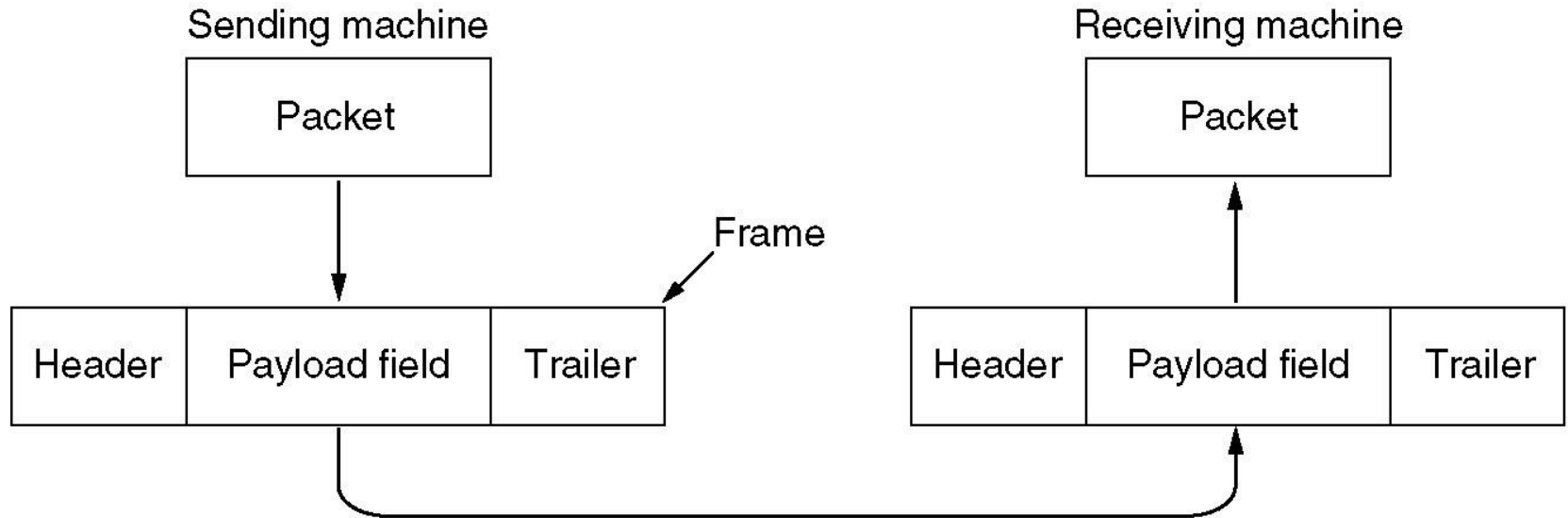


Capítulo 5

Capa de Enlace de datos:

Complementos sobre generalidades y
control de colisiones en redes cableadas

Capa de Enlace de Datos

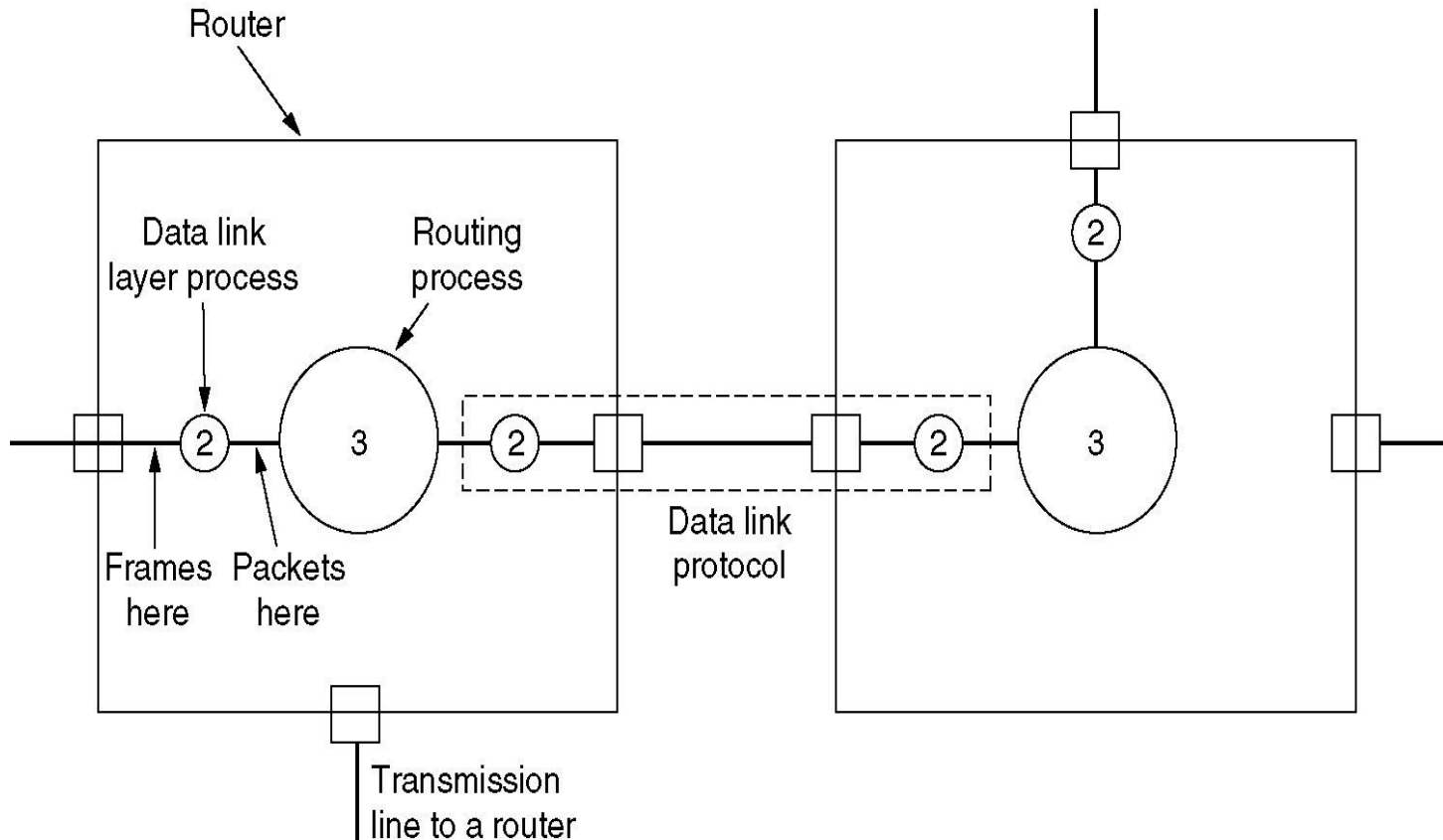


- La CED toma de la CR paquetes y los encapsula en **tramas**.
- Las tramas tienen una **longitud máxima** impuesta.
- Cada paquete de la CR **se divide** en tramas.
- En la CR de la máquina de origen hay un proceso que entrega bits a la CED para transmitirlos a la máquina de destino.
- El trabajo de la CED es transmitir los bits a la máquina de destino para que puedan ser entregados a su CR.

Capa de Enlace de Datos

- Flujo entre enrutadores

1. Al llegar trama a enrutador: el hardware verifica si está **libre de errores**.
2. La CED comprueba si esta es la trama esperada y de ser así, entrega el paquete dentro de la trama al **software de enrutamiento**.
3. El software de enrutamiento **elige la línea de salida** adecuada y entrega el paquete a la CED para enviarlo.



Problemas al diseñar protocolo de CED

- **Problema:** ¿Cómo asegurar que una trama se entregue?
- **Solución:** Si una trama no se entregó, entonces el emisor la reenvía.
- ¿Cómo se puede implementar esta idea?

Problemas al diseñar protocolo de CED

- Regresar **tramas de control** con confirmaciones de recepción positivas o negativas de las tramas que llegan.
- Método que usa **temporizador de retransmisiones** en la CED.
 - ☐ Al enviarse una trama, se inicia un **temporizador**.
 - ☐ Si la trama o la confirmación de recepción se pierden el temporizador expirará. Luego, se puede enviar la trama de nuevo.
 - ☐ Si la confirmación de recepción llega antes que el temporizador expira, entonces el temporizador se cancela.

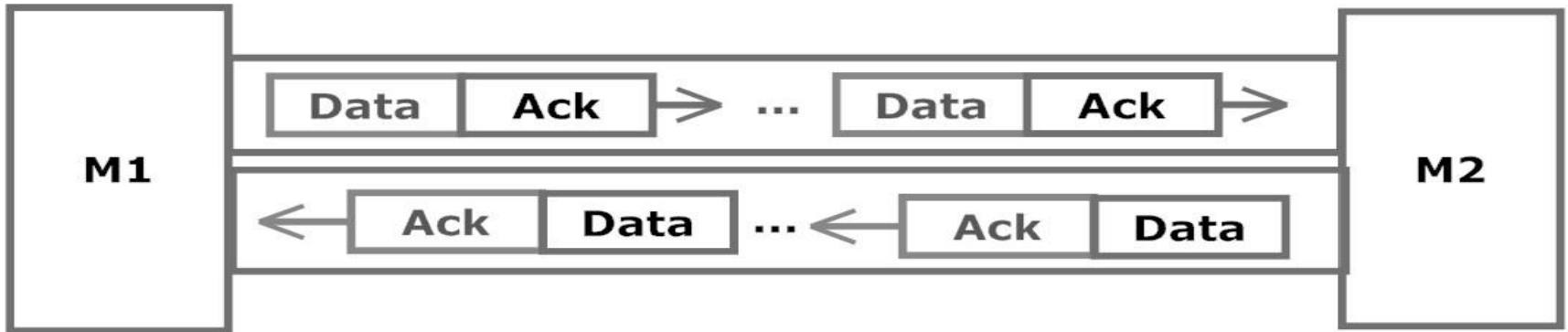
Problemas al diseñar protocolo de CED

- **Situación:** Se perdió una confirmación de recepción y se envió la trama de nuevo.
- **Problema:** la misma trama llega dos o más veces al receptor y la CED la pasa a la CR más de una vez.
 - ❑ ¿Cómo hacer para evitar entregar a la CR tramas repetidas?
- **Solución:** método que asigna **números de secuencia** a las tramas que salen.
 - ❑ El receptor tiene una función que dado un número de secuencia de la trama que llega decide si ella es duplicada.

Problemas al diseñar protocolo de CED

- **Problema:** ¿Qué hacer con un emisor que quiere transmitir tramas a mayor velocidad que aquellas con que puede aceptarlos el receptor?
- **Solución: Basado en retroalimentación:**
 - el receptor autoriza al emisor a enviar más datos.
 - A esto se le llama **control de flujo**

Problemas al diseñar protocolo de CED



- **Problema:** ¿Cómo transmitir datos entre dos máquinas y en ambas direcciones eficientemente? (recordar lo que hace TCP)
- **Solución:** **llevar a caballo (piggybacking).**
 - cuando llega una trama de datos, el receptor se aguanta y espera hasta que la CR le pasa el siguiente paquete *P*.
 - La confirmación de recepción se anexa a la trama de datos de salida – con *P* - (usando el **campo ack** en el encabezado de la trama).

Problemas al diseñar protocolo de CED

- ¿Qué pasa Si la CED espera demasiado por una trama a la cual superponer el ack?
 - Si se espera demasiado el temporizador del emisor expirará y la trama será retransmitida.
- **Problema:** ¿Cómo hacer para evitar que pase eso?
- **Solución:** Si llega en menos de x msecs un paquete, el ack se superpone a él; sino, la CED manda **trama de ack independiente**.

PAM: ALOHA puro

- En **ALOHA puro**
- **El emisor:**
 - ☐ Transmite cuando tiene datos para enviar.
 - ☐ Escucha el canal por un tiempo igual a la demora de propagación de ida y vuelta máxima en la red + un incremento fijo de tiempo.
 - ☐ Si se escucha un ack en ese tiempo, todo anduvo bien.
 - ☐ Sino se espera un tiempo aleatorio y la trama se manda de nuevo
 - ☐ Si se falla en recibir un ack luego de varias retransmisiones se tira la toalla.

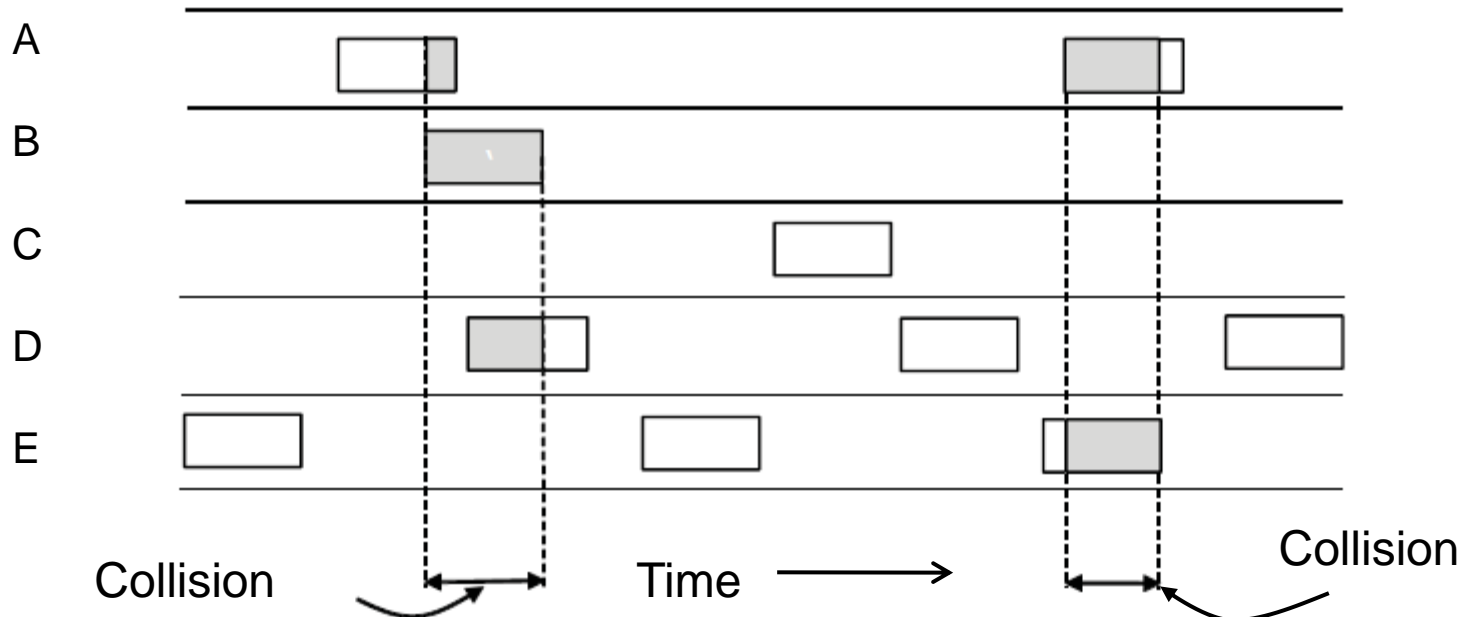
PAM: ALOHA puro

- **El receptor**
 - ❑ Al recibir una trama chequea su validez y si lo es, inmediatamente manda un ack.
 - ❑ Si la trama es inválida el receptor la ignora.
 - La trama puede ser inválida por ruido o por colisión.

PAM: ALOHA puro

- In pure ALOHA, users transmit frames whenever they have data; users retry after a random time for collisions

User



PAM: ALOHA puro

- Evaluación de ALOHA puro:

- ☐ El método ALOHA puro bajo carga baja es eficiente y tiene una demora baja.
- ☐ En ALOHA puro *una estación no escucha el canal antes de transmitir*; esto generará probablemente muchas colisiones.
- ☐ Como el número de colisiones crece rápidamente a medida que aumenta la carga, la máxima utilización del canal alrededor del 18%.

PAMs con detección de portadora

- En las LAN actuales *cada estación puede detectar si el canal está en uso.*
 - ❑ Los protocolos que pueden hacer esto se llaman **Protocolos de detección de portadora (CSMA)**.

CSMA persistente 1

- **Protocolo CSMA persistente-1 para el emisor**

- ☐ Si una estación tiene datos por enviar, primero escucha el canal para saber si otra está transmitiendo en ese momento.
- ☐ Si el canal está ocupado, entonces la estación espera hasta que se desocupe.
- ☐ Cuando la estación detecta un canal inactivo, transmite una trama.
- ☐ Si ocurre una colisión, la estación espera una cantidad aleatoria de tiempo y comienza de nuevo.

CSMA persistente 1

- **Protocolo CSMA persistente-1 para el emisor (cont):**

Comportamiento luego que emisor envió una trama:

- ☐ La estación espera un tiempo razonable por un ack
 - Teniendo en cuenta el tiempo de propagación de ida y vuelta máximo en la red y el hecho que la estación receptora también debe competir por el canal para responder.
- ☐ Si no recibe ack en ese tiempo, la estación espera una cantidad aleatoria de tiempo y comienza de nuevo.

CSMA persistente 1

- **Protocolo CSMA persistente-1 para el receptor**
 - ❑ Al recibir una trama chequea su validez y si lo es, inmediatamente manda un **ack**.
 - ❑ Si la trama es inválida el receptor la ignora.
 - La trama puede ser inválida por ruido o por colisión.

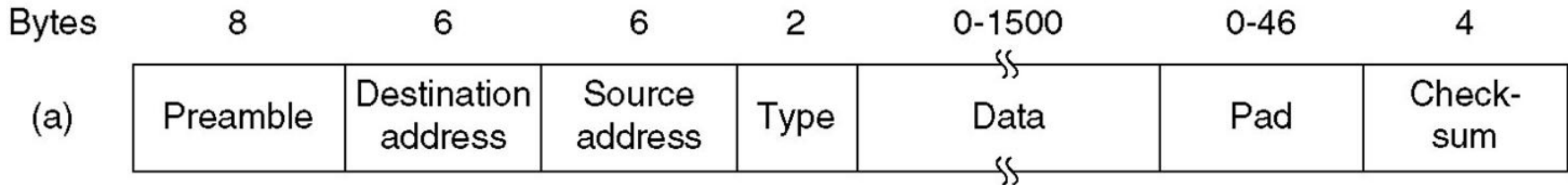
CSMA persistente 1

- El **retardo de propagación** tiene un efecto importante en el desempeño de CSMA persistente 1.
 - Caso de que justo después de que una estación comienza a transmitir, otra estación está lista para enviar;
 - si la señal de la primera estación no ha llegado aun a la segunda, esta última detectará un canal inactivo y comenzará a enviar también,
 - eso producirá una colisión.
 - *Cuanto mayor sea el tiempo de propagación, más importante será este efecto.*

CSMA persistente 1

- Aun si el retardo de propagación es cero, habrá colisiones.
 - **Situación:** dos estaciones quieren enviar y detectan que una tercera está transmitiendo.
 - Luego que la tercera termine de transmitir las dos estaciones que quieren enviar detectarán un canal inactivo,
 - por lo tanto enviarán y se producirá una colisión.

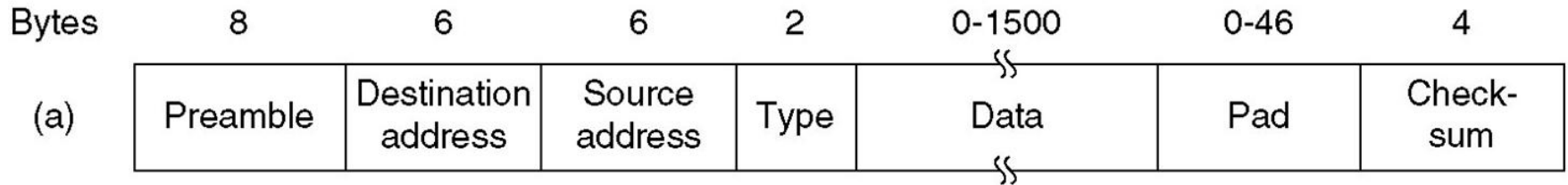
Ethernet



Trama DIX Ethernet (Dec, Intel, Xerox)

- Preámbulo de 8 bytes, cada uno es 10101010.
- **Direcciones:**
 - ☐ Se usan direcciones de 6 bytes.
 - ☐ Se escriben como 6 pares de dígitos hexadecimales separados por '-'.
P. ej: [1A-23-F9-CD-06-9B](#).
 - ☐ El bit de orden mayor de la dirección de destino es 0 para las direcciones ordinarias y de 1 para las direcciones de grupo.
 - ☐ Una trama que consiste únicamente de bits 1 en el campo de destino se acepta en todas las estaciones de la red (broadcasting).

Ethernet

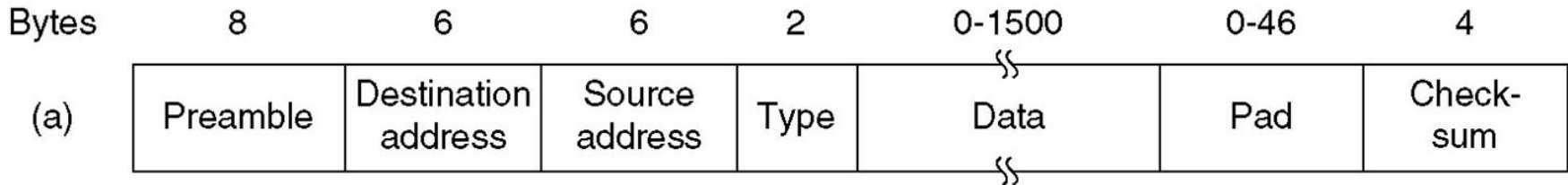


Trama DIX Ethernet (Dec, Intel, Xerox)

- **Campo Tipo:**

- ☐ Uso de múltiples protocolos de CR a la vez en la misma máquina.
- ☐ El kernel debe saber a cual entregarle la info de la trama que llegó.
- ☐ El campo de tipo indica al receptor a qué proceso entregarle la trama.

Ethernet



Trama DIX Ethernet (Dec, Intel, Xerox)

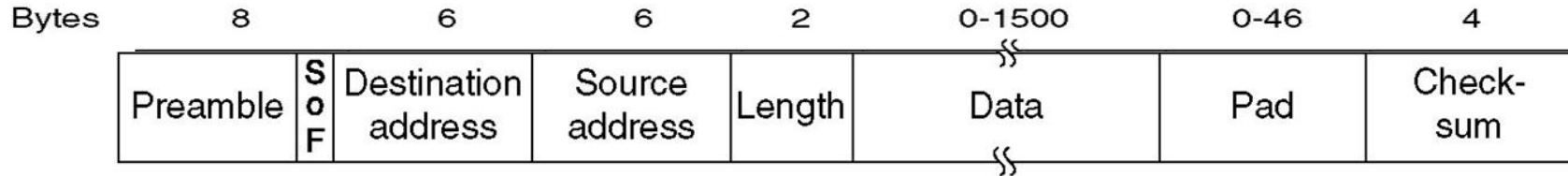
- **Longitud de trama mínima.**

- ☐ Las tramas deben tener al menos 64 bytes de largo, de la dirección de destino a la suma de verificación.
- ☐ **Cuando los datos más el encabezado ocupan menos de 64 bytes:**
- ☐ Cuando la porción de datos de una trama es menor a 46 bytes: Uso del **campo de relleno** (para alcanzar los 64B).

- **Suma de verificación:**

- ☐ Tiene 32 bits de largo.
- ☐ Se usa método de **detección de errores** llamado **código polinomial**.

Ethernet



Formato IEEE 802.3

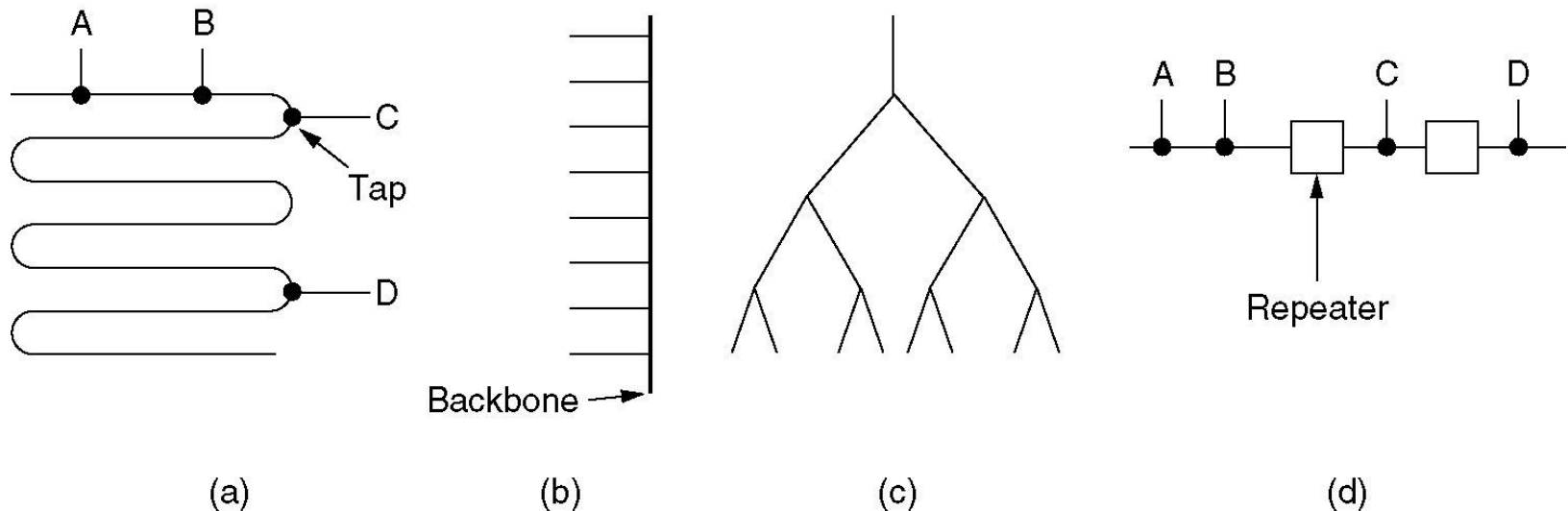
- Cuando IEEE estandarizó la Ethernet hizo los siguientes cambios al formato DIX:
 - ☐ Reducir el preámbulo a 7 bytes y usar el último byte para un **delimitador de inicio de trama**.
 - ☐ Cambiar el campo de Tipo por un **campo de Longitud**.
 - ☐ Poner un pequeño encabezado a los datos para dar información de tipo.

Diferentes modos de cablear un edificio

- **Diferentes maneras de cablear un edificio:**

1. Un cable pasa entre cuarto y cuarto y cada estación se conecta a él en el punto más cercano.
2. Una **columna vertical** corre del sótano a la azotea y en cada piso se conectan cables horizontales a dicha columna.
 - ¿hacen falta repetidores?
 - En cada piso conectar cable a columna con un repetidor entre ambos.
3. Topología de **árbol**:
 - El medio de transmisión es un cable que **se divide en ramas**.
 - El árbol tiene puntos conocidos como **headends**, donde uno o más cables comienzan (a su vez cada uno de estos podrá tener ramas).
 - La transmisión desde una estación se propaga por el medio y puede ser recibida por todas las otras estaciones.

Diferentes modos de cablear un edificio



Cable topologies. (a) Linear, (b) Spine, (c) Tree, (d) Segmented.

Algoritmo de retroceso exponencial binario

- **Objetivo:** Comprender el **algoritmo** que determina en Ethernet el tiempo de espera del emisor cuando ocurre una colisión.
- **Suposición:** Tras una colisión el tiempo se divide en **ranuras** cuya longitud es igual al tiempo de propagación de ida y vuelta en el peor caso en el cable (2τ).
 - El tiempo de ranura es 512 tiempos de bit o 5,12 μ seg.
- **Idea:** cuando ocurre una colisión las estaciones afectadas por la colisión eligen cada una aleatoriamente una cierta cantidad de ranuras a esperar.
 - Recordar que se usa CSMA/CD

Algoritmo de retroceso exponencial binario

- **Supongamos:** S es un conjunto formado por estaciones que colisionaron entre sí
 - **Observación:** Puede suceder que ocurran **múltiples colisiones consecutivas** de estaciones de S .
- Para manejo de *colisiones consecutivas* de estaciones de S , hay dos opciones:
 1. que el intervalo donde se elije aleatoriamente (una cantidad de ranuras a esperar) sea fijo ó
 2. que el intervalo donde se elije aleatoriamente sea de **tamaño variable** (es decir, que el tamaño cambie con cada **nueva colisión** de estaciones de S).

Algoritmo de retroceso exponencial binario

- **Ventaja tiene de permitir que el intervalo sea de tamaño variable:**
 - Se puede acelerar la resolución de la colisión inicial de las estaciones de S .
- **Para acelerar la resolución de la colisión de las estaciones de S :**
 - Con cada nueva colisión de estaciones de S se puede agrandar el intervalo donde se elije aleatoriamente.
 - Esta es la idea del algoritmo de retroceso exponencial binario.

Algoritmo de retroceso exponencial binario

- **Algoritmo de retroceso exponencial binario:**

- Tras la primera colisión cada estación espera de 0 a 1 tiempos de ranura antes de intentarlo de nuevo.
 - Si dos estaciones entran en colisión, y ambas escogen el mismo número aleatorio, habrá una nueva colisión.

Algoritmo de retroceso exponencial binario

- ❑ Después de la segunda colisión cada una escoge 0,1,2 o 3 al azar y espera ese número de tiempos de ranura.
- ❑ Si ocurre una tercera colisión, entonces para la siguiente vez el número de ranuras a esperar se escogerá al azar en el intervalo 0 a 7.
- ❑ Tras i colisiones se escoge un número aleatorio entre 0 y $\exp(2,i)-1$ y se salta ese número de ranuras.

Algoritmo de retroceso exponencial binario

- ❑ Tras haberse alcanzado 10 colisiones el intervalo de aleatorización se congela en un máximo de 1023 ranuras.
- ❑ Tras 16 colisiones el controlador tira la toalla y avisa de un fracaso a la computadora. La recuperación posterior es responsabilidad de las capas superiores.

- **Evaluación:**

- ❑ El algoritmo asegura un retardo pequeño cuando unas cuantas estaciones entran en colisión.
- ❑ El algoritmo asegura que la colisión se resuelva en un intervalo razonable cuando hay colisiones entre muchas estaciones.

Ethernet Rápida

- **Situación:** Debido al incremento de la capacidad de almacenamiento y en el poder de procesamiento, los PC actuales pueden manejar gráficos de gran calidad y aplicaciones multimedia complejas.
 - Aplicaciones red que envían ficheros con medias.
- **Consecuencias:**
 - Cuando estos ficheros son compartidos en una red, las transferencias de un cliente a otro producen un gran uso de los recursos de la red.
 - A 10 Mbps, pueden ocurrir grandes demoras cuando se envían ficheros grandes a través de la red.
- **Para evitar esas demoras:**
 - Tener mayor velocidad en las redes.

Ethernet Rápida

- **Propósito:** Comprender cómo ha ido evolucionando la Ethernet.
- **Fast Ethernet (o 803.2u)** es el nombre de una serie de estándares de IEEE de redes Ethernet de 100 Mbps.

Cableado de Ethernet Rápida

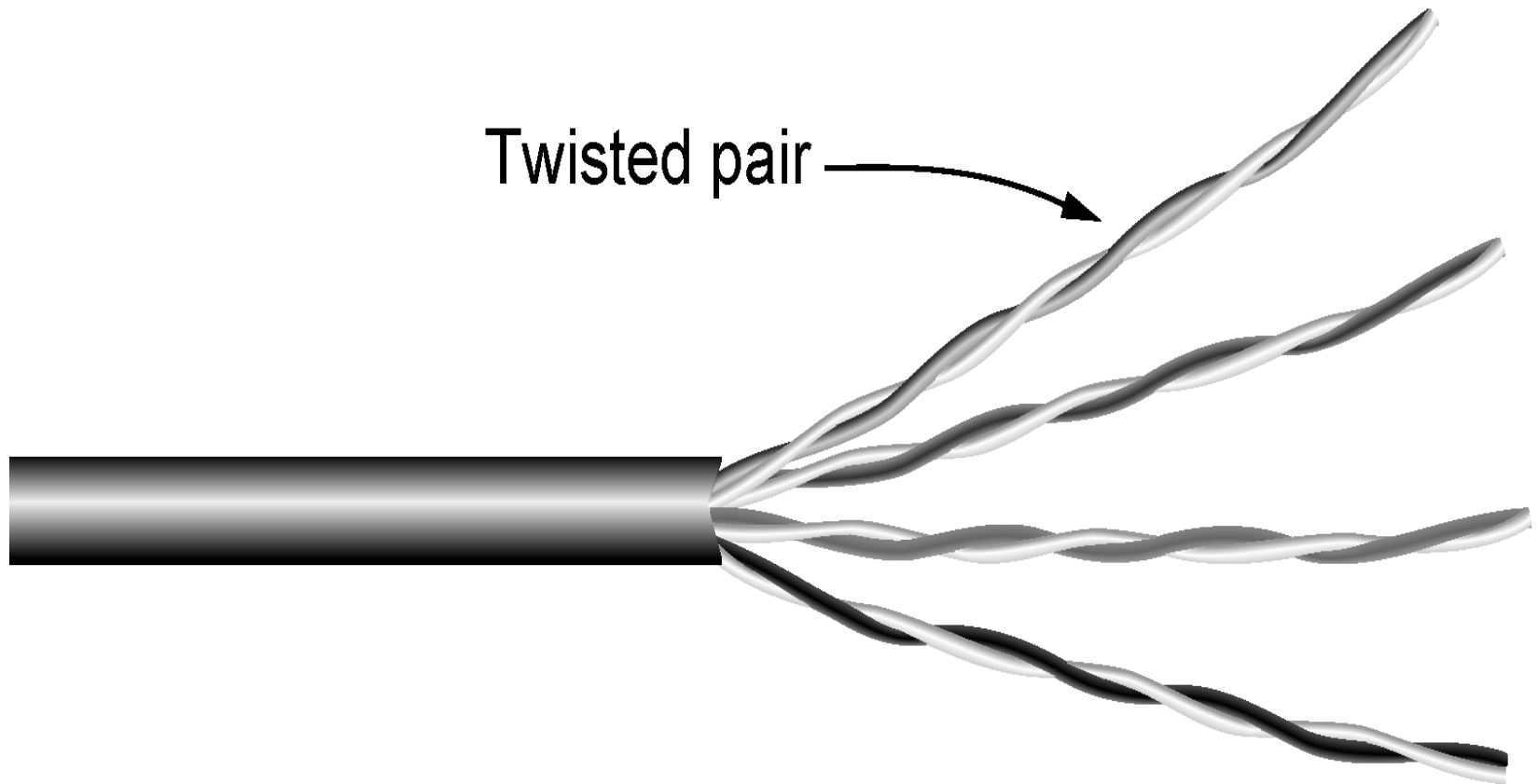
Name	Cable	Max. segment	Advantages
100Base-T4	Twisted pair	100 m	Uses category 3 UTP
100Base-TX	Twisted pair	100 m	Full duplex at 100 Mbps (Cat 5 UTP)
100Base-FX	Fiber optics	2000 m	Full duplex at 100 Mbps; long runs

- Cable par trenzado de cobre con Cat 5 UTP domina el mercado.

Cableado de Ethernet Rápida

- **100BASE-T** (100BASE-TX y 100BASE-T4)
 - ☐ Se usan pares de cobre trenzado.
 - ☐ 2 tipos de dispositivos de interconexión: concentradores y conmutadores.
 - ☐ Se usan las reglas estándar: el formato de las tramas, CSMA/CD y el algoritmo de retroceso exponencial binario.
 - ☐ En 100BASE-TX Se usan dos pares de cable trenzado de categoría 5 por estación, uno para enviar y otro para recibir.

Category 5 UTP cable with four twisted pairs.



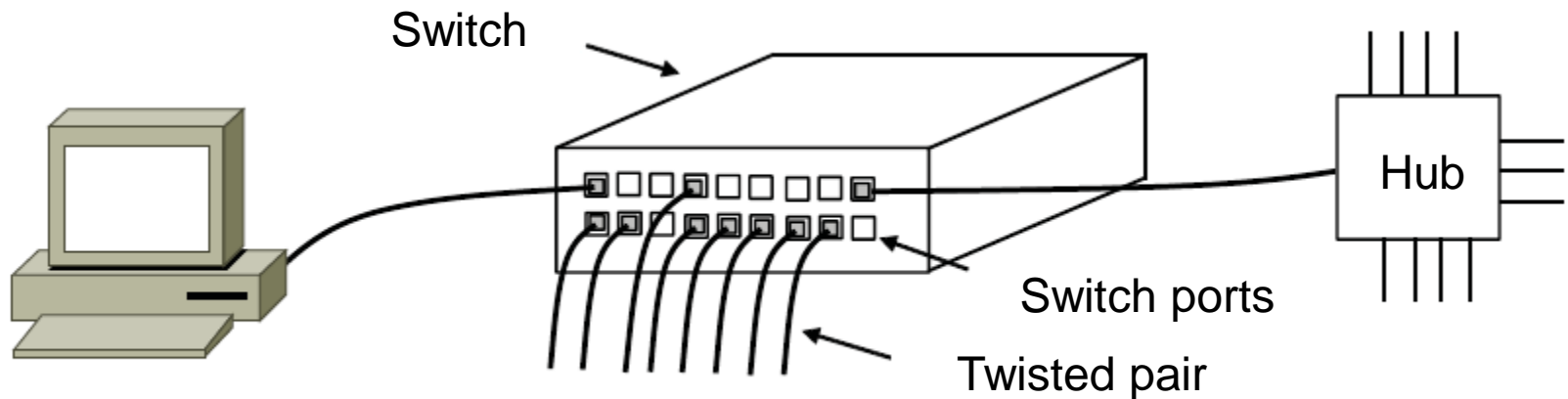
- **100BASE-TX:** Es uno de los más usados.
 - ☐ Se usan dos pares de cable trenzado de categoría 5 por estación, uno para enviar y otro para recibir.
 - ☐ Los cables pueden manejar velocidades de reloj de 125 MHz.

Cableado de Ethernet Rápida

- **100BASE-FX**

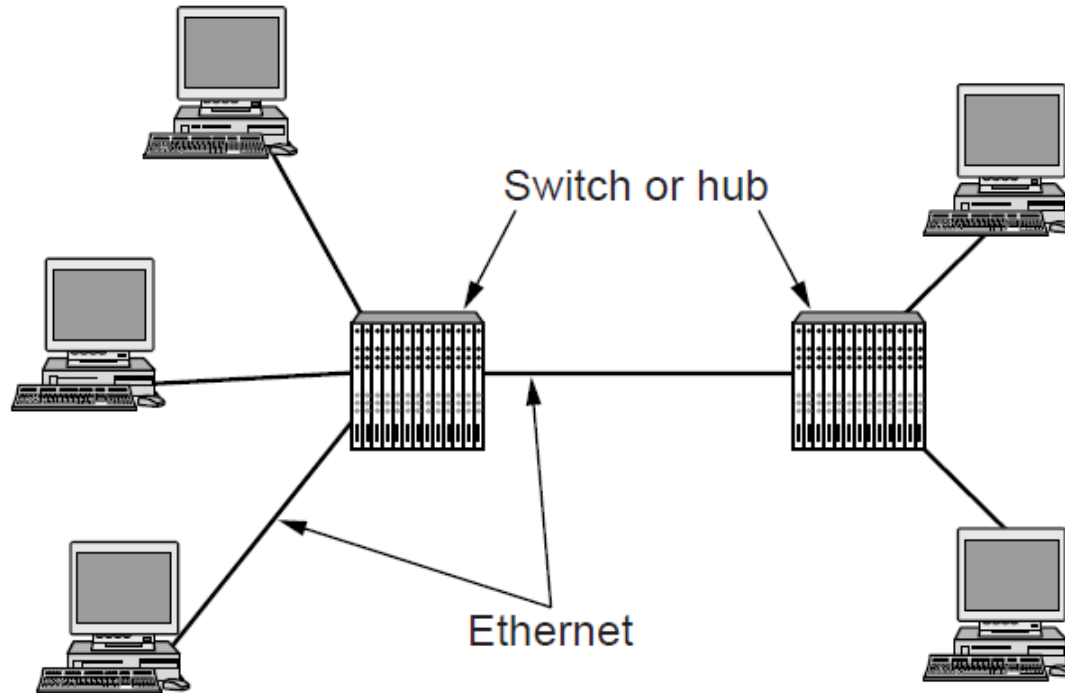
- ☐ 2 líneas de fibra óptica : una para recepción (RX) y la otra para transmitir (TX).
- ☐ La distancia entre una estación y el conmutador es de hasta 2 km.
- ☐ Los cables 100BaseFX deben conectarse a conmutadores.
 - Los concentradores no están permitidos con 100Base-FX

Ethernet Rápida Conmutada



Los conmutadores pueden estar conectados a computadoras, concentradores y conmutadores.

Gigabit / 10 Gigabit Ethernet



Switched Gigabit Ethernet is now the garden variety

- With full-duplex lines between computers/switches

Gigabit / 10 Gigabit Ethernet

— Gigabit Ethernet

Name	Cable	Max. segment	Advantages
1000Base-SX	Fiber optics	550 m	Multimode fiber (50, 62.5 microns)
1000Base-LX	Fiber optics	5000 m	Single (10 μ) or multimode (50, 62.5 μ)
1000Base-CX	2 Pairs of STP	25 m	Shielded twisted pair
1000Base-T	4 Pairs of UTP	100 m	Standard category 5 UTP

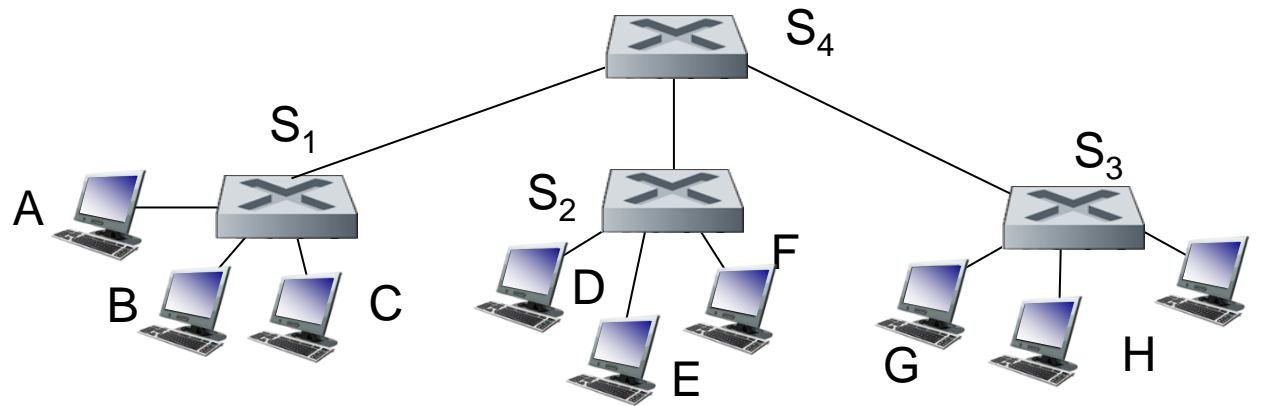
— 10 Gigabit Ethernet

Name	Cable	Max. segment	Advantages
10GBase-SR	Fiber optics	Up to 300 m	Multimode fiber (0.85 μ)
10GBase-LR	Fiber optics	10 km	Single-mode fiber (1.3 μ)
10GBase-ER	Fiber optics	40 km	Single-mode fiber (1.5 μ)
10GBase-CX4	4 Pairs of twinax	15 m	Twinaxial copper
10GBase-T	4 Pairs of UTP	100 m	Category 6a UTP

— 40/100 Gigabit Ethernet

Interconectando conmutadores

❖ Conmutadores pueden conectarse entre sí.



Q: Enviando de A a G - ¿Cómo hace S₁ para saber cómo enviar una trama destinada a F vía S₄ y S₃?

❖ A: ¡Auto aprendizaje! (se trabaja exactamente de la misma manera que en el caso de un único conmutador).

Red cableada institucional

