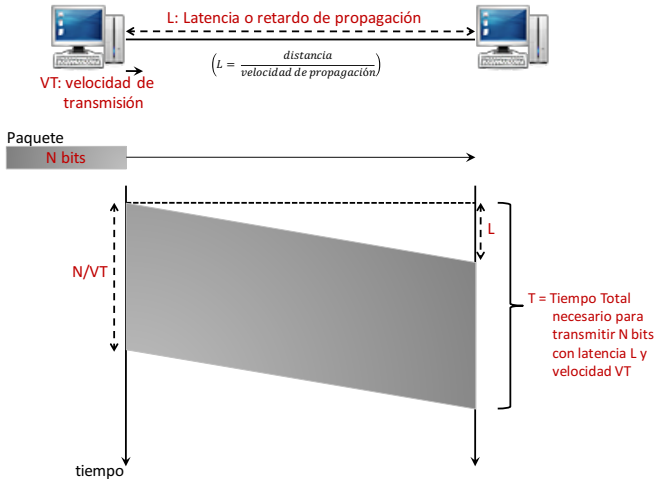
# Conceptos Generales

- **Velocidad de Transmisión**: Bits por segundo que se transmiten (Unidades: Kbps, Mbps, Gbps). También se le llama, informalmente, “**ancho de banda**”.
- **Latencia** o **Retardo de propagación**: Tiempo que tarda un bit desde que sale hasta que llega a su destino.
- Ambos conceptos son totalmente independientes: puede haber sistemas de transmisión con un buen ancho de banda y mala latencia o al revés.
- Tiempo que se tarda en transmitir una cantidad de bits entre máquinas conectadas al mismo canal:

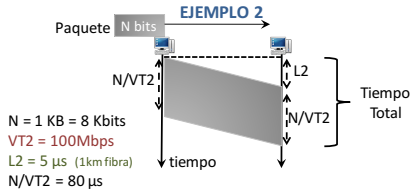
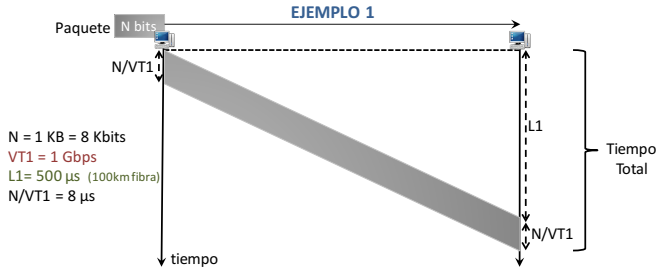
$$\text{Tiempo} = \text{Latencia} + \frac{\text{Cantidad de bits}}{\text{Velocidad de Transmisión}}$$



# Envío de un paquete



# Ejemplos de envío de un paquete





- **Transmisión Simplex:** El canal de comunicaciones es de un solo sentido.
- **Transmisión Semi-Duplex:** Canal bidireccional, pero en el que no puede transmitirse en ambos sentidos a la vez.
- **Transmisión Duplex:** Canal bidireccional en el que puede transmitirse en ambos sentidos a la vez.

# Medios de Transmisión

- **Magnéticos:** Camión cargado de DVDs o discos duros (a veces es la forma más rápida de llevar a otro lugar cantidades ingentes de información).
- **Par Trenzado:** UTP-5
- **Coaxial:** Fino, grueso
- **Fibra Óptica:** Monomodo, multimodo
- **Inalámbricos:** Wi-Fi, UMTS (3G), GPRS, Bluetooth, Satélite

# Transmisión Digital y Transmisión Analógica

- Los ordenadores tienen la información que quieren transmitir ya en binario (digital).
- Pueden transmitirla por medios diseñados para transmitir información digital o por medios diseñados para transmitir información analógica:
  - **Transmisión Digital:** Se transmiten los datos binarios directamente por el medio de transmisión. Distintos niveles de tensión (voltios) indican los ceros o los unos.
  - **Transmisión Analógica:** La información binaria se “modula” para transmitirla por un medio analógico: se transmite siempre una senoide que se va variando en amplitud y/o frecuencia y/o fase para indicar los ceros y unos.

# Contenidos

- 1 Introducción
- 2 Acceso a un medio compartido
- 3 Gestión de Errores de Transmisión
- 4 Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace
- 5 Dispositivos de Interconexión de Redes
- 6 Referencias

# Subnivel MAC

- En la terminología OSI, el nivel de enlace se dividía en 2 partes:

Nivel de Red
LLC (Subnivel de Control del Enlace Lógico)
MAC (Subnivel de Control de Acceso al Medio)
Nivel Físico

MAC: se encarga del acceso a un medio de transmisión compartido por varias máquinas.

LLC: se encarga de la gestión de los errores de transmisión.

- El término MAC ha trascendido al propio modelo OSI y se utiliza muchas veces de forma informal para referirse a las tarjetas de red o a sus direcciones.

# El problema del acceso al medio

¿Cómo y cuándo asignar el canal físico a las distintas máquinas que lo comparten y quieren acceder a él?

Soluciones:

- **Asignación estática:** Se reparte el canal en el **tiempo** (TDM) o en **frecuencia** (FDM). Bueno para tráficos pesados y constantes, pero malo para ráfagas (lo habitual).
- **Asignación dinámica:** No está prefijado el reparto. Trata de aprovechar mejor el canal:
  - **Acceso por contienda:** Las máquinas compiten por usar el medio. Si coinciden dos o más a la vez: **colisión**
  - **Acceso por reserva:** Las máquinas pueden hacer reservas para poder usar el canal en exclusiva durante un tiempo

# Protocolo CSMA/CD

- **CSMA/CD** (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*): Acceso múltiple con detección de portadora.
- Es un protocolo de acceso al medio por **contienda**, utilizado en las tarjetas Ethernet.
- Funcionamiento:
  - Cuando una estación quiere transmitir escucha en el canal.
  - Si está ocupado, espera a que quede libre
  - Si está libre, transmite.
    - Mientras transmite, sigue escuchando para ver si alguien transmite a la vez, en cuyo caso aborta la transmisión

# Protocolo CSMA/CD

- ¿Cuándo se producen las colisiones?
  - Cuando dos estaciones deciden transmitir simultáneamente al ver el canal libre.
  - Cuando el canal *parece* libre pero no lo está debido al retardo de propagación de los paquetes por la red.
- Caso patológico: Dos estaciones quieren transmitir y ven que el canal está ocupado. Esperan a que quede libre, y cuando lo está ambas transmiten a la vez, colisionando. Y así indefinidamente.
- Para evitarlo, **en caso de colisión** las estaciones **esperan un tiempo aleatorio** antes de reintentar.



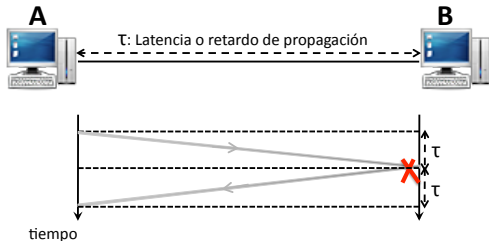
# Protocolo CSMA/CD

**Tiempo de reacción:** Tiempo que tarda en detectarse una colisión en el caso peor. Se calcula como el doble del retardo máximo de propagación ( $\tau$ ):

- Desde que A empieza a transmitir hasta que pasa  $\tau$ , B puede empezar a transmitir también.
- B se da cuenta de la colisión inmediatamente, pero hasta que no pasa otro  $\tau$ , A no se entera.

Ejemplo: Con cable coaxial de 1 km

- $\tau = 5 \mu s$
- tiempo de reacción  
=  $10 \mu s$

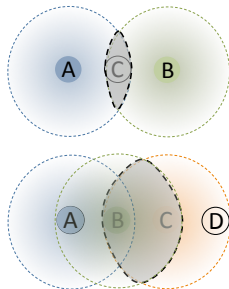


# Protocolos de Paso de Testigo

- Acceso al medio por **reserva**: Existe un **testigo** o *token* que circula por la red. En todo momento, sólo el poseedor del testigo puede transmitir, por lo que desaparecen las colisiones.
- Supone que las estaciones de la red se configuran como un anillo físico o lógico.
- Mecanismo:
  - Cuando el canal está libre, por él circula el **testigo**.
  - Cuando una estación quiere transmitir:
    - captura el testigo
    - envía su trama
    - devuelve el testigo al anillo.

# Acceso al medio en redes inalámbricas

- En redes inalámbricas escuchar el medio no da suficiente información para saber si habrá o no colisiones, por lo que CSMA/CD no es aplicable:
  - El alcance de las estaciones es limitado: no todas oyen a todas
  - Lo que importa es lo que oye el receptor: habrá colisión si el receptor oye dos señales a la vez
    - Aunque el emisor (A) oiga silencio antes de transmitir puede ser que el receptor (C) sí esté oyendo algo (a B), y por lo tanto habrá colisión en el receptor (C) sin que se entere el emisor.
    - Aunque el emisor (B) oiga otra señal (a C) antes de transmitir puede ser que el receptor (A) no escuche la otra señal (a C), y por lo tanto no habría colisión si se transmitiera (de B a A).
- En algunos protocolos el emisor pregunta al receptor si está listo para recibir algo para minimizar este problema.



# Evitar colisiones en redes inalámbricas

- En redes inalámbricas se intenta **evitar** las colisiones, haciéndolas estadísticamente poco probables aunque varias estaciones transmitan a la vez.
- Protocolos y técnicas, por ejemplo, CSMA/CA:
  - El emisor solicita permiso para enviar utilizando una trama RTS (Request to Send).
  - La estación base envía el permiso a través de una trama CTS (Clear to Send). Dado que esta trama CTS alcanza a todas las máquinas que se comunican con la estación base, todas ellas conocen que hay una estación que ha recibido el permiso para enviar, y por tanto el resto de nodos no envían.
  - El receptor debe confirmar que ha recibido los datos.

# Contenidos

- 1 Introducción
- 2 Acceso a un medio compartido
- 3 Gestión de Errores de Transmisión**
- 4 Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace
- 5 Dispositivos de Interconexión de Redes
- 6 Referencias

# Tipos de Errores de Transmisión

- Dos tipos de errores:
  - al menos un bit de una trama ha cambiado
  - una trama entera se ha perdido
- Las tramas que contienen bits erróneos:
  - Obligatoriamente tienen que **detectarse** en este nivel
  - Opcionalmente pueden **corregirse** en este nivel:
    - de forma **automática**
    - mediante **retransmisión**

# Contenidos

- 1 Introducción
- 2 Acceso a un medio compartido
- 3 Gestión de Errores de Transmisión**
  - Detección de errores
  - Corrección de errores
  - Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas
- 4 Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace
  - Ethernet / Fast Ethernet / Gigabit Ethernet / WiFi
  - PPP
  - ADSL
- 5 Dispositivos de Interconexión de Redes
- 6 Referencias

# Detección de errores

- Se **introduce redundancia** en los bits a transmitir con el objeto de poder detectar en recepción cuándo una trama ha llegado con errores.
- Primera aproximación: añadir a los datos un **Bit de Paridad**:
  - Se añade 1 bit a los datos de forma que el total de “unos” enviados en una trama sea siempre par (paridad par).

Bit de  
paridad par

0111000110101011	1
------------------	---

- Se detectarán errores de 1 solo bit en la trama, y hay un 50 % de probabilidades de detectar errores de más de 1 bit en la misma trama.

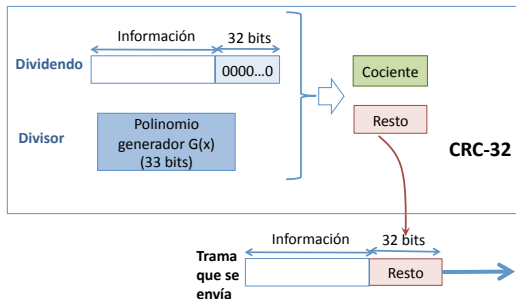


# Detección de errores

## Códigos de Redundancia Cíclica (CRC) (I)

- Se consideran los patrones de bits como polinomios, y se realizan operaciones aritméticas módulo 2 con ellos. Se implementa con circuitos *hardware* sencillos.
- En emisión:
  - se añaden  $n$  ceros al final de la trama.
  - se divide la trama resultante por un polinomio generador  $G(x)$
  - el resto de esa división será el CRC.
  - se sustituyen los  $n$  ceros concatenados al final de la trama por el valor del resto de la división.

### En Emisión

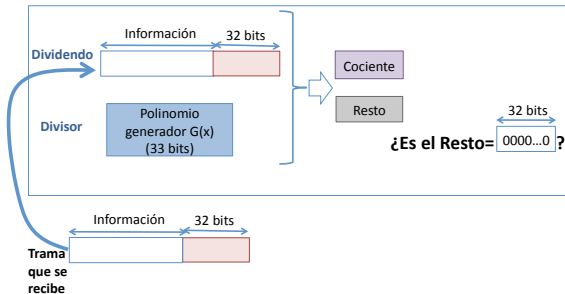


# Detección de errores

## Códigos de Redundancia Cíclica (CRC) (II)

- En recepción:
  - se divide la trama recibida por un polinomio generador  $G(x)$
  - se obtiene el resto de esa división. Si el resto es distinto de cero se considera que la trama es errónea.

### En Recepción



# Detección de errores

## Códigos de Redundancia Cíclica (CRC) (III)

Los CRC de 32 bits se detectan:

- Todos los errores simples y dobles
- Todos los errores en un número impar de bits
- Todas las ráfagas de longitud  $\leq 16$  bits
- El 99.997 % de las ráfagas de 17 bits
- El 99.998 % de las ráfagas de longitud  $\geq 18$  bits

# Contenidos

- 1 Introducción
- 2 Acceso a un medio compartido
- 3 Gestión de Errores de Transmisión**
  - Detección de errores
  - Corrección de errores
  - Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas
- 4 Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace
  - Ethernet / Fast Ethernet / Gigabit Ethernet / WiFi
  - PPP
  - ADSL
- 5 Dispositivos de Interconexión de Redes
- 6 Referencias

# Corrección automática de errores

- Puede introducirse **aún más redundancia** en los datos que se envían para, en caso de error, poder “suponer” cuáles eran los datos originales, y **corregir automáticamente los errores**.
- Idea Básica (códigos Hamming):
  - sólo ciertos patrones de bits son “posibles”
  - si se recibe un patrón “imposible”, se supone que el que se quería enviar es aquel “posible” que más se le parezca.

# Detección y corrección automática de errores

Ejemplo:

- ❶ Patrones posibles: 0000000000, 0000011111, 1111111111, 1111100000
- ❷ Se envía: 0000011111
- ❸ Se recibe: 0000000111
- ❹ Se corrige a 0000011111

Si al transmitir 0000011111 hubiera habido 3 errores, y llegado 0000000011, se hubiera corregido incorrectamente a 0000000000.

Se desaprovecha mucho la capacidad del medio, pero esta técnica se utiliza cuando se da una de estas dos situaciones:

- el medio de transmisión es símplex (¡no se puede pedir retransmisión!)
- “sobra” ancho de banda

# Contenidos

- 1 Introducción
- 2 Acceso a un medio compartido
- 3 Gestión de Errores de Transmisión**
  - Detección de errores
  - Corrección de errores
  - Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas
- 4 Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace
  - Ethernet / Fast Ethernet / Gigabit Ethernet / WiFi
  - PPP
  - ADSL
- 5 Dispositivos de Interconexión de Redes
- 6 Referencias

# Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas

- Se utiliza:
  - cuando se pierden tramas
  - cuando se descartan tramas por llegar con errores
- **MUY IMPORTANTE:** No es obligatorio que el nivel de enlace retransmita tramas perdidas/descartadas.
  - En TCP/IP sobre Ethernet por ejemplo las retransmisiones las hace TCP (nivel de transporte) y no Ethernet (nivel de enlace).
- Los protocolos de retransmisión utilizan **asentimientos** (ACKs) y **plazos** para su funcionamiento.
- Los protocolos de retransmisión también se denominan ARQ (Automatic Repeat reQuest).



# Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas

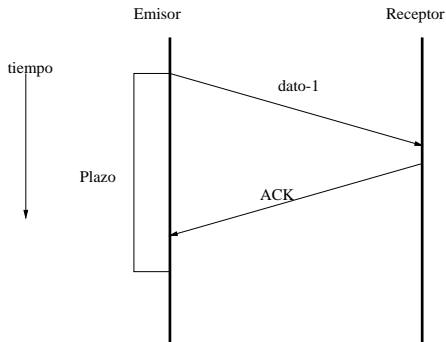
Tres tipos de protocolos para retransmitir tramas perdidas/descartadas:

- **Parada y Espera**: El emisor, después de enviar una trama, espera su **asentimiento** por parte del receptor antes de enviar la trama siguiente.
- **Envío Continuo**: El emisor va enviando tramas sin parar, y el receptor le va asintiendo por su cuenta.
- **Ventana**: Intermedio entre los dos anteriores: el emisor envía sin parar hasta un número máximo de tramas antes de tener los asentimientos.

# Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas

## Parada y Espera

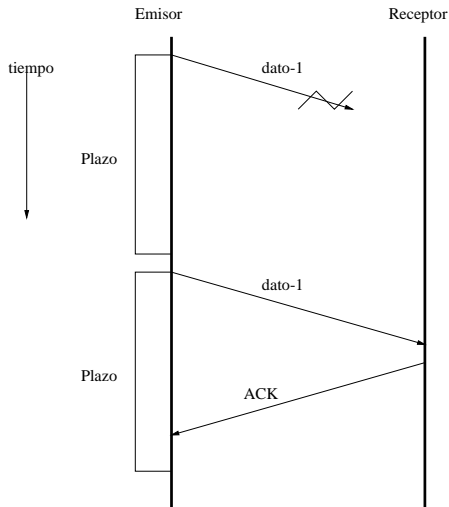
Mecanismo básico:



# Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas

## Parada y Espera

Si no se recibe el ACK, transcurrido un plazo se retransmite.



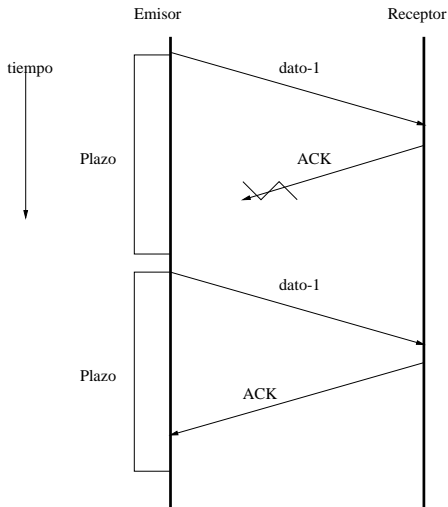
# Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas

## Parada y Espera

El protocolo genera duplicados, que podrían descartarse en el receptor si los paquetes van identificados de alguna forma.

El duplicado se debe a que se pierde un ACK.

Se envía una retransmisión innecesaria.



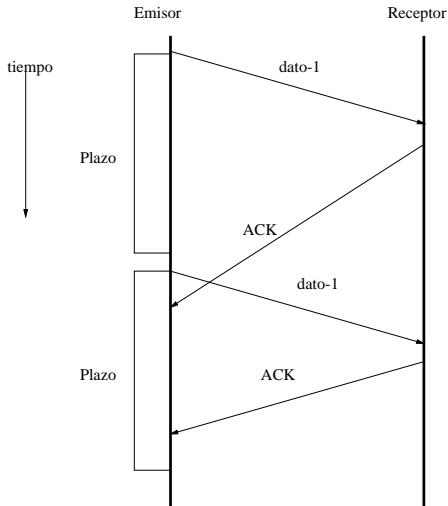
# Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas

## Parada y Espera

El protocolo genera duplicados, que podrían descartarse en el receptor si los paquetes van identificados de alguna forma.

El duplicado se debe a que se pierde un ACK se retrasa.

Se envía una retransmisión innecesaria.

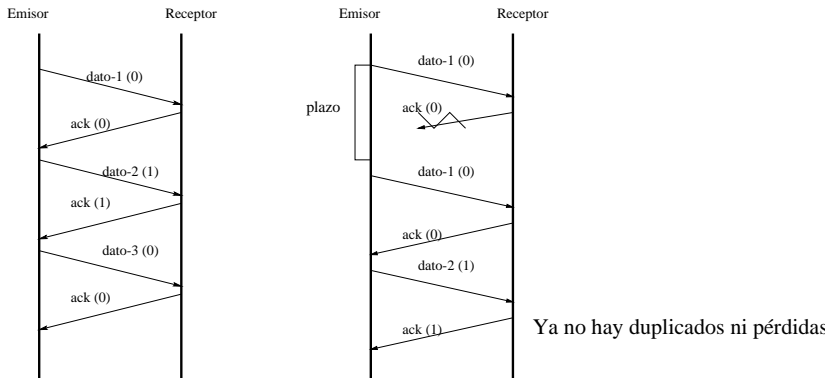


# Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas

## Parada y Espera

**Problema:** Detectar duplicados

**Solución:** Con asentimiento alternado: cada paquete de datos lleva un bit que va alternando. Los acks también incluyen el bit para identificar uno u otro paquete.

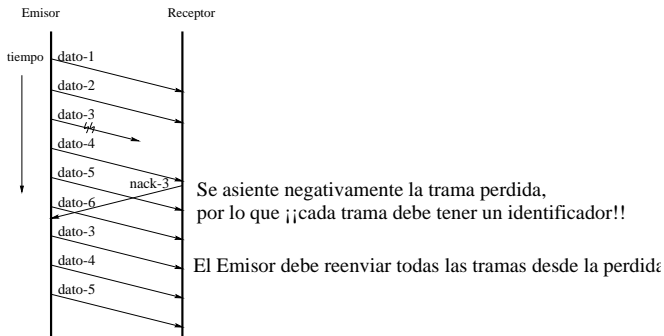


# Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas

## Envío Continuo

**Problema:** El canal está infrautilizado. Mejor que el emisor envíe siempre que pueda.

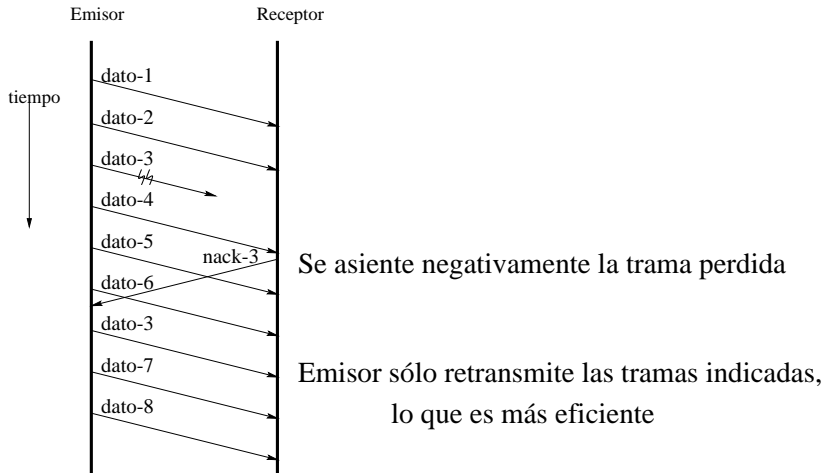
**Solución:** Envío continuo con **Rechazo Simple**, utilizando ACK negativo.



# Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas

## Envío Continuo

### Envío continuo con Rechazo Selectivo:





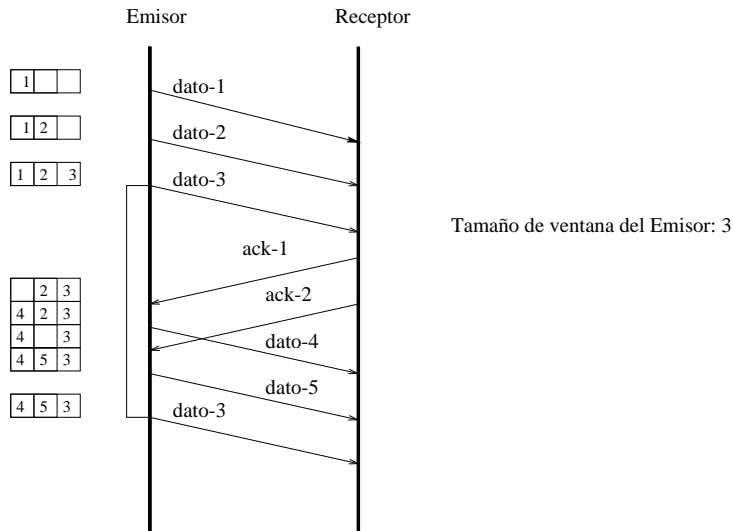
# Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas

## Ventanas

- Parada y Espera es muy lento.
- Envío Continuo requeriría memoria infinita.
- Solución intermedia: El Emisor, en vez de parar después de transmitir cada trama, para después de transmitir  $n$  (tamaño de la ventana) tramas.
- Cuando va recibiendo los ACKs de las tramas enviadas puede proseguir enviando nuevas tramas.

# Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas

## Ventanas



# Contenidos

- 1 Introducción
- 2 Acceso a un medio compartido
- 3 Gestión de Errores de Transmisión
- 4 Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace**
- 5 Dispositivos de Interconexión de Redes
- 6 Referencias

# Contenidos

- 1 Introducción
- 2 Acceso a un medio compartido
- 3 Gestión de Errores de Transmisión
  - Detección de errores
  - Corrección de errores
  - Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas
- 4 Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace
  - Ethernet / Fast Ethernet / Gigabit Ethernet / WiFi
  - PPP
  - ADSL
- 5 Dispositivos de Interconexión de Redes
- 6 Referencias

# Ethernet (I)

- Diseñado originalmente por Xerox, DEC e Intel, 1973
- Normalizado en 1983. IEEE 802.3
- Originalmente pensada para medios compartidos con acceso mediante CSMA/CD
- Hasta 10 Mbps
- Medios físicos:
  - Cable coaxial grueso (Thicknet): 10Base5, topología en bus.
  - Cable coaxial fino (Thinnet): 10Base2, topología en bus.
  - Par trenzado: 10Base-T, topología en estrella.
  - Fibra óptica: 10Base-F, topología en estrella
- Nivel Físico: Código Manchester, niveles de  $+0.85V$  y  $-0.85V$ .
  - Cada bit codificado contiene una transición en la mitad del intervalo de duración de los bits. Una transición de negativo a positivo representa un 1 y una transición de positivo a negativo representa un 0.
- Acceso al Medio: CSMA/CD

# Ethernet (II)

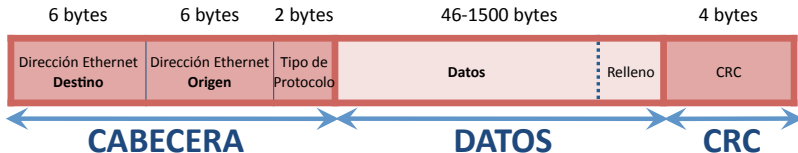
## 10BaseT:

- Cable UTP-3 ó UTP-5 (*Unshielded Twisted Pair*): 4 Pares trenzados, no blindados, categoría 3 ó 5.
- Conectores RJ-45.
- Se usa un par para transmitir y otro para recibir (full duplex).
- Dispositivo de interconexión:
  - Un concentrador (*hub*) hace de bus. Lo que recibe por una boca, lo retransmite por todas las demás. 10 Mbps entre todas las bocas.
  - A veces se usa un conmutador (*switch*): Reenvía sólo a la boca a la que se conecta el destinatario. 10 Mbps por boca y sentido, varias transmisiones a la vez.
  - Longitud máxima hasta el concentrador: 100 metros



# Ethernet (III)

## Formato de trama



- Cuando una estación envía una trama, antes de poner en el medio los bits de la trama propiamente dicha, envía:
  - **Preámbulo:** 7 bytes con valor 10101010 reloj con el del transmisor.
  - **Comienzo de trama:** 1 byte con valor 10101011
- Pero estos 8 bytes previos no se consideran parte del formato de la trama Ethernet.

# Ethernet (IV)

- **Direcciones destino y origen:** 6 bytes.
  - Si todos los bits de destino son 1, la trama será entregada a todas las estaciones de la subred (omnienvío o *broadcast*).
  - Si el bit 40 (el de menor peso del primer byte) de la dirección destino es 1, la trama va destinada a un grupo de máquinas (multienvío o *multicast*).
  - Si el bit 46 (el segundo bit del primer byte) de una dirección está a 0, la dirección es de ámbito mundial, asignada de forma única. Si está a 1, es de ámbito local, relativo a esa subred. En ambos casos son direcciones unienvío o *unicast*.
  - Los tres primeros bytes suelen identificar a la organización que asigna la dirección (fabricante).
  - La dirección de destino va delante para que una estación sepa rápidamente si una trama es para ella o no.



# Ethernet (V)

- **Tipo:** Indica el Protocolo encapsulado dentro del campo de Datos:
  - **0x0800:** datagrama IP
  - **0x0806:** paquete ARP (28 bytes de datos y 18 de relleno)
- **Datos:** Entre 0 y 1500 bytes.
- **Relleno:** La norma obliga a que toda trama sea  $\geq 64$  bytes, para poder considerar que todas las tramas menores son resultado de transmisiones abortadas al detectar colisión. Si hay menos de 46 bytes de datos, dichos datos se acompañan de bytes de relleno: entre 0 y 46 bytes de relleno, para que entre Datos y Relleno haya al menos 46 bytes.

*Según la especificación original de Ethernet:*

*Retardo máx. de propagación:  $25.6 \mu s$*

*Tiempo de Reacción:  $25.6 \times 2 = 51.2 \mu s$*

*Bits transmitidos en  $51.2 \mu s$  a  $10 Mbps$ :*

$$51,2 \cdot 10^{-6} \times 10 \cdot 10^6 = 512 \text{ bits} = 64 \text{ bytes}$$

# Ethernet (VI)

- **CRC:** 32 bits de Control de Redundancia Cíclica, para la detección de errores:
  - El transmisor calcula el CRC de los bits de datos, y lo coloca en la trama.
  - El receptor calcula el CRC de la trama recibida y decide si los datos han sido modificados por ruido en el cable y en ese caso, se descarta la trama.
  - Como en una Ethernet de cable los errores de transmisión son poco probables, no se solicita retransmisión de las tramas que se descartan. Estas tramas perdidas por errores de transmisión se recuperarán (junto con las que se pierden en el nivel de red por congestión) en el nivel de transporte.

# Fast Ethernet

- En 1995 se aprueba IEEE 802.3u
- 100 Mbps
- Esencialmente igual a Ethernet, mantiene la compatibilidad.  
Mismo formato de trama, aumenta la velocidad de transmisión reduciendo el tiempo de cada bit
- 100Base-TX: 2 pares UTP-5
- 100Base-T4: 4 pares UTP-3
- 100Base-FX: 2 fibras ópticas

# Gigabit Ethernet

- IEEE 802.3z
- Año 1998. 1Gbps (1000 Mbps). Para alcanzar esta velocidad fueron necesarios muchos cambios, pero mantiene compatibilidad hacia atrás
- Se empezó a usar en redes troncales, en la actualidad es normal encontrarlo en PCs

También: 10-Gigabit Ethernet

# Wi-Fi (I)

- **Wi-Fi** (Wireless Fidelity): Término registrado, promulgado por la Wi-Fi Alliance, para certificar productos IEEE 802.11[abgn] capaces de interoperar con los de otros fabricantes.
- Dos modos de operación:
  - **Modo ad-hoc**: Un nodo se comunica directamente con otro
  - **Modo infraestructura**: Los nodos móviles se comunican con un **punto de acceso** (access point, AP) .
    - la misión principal del punto de acceso suele ser dar acceso a la red fija
    - la comunicación entre nodos móviles se hace a través del punto de acceso
    - cada nodo móvil ha de asociarse a un punto de acceso antes de transmitir

## Wi-Fi (II)

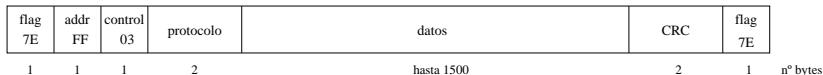
- El formato de trama es compatible con 802.3, aunque no idéntico.
- En el formato hay espacio para 4 direcciones Ethernet:
  - en modo ad-hoc sólo se usan 2.
  - en modo infraestructura. se usan 4:
    - Dirección del nodo origen
    - Dirección del AP asociado al nodo origen
    - Dirección del AP asociado al nodo destino
    - Dirección del nodo destino
- **IMPORTANTE:** Dado que el medio inalámbrico es mucho más propenso a errores de transmisión, en Wi-Fi cada trama que se transmite debe ser asentida, y si no, se retransmite. Esto es una diferencia muy importante con los protocolos Ethernet sobre cable.

# Contenidos

- 1 Introducción
- 2 Acceso a un medio compartido
- 3 Gestión de Errores de Transmisión
  - Detección de errores
  - Corrección de errores
  - Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas
- 4 Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace
  - Ethernet / Fast Ethernet / Gigabit Ethernet / WiFi
  - PPP
  - ADSL
- 5 Dispositivos de Interconexión de Redes
- 6 Referencias

# PPP: *Point to Point Protocol*

- Es un protocolo pensado para encapsular IP (nivel de red) sobre línea serie.
- Está diseñado de forma que no sólo puede encapsular IP, sino también otros protocolos.
- Se utiliza fundamentalmente para conectarse a Internet a través de la red telefónica básica mediante módem.
- Históricamente se usó primero SLIP (*Serial Line IP*), pero PPP es más completo. La principal diferencia de PPP con SLIP es que PPP incluye detección de errores de transmisión mediante CRC.





# Contenidos

- 1 Introducción
- 2 Acceso a un medio compartido
- 3 Gestión de Errores de Transmisión
  - Detección de errores
  - Corrección de errores
  - Retransmisión de tramas perdidas y/o descartadas
- 4 Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace
  - Ethernet / Fast Ethernet / Gigabit Ethernet / WiFi
  - PPP
  - ADSL
- 5 Dispositivos de Interconexión de Redes
- 6 Referencias

# ADSL: *Asymmetric Digital Subscriber Line*

- Telefonía normal:
  - Voz entre 0 y 4 kHz.
  - Centralitas agrupan varias conversaciones (desplazadas en frecuencia) en el mismo cable
- ADSL:
  - Siguen usándose 0-4 kHz para voz
  - En el resto de ancho de banda del cable van los datos
  - La centralita separa voz de datos y transmite cada cosa por separado
  - Ancho de banda separado para recibir y transmitir
  - Asimétrico: Mucho más ancho de banda para recibir
  - Velocidades: 128Kbps-2Mbps para transmitir, 1-20Mbps para recibir

ADSL es más bien un nivel físico: como nivel de enlace puede utilizarse cualquier de los usados en líneas punto a punto.

# Contenidos

- 1 Introducción
- 2 Acceso a un medio compartido
- 3 Gestión de Errores de Transmisión
- 4 Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace
- 5 Dispositivos de Interconexión de Redes**
- 6 Referencias

# Interconexión de niveles de enlace

Para interconectar dos o más niveles de enlace pueden colocarse dispositivos muy diferentes en propósito y funcionamiento. Entre ellos destacan los siguientes:

- **concentradores** (*hubs*)
- **conmutadores** (*switches*)

# Concentradores (hubs)

- Es un dispositivo que recibe una señal por un puerto y copia esa misma señal por el resto de puertos.
- Físicamente el hub configura una red con topología en estrella.
- Desde el punto de vista de funcionamiento el hub ofrece un servicio equivalente al bus, donde todas las estaciones conectadas a dicho bus reciben el mismo tráfico.

# Conmutadores (switches)

- Exteriormente muy parecidos a los concentradores, pero de comportamiento muy diferente
- Almacenan internamente las tramas entrantes en *buffers* (memoria), de los que en paralelo van sacando tramas y reenviándolas por las bocas adecuadas (trabajan en el nivel 2).
- Pueden dar todo el ancho de banda a cada una de varias transmisiones simultáneas entre bocas.

# Contenidos

- 1 Introducción
- 2 Acceso a un medio compartido
- 3 Gestión de Errores de Transmisión
- 4 Ejemplos de protocolos de Nivel de Enlace
- 5 Dispositivos de Interconexión de Redes
- 6 Referencias**

# Referencias

- A. Tanenbaum, **Redes de Computadores (4ª ed.)**: Cap. 3, Cap. 4 (4.1, 4.2, 4.3, 4.3, 4.7).
- J. F. Kurose, K. W. Ross, **Computer Networking: A Top-Down Approach (4th ed)**: Cap. 5 (5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.7), Cap. 6 (6.1, 6.2, 6.3.1, 6.3.2, 6.3.3).