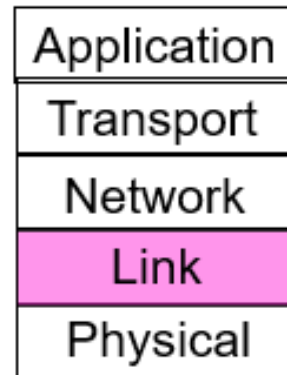


Capítulo 5

Capa de Enlace de Datos



Capa de Enlace de Datos

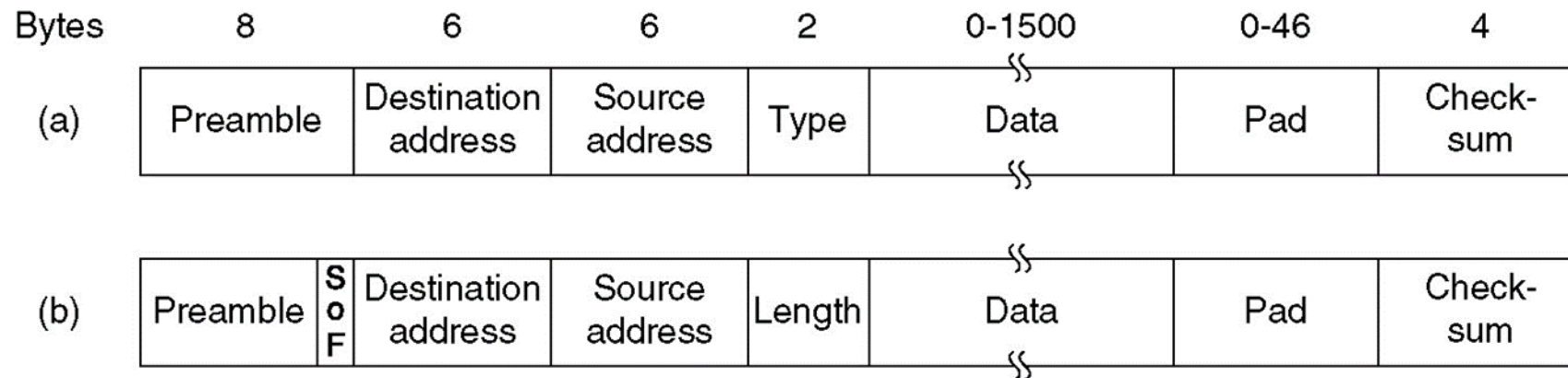
- **Repaso:**
 - ¿Cuál es la meta de la capa de enlace de datos? (CED)
 - ¿Cuáles son las funciones de la capa de enlace de datos?

Capa de Enlace de Datos

- ¿Si tuviera que diseñar una trama de capa de enlace de datos, qué informaciones colocaría en ella?

Capa de Enlace de Datos

- ¿Si tuviera que diseñar una trama de capa de enlace de datos, qué informaciones colocaría en ella?



Formato de trama Ethernet

Capa de Enlace de Datos

- ¿Qué facilidades que ya vimos en capa de transporte se usan para comunicación confiable en CED?

Comunicación confiable

- ¿Qué facilidades que ya vimos en capa de transporte se usan para comunicación confiable en CED?
- **Ayuda:** Recordar que queremos garantizar que las tramas lleguen a destino. Ignorar por ahora el asunto de las colisiones – pueden asumir dos máquinas conectadas directamente por un cable.

Comunicación confiable

- **Se trabaja con:**
 - Confirmaciones de recepción de tramas
 - Temporización de reenvío
 - Retransmisiones de tramas (perdidas o dañadas)
 - Uso de números de secuencia en las tramas (para identificar tramas duplicadas).
 - Llevar a caballito (piggybacking) – para aprovechar mejor el canal de comunicaciones.
 - Uso de protocolos de comunicación confiable como parada y espera o de tubería (retroceso N, repetición selectiva).

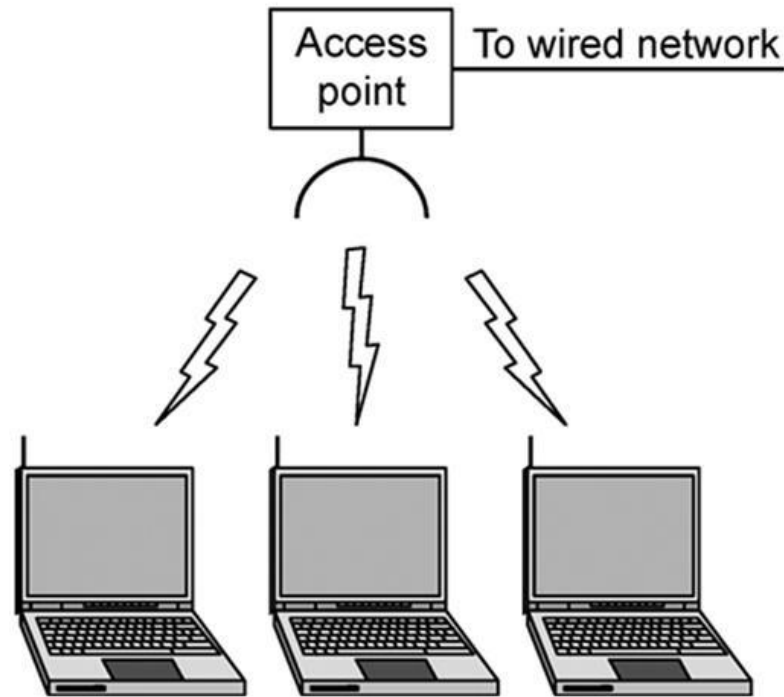
Capa de enlace de datos

- **Repaso:**
 - ¿Qué son canales de difusión?
 - Dar ejemplos de canales de difusión.
 - ¿Qué tipos de canales de difusión hay?
 - ¿Qué son colisiones?

Capa de enlace de datos

- Para evitar colisiones se usan **protocolos de control de colisiones**.

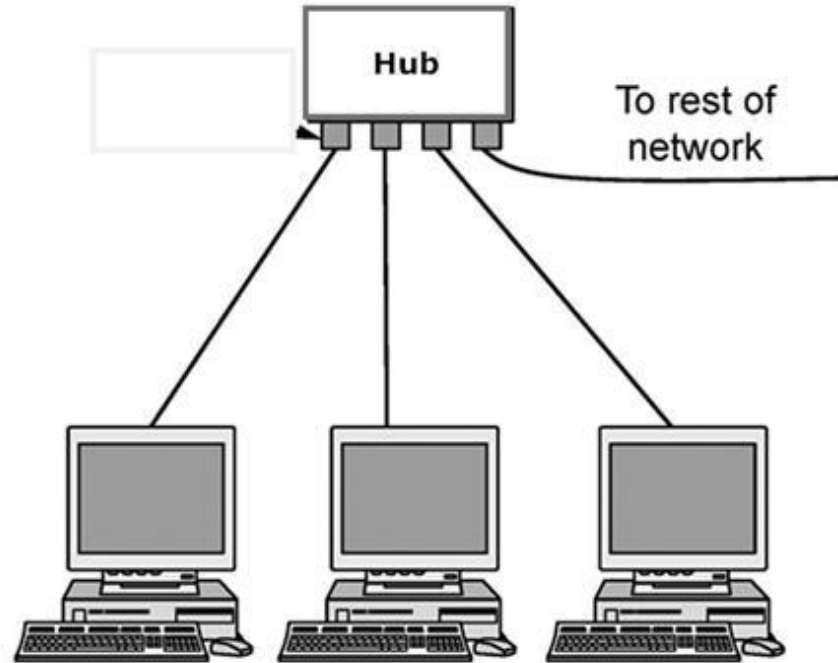
control de colisiones



Soluciones Inalámbricas

- P.ej: **estación base** (access point) que coordina la comunicación entre hosts.
 - ❖ Se usa protocolo 802.11 (WIFI)

control de colisiones



Soluciones Cableadas

- P.ej: **Ethernet** cuando varias máquinas se enchufan a un concentrador (Hub) o a un mismo cable (cable coaxial).
 - ❖ Ethernet usa protocolo CSMA/CD para control de colisiones.

Control de colisiones

- Nos basamos en ***supuestos***:
 1. **Modelo de Estaciones.**
 - ☐ Hay N estaciones independientes que genera tramas para transmisión.
 - ☐ Una vez generada una trama, la estación se bloquea hasta que la trama se ha transmitido con éxito.
 2. **Suposición de canal único.** Hay un solo canal disponible donde todas las estaciones pueden transmitir y recibir.

Control de colisiones

- ¿Qué fenómenos sucediendo en un canal una estación podría detectar?

Control de colisiones

- 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)**.
 - ❑ ¿Qué ventaja tiene poder detectar si el canal está en uso (con respecto al control de colisiones)?

Control de colisiones

- En las LAN actuales cada estación puede ***detectar si está ocurriendo una colisión*** cuando está transmitiendo una trama.
 - ❑ **Para detectar colisiones:**
 - El hardware de una estación escucha el cable mientras transmite.
 - Si lo que lee es distinto de lo que puso en él, sabe que está ocurriendo una colisión.
- **¿Si una estación que está transmitiendo una trama detecta que está ocurriendo una colisión, qué conviene hacer con la trama que está transmitiendo?**
- **¿Qué ventajas tiene el poder detectar colisiones?**
- **Ayuda:**
 - ¿Qué habría que hacer si no hubiera detección de colisiones?
 - ¿Cuándo se enteraría la estación que probablemente colisionó la trama que envió?

Protocolo ALOHA puro

- En **ALOHA puro** no hay detección de portadora ni detección de colisiones.
- **Delinear el protocolo contestando las siguientes preguntas:**
 - ¿Cómo puede responder el receptor cuando llega una trama?
 - ¿por qué una trama recibida puede ser inválida?
 - ¿Qué puede hacer el emisor cuando tiene datos para enviar?
 - ¿Qué puede hacer el emisor una vez que envió una trama que puede haber colisionado o no?
 - ¿Cómo sabe el emisor que pudo haber habido colisión? ¿Cómo conviene responder en este caso?
- **¿Cómo se comporta ALOHA puro bajo diferentes condiciones de carga?**

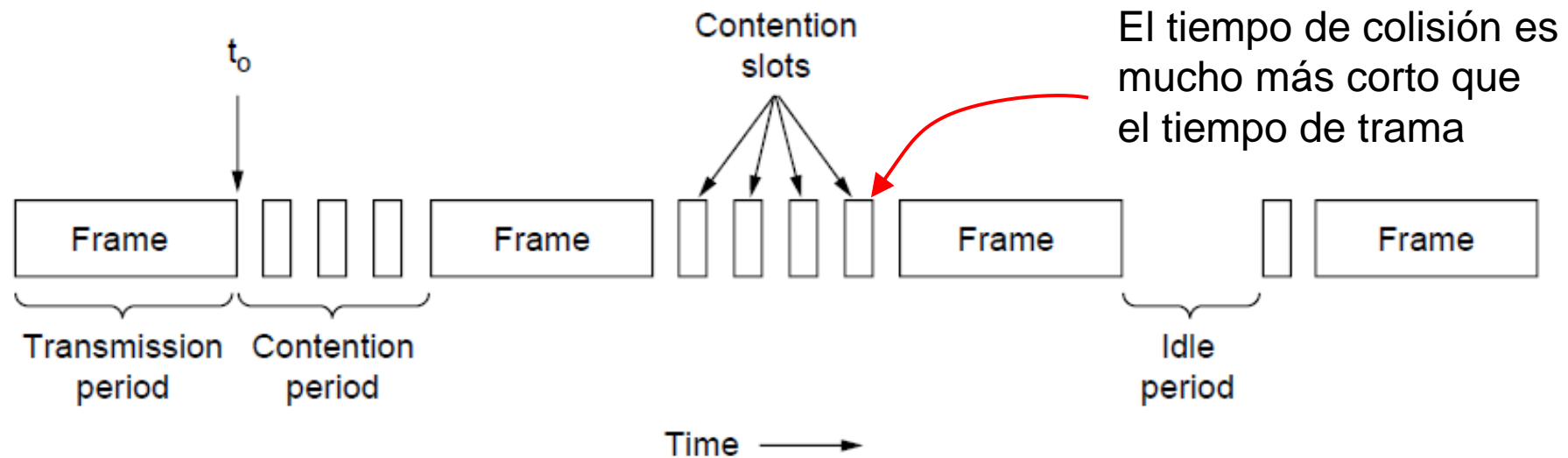
Protocolo CSMA persistente 1

- **CSMA persistente 1** tiene detección de portadora, pero no tiene detección de colisiones.
- Delinear el comportamiento del protocolo:
 - ¿Cuáles son los pasos del emisor para enviar una trama?
 - ¿Una vez enviada una trama el emisor se comporta igual que ALOHA puro?
 - ¿El receptor se comporta igual que en ALOHA puro?
- **Evaluación del protocolo:**
 - ¿Qué efecto puede tener el retardo de propagación en la generación de colisiones? **Ayuda:** crear un escenario indeseable.
 - ¿qué pasa si dos estaciones quieren transmitir y detectan un canal ocupado?

Protocolo CSMA con detección de colisiones

- **CSMA/CD** permite detección de portadora y detección de colisiones.
 - CSMA/CD es la base de la LAN Ethernet.
- **Delinear el comportamiento del protocolo:**
 - ¿El emisor para comenzar a enviar una trama se comporta igual que CSMA persistente 1?
 - ¿Qué puede hacer el emisor cuando detecta una colisión?
 - ¿Qué hace el receptor cuando recibe una trama dañada?
 - ¿Qué hace el receptor cuando recibe una trama buena?

Protocolo CSMA con detección de colisiones



Evaluación: El uso del canal con CSMA/CD tiene

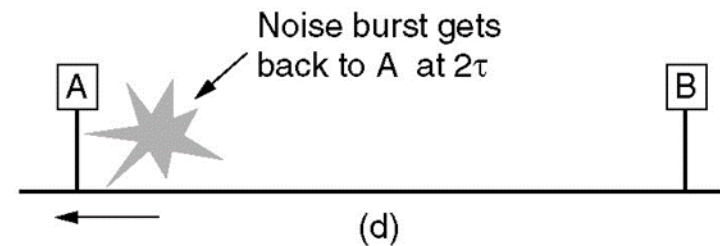
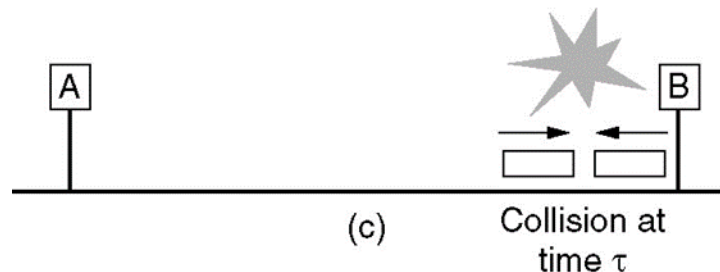
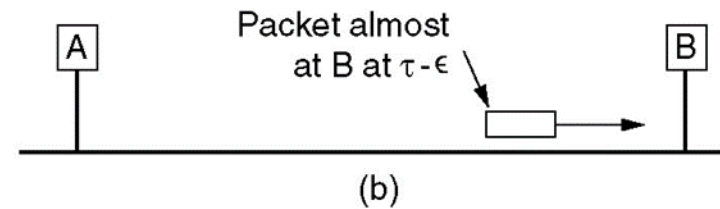
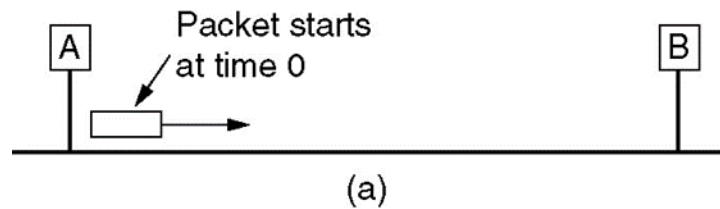
- ❑ Períodos alternantes de contención y transmisión,
 - ocurriendo períodos de inactividad cuando todas las estaciones no necesitan enviar tramas.

Protocolo CSMA con detección de colisiones

- Se dice que una estación ha **tomado el canal** cuando todas las demás estaciones sabían que estaba transmitiendo y no interfirieron.
- **Ahora responderemos a la pregunta: ¿Cómo sabe una estación que ha tomado el canal?**

Protocolo CSMA con detección de colisiones

- ¿Si dos estaciones comienzan a transmitir en momento $t = 0$, en cuánto tiempo se darán cuenta de que ha habido una colisión?
- ¿Cuál es el peor caso de demora de una estación en enterarse que ha habido una colisión?



Protocolo CSMA con detección de colisiones

- **Conclusión:** En el peor caso una estación no puede estar segura de que ha tomado el canal hasta que ha transmitido durante 2τ sin detectar una colisión.

Protocolo CSMA con detección de colisiones

- ¿Las tramas pueden ser tan chicas como uno quiera?
- **Ayuda:** ¿qué puede pasar si una estación E intenta transmitir una trama demasiado corta y ocurre una colisión?

Protocolo CSMA con detección de colisiones

- ¿Cómo evitar que la situación anterior ocurra?

Protocolo CSMA con detección de colisiones

- Las tramas deberán tardar más que 2τ para enviarse, de manera que la transmisión aun esté llevándose a cabo cuando la ráfaga de ruido regrese al emisor.
- **Por lo tanto las tramas tienen un requisito de tamaño mínimo.**

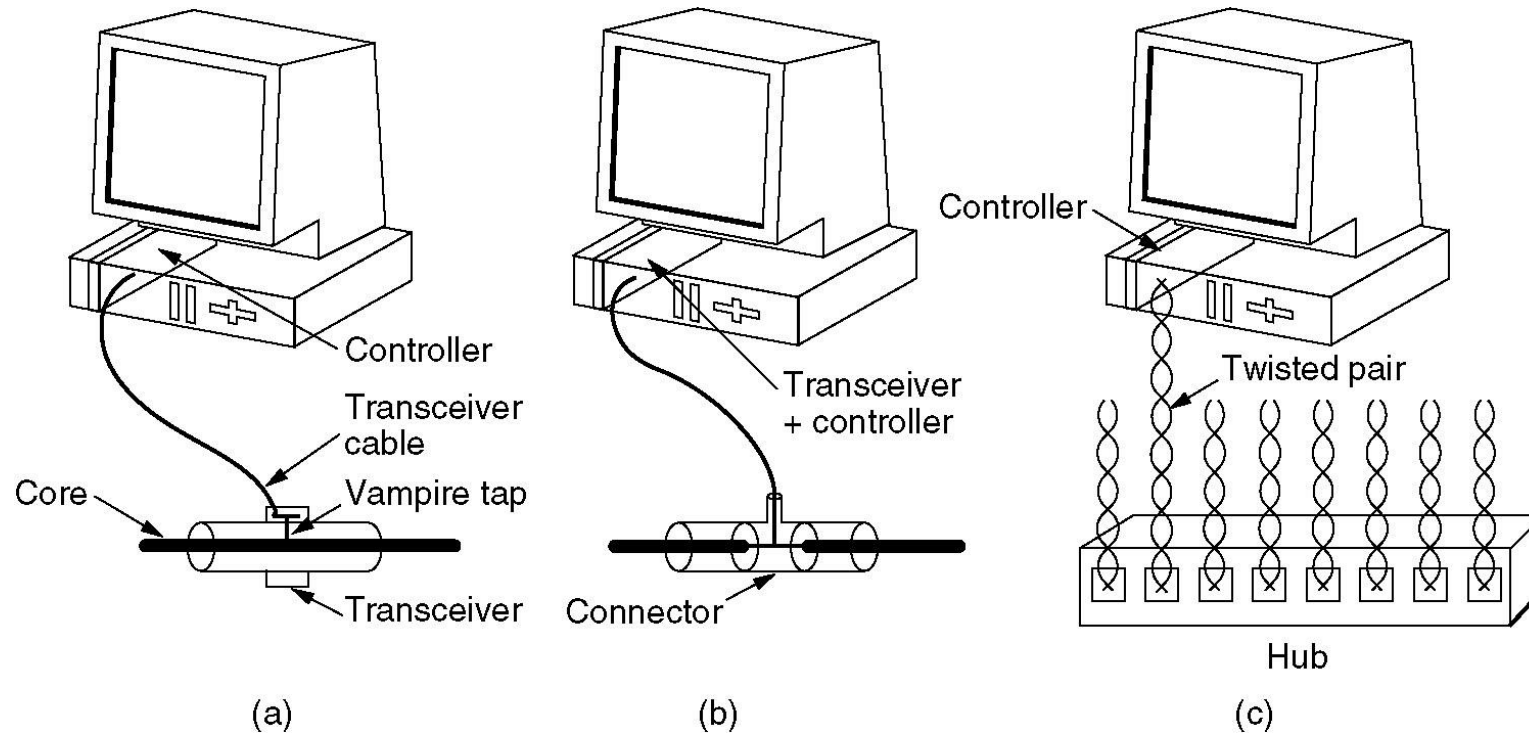
Ethernet

- Ethernet e IEEE 802.3 son casi idénticos; usaremos esos dos términos indistintamente.
- **Asuntos de la CED se pueden hacer por hardware:**
 - Entramado, control de errores, detección de portadora, detección de colisiones.
- **¿Qué componentes de hardware especializadas conviene tener para esos asuntos?**

Ethernet

- ❑ **Transceptor:** maneja detección de portadora y detección de colisiones.
- ❑ **Tarjeta controladora** se encarga de:
 - ensamblar los datos en el formato de trama adecuado,
 - calcular terminador de las tramas de salida,
 - comprobar las tramas de entrada (p.ej. detección de errores)

Ethernet



(a) ->
(b) ->
(c) ->

Name	Cable	Max. seg.	Nodes/seg.	Advantages
10Base5	Thick coax	500 m	100	Original cable; now obsolete
10Base2	Thin coax	185 m	30	No hub needed
10Base-T	Twisted pair	100 m	1024	Cheapest system
10Base-F	Fiber optics	2000 m	1024	Best between buildings

Ethernet

- **Situación:** una señal a medida que se va propagando por un cable se va debilitando.
 - Llega un punto a partir del cual la señal es demasiado débil como para continuar su viaje.
- **Problema:** ¿Cómo hacer para que la señal pueda viajar mucho más allá de ese punto?

Tipos de cableado en Ethernet

- **Solución:** Usar **Repetidores**:
 - ❑ Un **repetidor** es un dispositivo de capa física que recibe, amplifica (regenera) y retransmite señales en ambas direcciones.
 - ❑ Los repetidores introducen un retardo.
- Para permitir redes mayores que un segmento en Ethernet conectar múltiples cables mediante repetidores.

Ethernet

- **Restricción de Ethernet:** puede haber múltiples segmentos de cable y múltiples repetidores, pero ningún par de transceptores puede estar separado por más de 2,5 km y ninguna ruta entre dos transceptores puede atravesar más de 4 repetidores.
- **Problema: ¿Cuál es el tamaño de trama mínima que respeta esta restricción?**

Requisito de trama mínima

- **Ejercicio:** Para una LAN de 10 Mbps con una longitud máxima de 2500 m y cuatro repetidores, el tiempo de ida y de vuelta es aproximadamente de 50 μ seg en el peor caso.
 - ❑ ¿Qué tamaño conviene que tenga la trama mínima?

Ethernet

- **Problema: ¿Si vamos a diseñar una red de mayor velocidad, qué cambios necesitamos hacer?**
- Supongamos que aumenta la velocidad de la red, y la longitud máxima del cable permanece igual.
 - ❑ **¿Qué pasa con el tamaño de la trama mínima?**
- Supongamos que aumenta la velocidad de la red y la longitud de trama mínima no cambia.
 - ❑ **¿Qué pasa con la longitud máxima del cable?**

Ethernet

- Ethernet maneja la situación de que una trama entró en colisión de una manera diferente que CSMA/CD.
 - Para esto usa un algoritmo llamado de **retroceso exponencial binario**.
 - 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 μseg .

Ethernet

- La estación que estaba transmitiendo y ocurre una colisión va a elegir aleatoriamente una cierta cantidad de ranuras a esperar.
 - La **longitud del rango de ranuras** donde se hace la elección va a depender de la cantidad de intentos de transmitir fallidos que tuvo la estación previamente.
 - Cuantos más intentos fallidos mayor es el rango.
 - La longitud del rango va creciendo exponencialmente.
 - Tras i colisiones se escoge un número aleatorio entre 0 y $2^i - 1$ y se salta ese número de ranuras.

Ethernet

- 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.

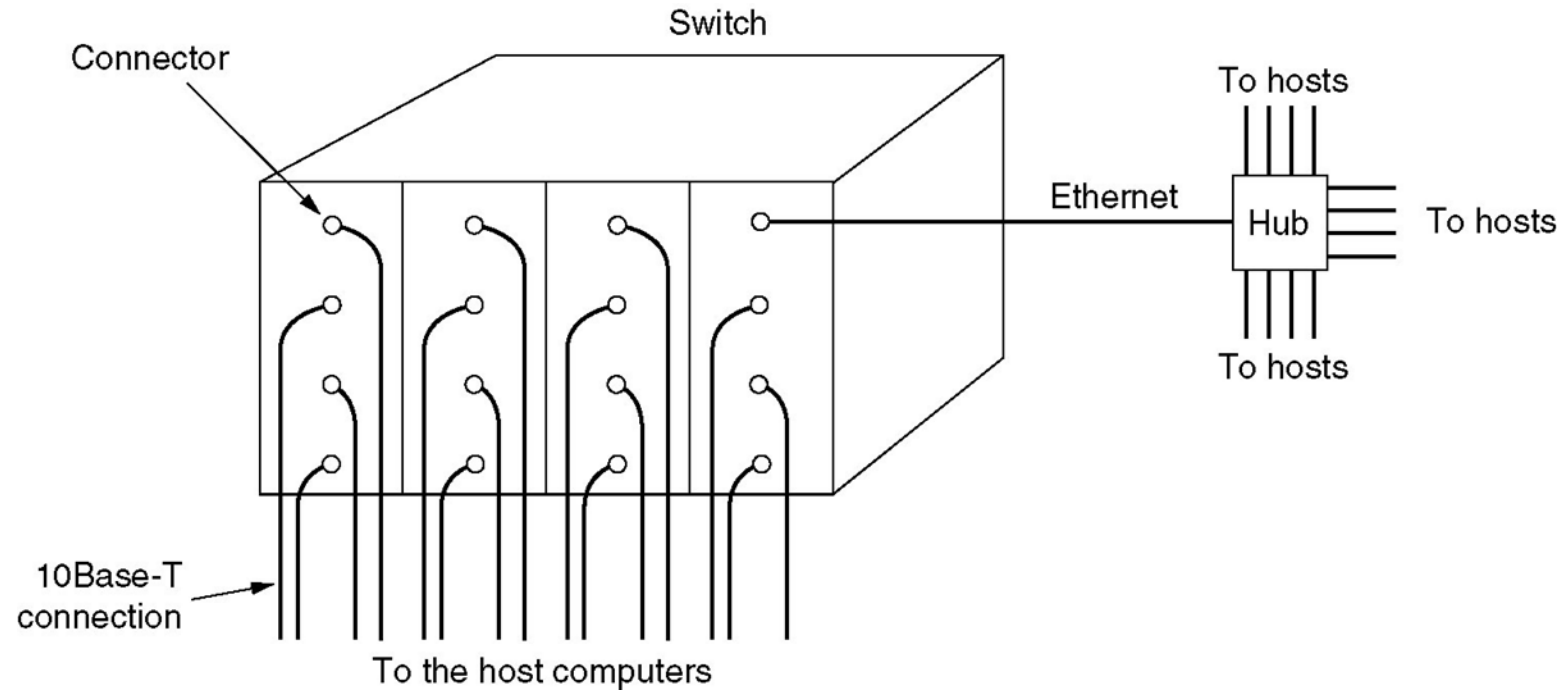
Ethernet Conmutada

- ¿A medida que se agregan más y más estaciones a Ethernet, qué sucede?
- **Ayuda:** asumir que todas las estaciones que hay quieren transmitir tramas. ¿qué es lo que va aumentando?

Ethernet Conmutada

- ¿Incrementar las longitudes de rangos de ranuras resolvería el problema?
- ¿Aumentar la tasa de transferencia resolvería el problema?
- **La solución es ingeniosa:**
 - Tener varios dominios de colisiones independientes (canales independientes)
 - ¿qué beneficios trae esto? (dar al menos dos)
 - Hacer la comunicación entre máquinas en distintos dominios de colisiones más rápida que Ethernet.
 - ¿Qué beneficio trae esto?
- Esta solución es proporcionada por un tipo de dispositivo llamado **conmutador**.

Ethernet Conmutada



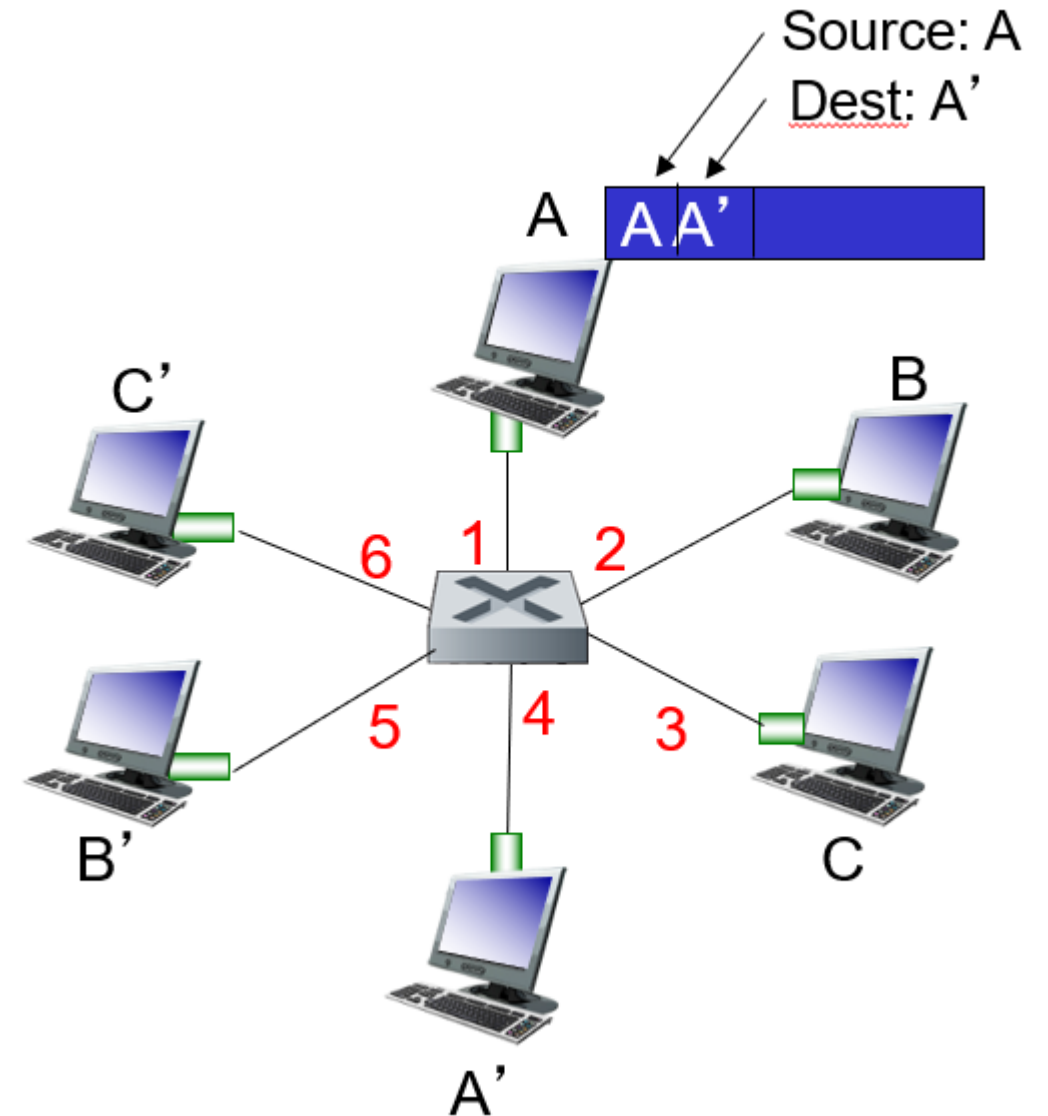
- ❑ Un **conmutador (switch)** contiene una **matriz de conmutación** de alta velocidad y de 4 a 32 **tarjetas de línea**,
- ❑ Cada tarjeta de línea contiene de 1 a 8 **conectores**.
- ❑ Hay matrices de conmutación que funcionan a más de 1 Gbps.

Ethernet Conmutada

- **Tarea realizada por un conmutador:**
 - ❑ Almacenamiento y reenvío de tramas de Ethernet.
 - ❑ **Dos tipos de conmutadores:** tarjetas son dominios de colisiones, puertos son dominios de colisiones.
- **Transparencia:** Los hosts no son conscientes de la presencia de conmutadores.
- **¿Los conmutadores necesitan ser administrados?**

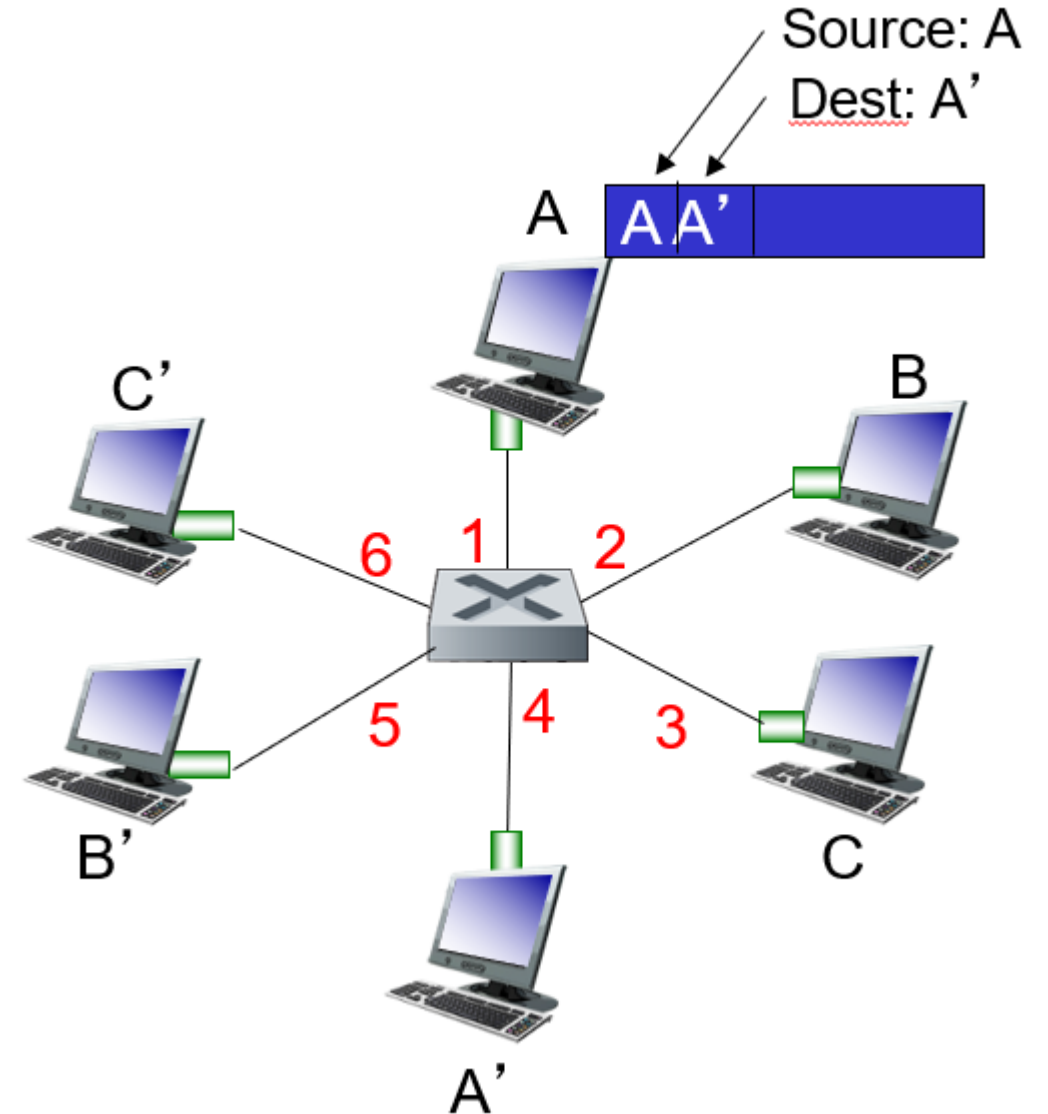
Ethernet Conmutada

- Si un conmutador recibe una trama, **¿Cómo sabe por qué línea de salida mandarla?**
- **Ayuda:** ¿Qué tenían los enrutadores para tomar esa decisión?



Ethernet Conmutada

- Si un conmutador recibe una trama, **¿Cómo sabe por qué línea de salida mandarla?**
- Cada conmutador tiene una **tabla de conmutador**:
 - <dirección MAC del host, interfaz para alcanzar el host, estampilla de tiempo>
- **¿Cómo llena un conmutador su tabla?**
- **Ayuda:** ¿qué información puede llenar el conmutador cuando le llega una trama?



Ethernet Conmutada

- **Reenvío de una trama recibida por el conmutador:**

1. Registrar enlace de ingreso, dirección MAC del host emisor de la trama.

- **Identificación de la interfaz del destino:**

2. Se Busca en la tabla del conmutador la dirección MAC del destino.

3. **if** se encuentra la entrada para el destino

then {

if el destino está en el segmento por el cual vino la trama

then descartar trama

else enviar trama en la interfaz indicada por la entrada

}

- **si no se encuentra una entrada para el destino:**

else inundar /* enviar en todas las interfaces excepto aquella por la que llegó la trama */

Ethernet Conmutada

- ¿Qué ventajas tiene usar conmutadores?