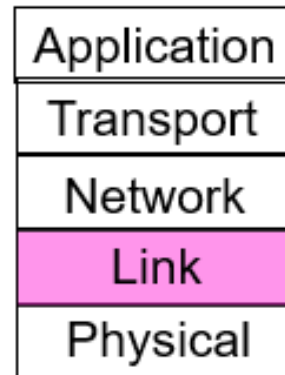


# Capítulo 5

## Capa de Enlace de Datos Control de colisiones en redes cableadas



# Subcapa de control de acceso al medio

- **Aprenderemos: SCAM para LANs cableadas.**
  1. **Comprender las capacidades de observación del canal que puede tener una máquina.**
    - Para entender en qué consisten esas capacidades, como responder frente a lo que se observa y los beneficios de hacerlo.
  2. Comprender el PAM que se usa en Ethernet.
  3. Comprender el **hardware de Ethernet**
  4. Comprender cómo aplicar el **requisito de trama mínima** a Ethernet
  5. Comprender cómo funciona la **Ethernet conmutada**.

# Supuestos en que nos apoyamos

- 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.

# Propiedades de los canales de difusión modernos

- **Fenómenos sucediendo en un canal que una estación podría detectar:**
  - Detectar que el canal está en uso (o sea, alguna estación está enviando una trama).
  - Detectar que hay una colisión en el canal.

# Propiedades de los canales de difusión modernos

- En las LAN actuales cada estación puede ***detectar si el canal está en uso.***
  - ❑ En realidad detecta si están llegando bits de alguna trama a la máquina que hace la detección.
  - ❑ Los protocolos que pueden hacer esto se llaman **Protocolos de detección de portadora (CSMA).**
  - ❑ **Ventaja de poder hacer detección de portadora:**
    - Se evita generar colisión poniendo tramas en el canal cuando están llegando bits de alguna trama.

# Propiedades de los canales de difusión modernos

- 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?**
  - ❑ No tiene sentido seguir enviando la trama,
  - ❑ por lo tanto es mejor que las estaciones ***aborten sus transmisiones tan pronto como detecten una colisión.***

# Propiedades de los canales de difusión modernos

- **Ventajas de la detección de colisiones:**
  - Esto ahorra tiempo y ancho de banda.
  - **Sin esta tecnología cuando ocurre una colisión,**
    - ❑ la estación no va a recibir la confirmación de recepción y va a tener que retransmitir la trama y esta espera va a llevar mucho más tiempo.

# Propiedades de los canales de difusión modernos

- **Conclusión:** Para definir PAMs conviene que una estación pueda detectar lo que está pasando en el canal.
  - Por que esto tiene las ventajas señaladas.



# Subcapa de control de acceso al medio

- **Aprenderemos: SCAM para LANs cableadas.**
  1. Comprender las capacidades de observación del canal que puede tener una máquina.
  2. **Comprender el PAM que se usa en Ethernet.**
    - Para comprender su funcionamiento, evaluarlo y entender la razón del requisito de trama mínima.
  3. Comprender el **hardware de Ethernet**
  4. Comprender cómo aplicar el **requisito de trama mínima** a Ethernet
  5. Comprender cómo funciona la **Ethernet conmutada**.

# CSMA con Detección de Colisiones

- Estudiamos el PAM **CSMA/CD (Acceso Múltiple con Detección de Portadora y Detección de Colisiones)**.
  - CSMA/CD es la base de la LAN Ethernet.

# CSMA con Detección de Colisiones

- **En CSMA/CD el emisor**

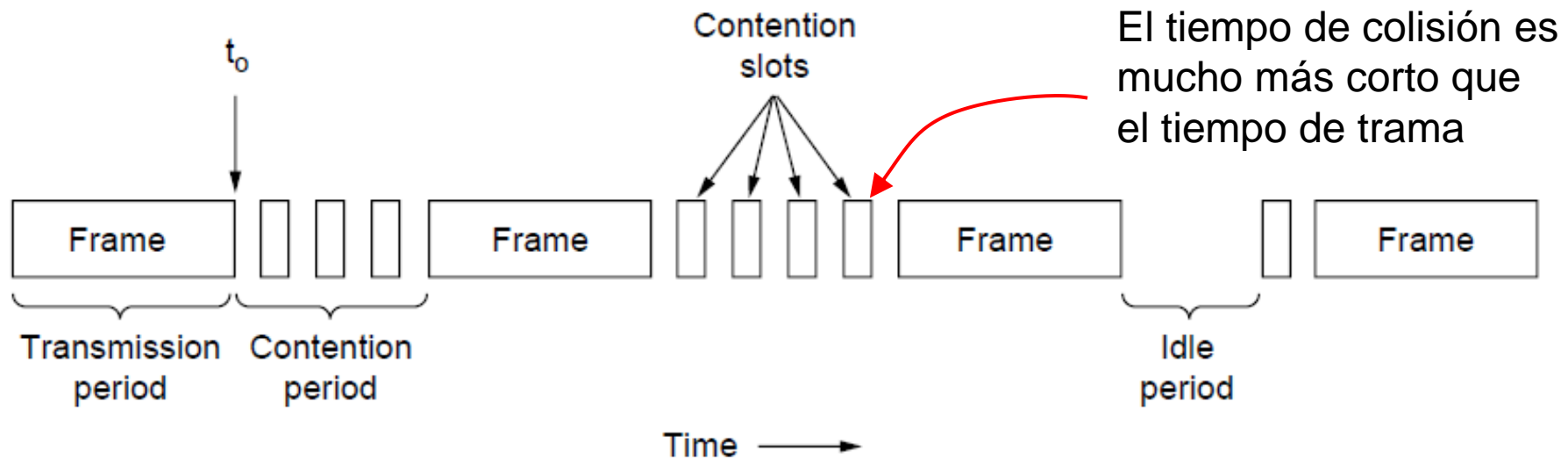
1. Antes de transmitir una trama detecta la portadora.
2. Si el canal está libre transmite.
3. Sino espera hasta que el canal se desocupe para transmitir.
4. Si el emisor detecta una colisión, aborta la transmisión, espera un tiempo aleatorio, y una vez que pasó este tiempo: goto 1.

# CSMA con Detección de Colisiones

- **En CSMA/CD el receptor**

1. Recibe una trama buena si no hubo colisión y el medio no cometió errores.
2. En caso contrario (hubo colisión o el medio cometió errores) recibirá una trama dañada la cual será descartada.
3. Al mandar una confirmación de recepción hace los pasos del emisor (ver filmina previa).

# 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.

# CSMA con Detección de Colisiones

- Las colisiones en CSMA/CD
- ocurren durante las ranuras de contención.

# CSMA con Detección de Colisiones

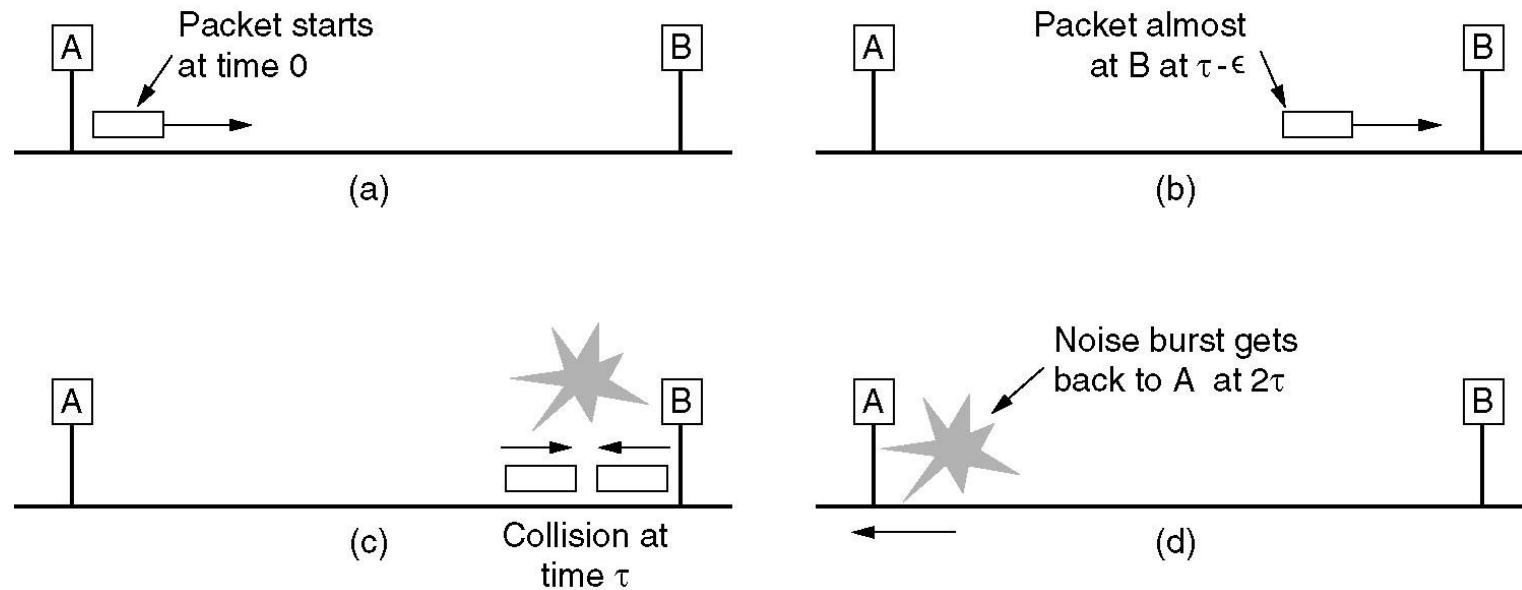
- Se dice que una estación ha **tomado el canal** cuando todas las demás estaciones sabían que estaba transmitiendo y no interfirieron.
- **Ahora responderemos a la pregunta: ¿Cómo sabe una estación que ha tomado el canal?**

# 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?*
  - ❑ el tiempo mínimo en detectar la colisión es el tiempo que tarda la señal para propagarse de una estación a otra.
- ¿Cuál es el peor caso de demora de una estación en enterarse que ha habido una colisión?



# CSMA con Detección de Colisiones



- $\tau$  el tiempo que tarda una señal en propagarse entre las dos estaciones más lejanas A y B
- **Cómo ocurre una colisión en CSMA/CD y cuándo se enteran las estaciones de ella:**
  1. A comienza a transmitir en  $t = 0$ .
  2. En  $\tau - \epsilon$  un instante antes de que la señal llegue a B, B comienza a transmitir.
  3. B detecta la colisión casi de inmediato y se detiene.
    - En Ethernet se genera ráfaga de ruido de 48 bits.
  4. La ráfaga de ruido causada por la colisión no regresa a A hasta pasados  $2\tau - \epsilon$ .

# 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  $2\tau$  sin detectar una colisión.

# CSMA con Detección de Colisiones

- **Problema:** ¿Las tramas pueden ser tan chicas como uno quiera?
- **Si una estación  $E$  intenta transmitir una trama demasiado corta y ocurre una colisión,**
  - La transmisión de  $E$  se completa antes de que la ráfaga de ruido llegue de regreso, en el momento  $2\tau$ .
  - El emisor entonces supondrá incorrectamente que la trama se envió con éxito.
- **Problema:** ¿Cómo evitar que la situación anterior ocurra?
- **Solución:** Las tramas deberán tardar más que  $2\tau$  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.**

# Subcapa de control de acceso al medio

- **Aprenderemos: SCAM para LANs cableadas.**
  1. Comprender las capacidades de observación del canal que puede tener una máquina.
  2. Comprender algunos **PAMs** donde pueden ocurrir colisiones.
  3. **Comprender el hardware de Ethernet**
    - Para entender cómo se construyen y diseñan redes cableadas de Ethernet
  4. Comprender cómo aplicar el **requisito de trama mínima** a Ethernet
  5. Comprender cómo funciona la **Ethernet conmutada**.

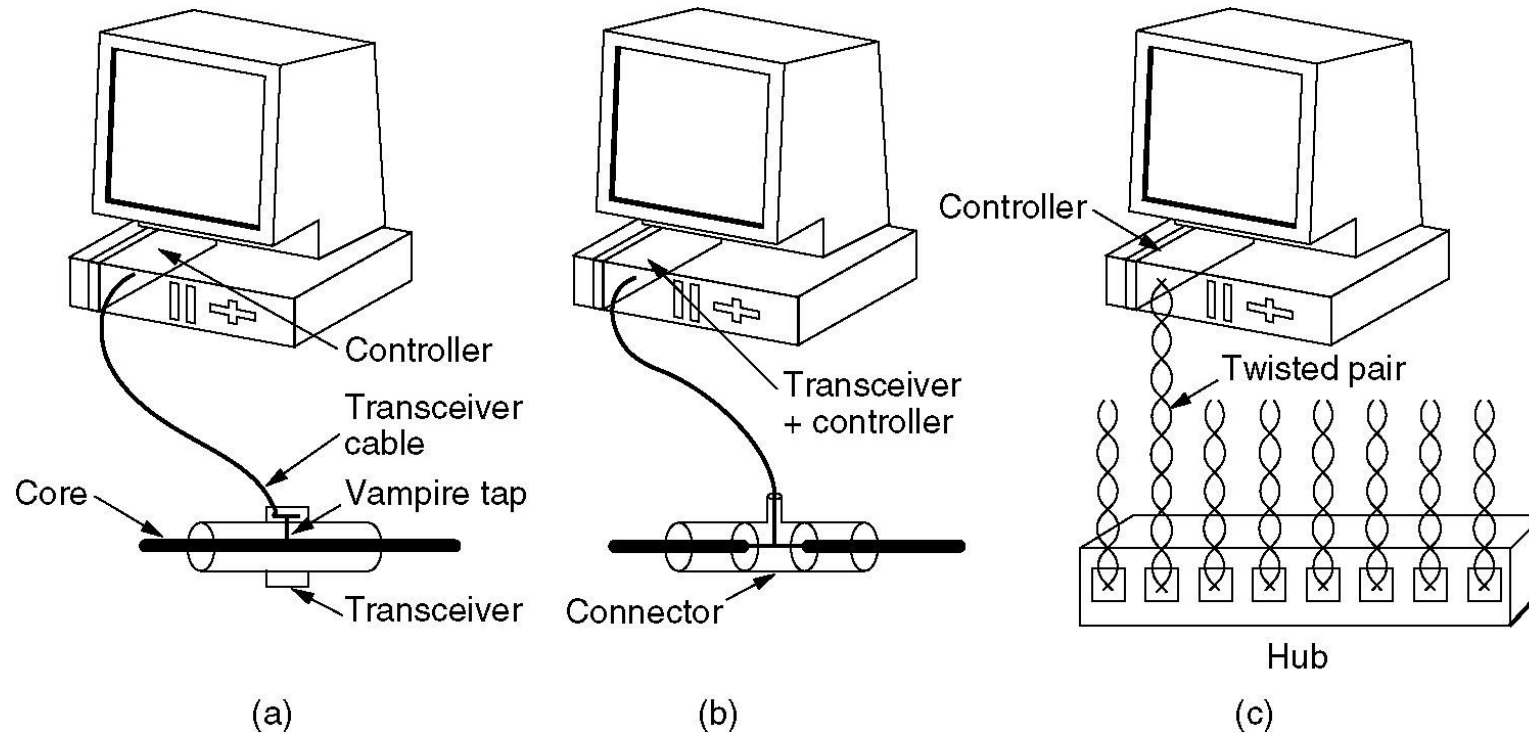
# Ethernet

- 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 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)

# Tipos de cableado en 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

# Tipos de cableado en Ethernet

- Cada cableado de Ethernet tiene una longitud máxima de cable por segmento.
- **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.

# Subcapa de control de acceso al medio

- **Aprenderemos: SCAM para LANs cableadas.**
  1. Comprender las capacidades de observación del canal que puede tener una máquina.
  2. Comprender algunos **PAMs** donde pueden ocurrir colisiones.
  3. Comprender el **hardware** de Ethernet
  4. **Comprender cómo aplicar el requisito de trama mínima a Ethernet**
    - Para deducir el tamaño de la trama mínima y recordar su significado.
  5. Comprender cómo funciona la **Ethernet conmutada**.

# 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?**

# Ethernet

- **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  $\mu$ seg en el peor caso.
  - ☐ ¿Qué tamaño conviene que tenga la trama mínima?
- **Solución:**
  - ☐ La trama mínima debe tomar por lo menos 50  $\mu$ seg en transmitir.
  - ☐ A 10 Mbps, un bit tarda 100 nseg por lo que 500 bits es la trama más pequeña que se garantiza funcionará.
    - Para agregar algún margen de seguridad, este número se redondeó a 512 bits o 64 bytes.

# Ethernet

- **Razón para tener una trama de longitud minima:**
- Evitar que una estación complete la transmisión de una trama corta antes de que el primer bit llegue al extremo más alejado del cable, donde podría tener una colisión con otra trama.

# 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?**
  - ❑ La longitud mínima de trama debe aumentar.
- Supongamos que aumenta la velocidad de la red y la longitud de trama mínima no cambia.
  - ❑ **¿Qué pasa con la longitud máxima del cable?**
  - ❑ la longitud máxima del cable debe disminuir, de manera proporcional.

# Ethernet

- **Conclusión: A tener en cuenta para el diseño de una red local cableada:**
  - A medida que aumente la velocidad de la red, la longitud mínima de la trama debe aumentar o la longitud máxima del cable debe disminuir, de manera proporcional.

# Subcapa de control de acceso al medio

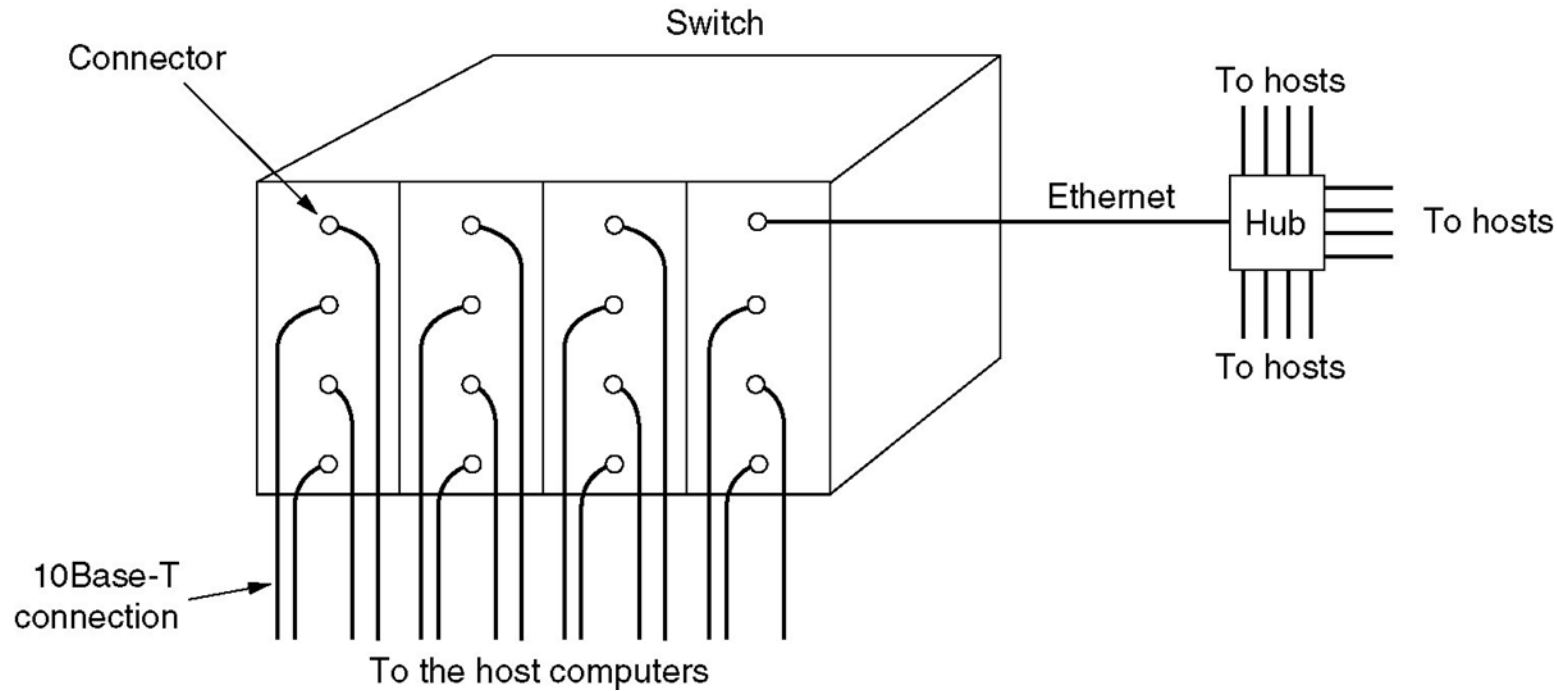
- **Aprenderemos: SCAM para LANs cableadas.**
  1. Comprender las capacidades de observación del canal que puede tener una máquina.
  2. Comprender algunos **PAMs** donde pueden ocurrir colisiones.
  3. Comprender el **hardware** de Ethernet
  4. Comprender el **requisito de trama mínima** de Ethernet
  5. **Comprender cómo funciona la Ethernet conmutada.**
    - Para entender qué son, cómo funcionan y la ventaja de usar conmutadores



# Ethernet Conmutada

- **Situación:** A medida que se agregan mas y mas estaciones a Ethernet, aumenta el tráfico. En algún momento la LAN se saturará.
- **Problema:** ¿Cómo evitar este fenómeno dentro de Ethernet?

# Ethernet Conmutada



- **Solución:** usar una **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.
- **Transparencia:** Los hosts no son conscientes de la presencia de conmutadores.
- **¿Los conmutadores necesitan ser administrados?**
- **No. Aprenden por si solos:** los conmutadores **no necesitan** ser configurados.

# Ethernet Conmutada

- Si dos máquinas conectadas a la misma tarjeta de conexión transmiten tramas al mismo tiempo:
  - ❑ Si todos los puertos de la tarjeta forman una LAN local dentro de la tarjeta,
    - las colisiones en esta LAN en tarjeta se detectan y manejan igual que en una red CSMA/CD.
    - Las tarjetas pueden estar transmitiendo en paralelo.
  - ❑ Si cada puerto de entrada se almacena en un búfer,
    - todos los puertos de entrada reciben y transmiten tramas al mismo tiempo, para una operación en paralelo duplex.
    - Cada puerto es un dominio de colisión independiente.

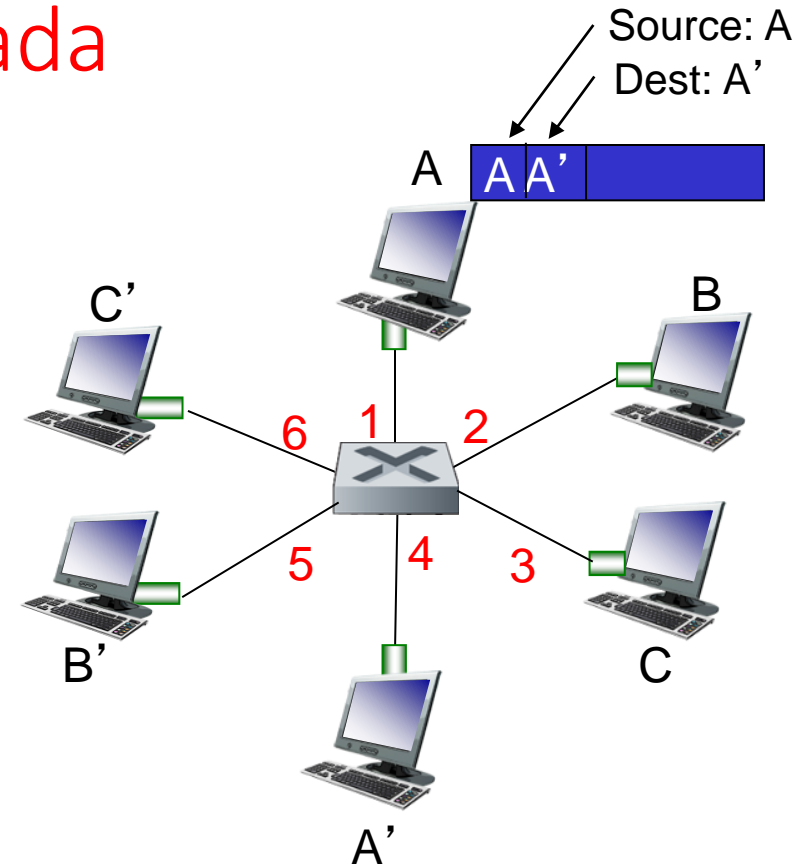
# Ethernet Conmutada

❖ Cada conmutador tiene una **tabla de conmutador**:

- <dirección MAC del host, interfaz para alcanzar el host, estampilla de tiempo>

❖ Un conmutador **aprende** cuáles hosts pueden ser alcanzados a través de cuales interfaces

- **Cuando el conmutador recibe una trama**
- registra el par emisor/localización en la tabla del conmutador.



*Conmutador con 6 interfaces  
(1,2,3,4,5,6)*

MAC addr	interface	TTL
A	1	60

# Commutadores: Filtrado y Reenvío de Tramas

- **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

- **Ventajas de usar conmutadores:**
  - ❑ Con un conmutador se pueden enviar tantos datos por segundo como la capacidad de la matriz de conmutación de alta velocidad.
  - ❑ Además como el conmutador tiene varios búferes (al menos uno por tarjeta, sino más), entonces van a tenerse muchas menos colisiones que si en lugar de un conmutador se tuviera un concentrador.