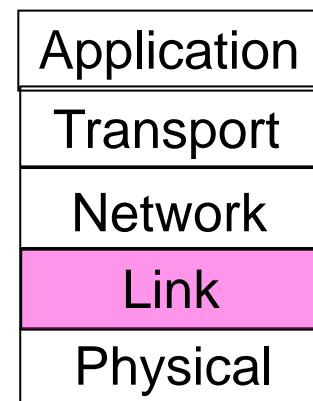


Capítulo 5

Capa de Enlace de Datos Generalidades



Capa de Enlace de Datos

- **Limitaciones de los canales de comunicación**
 - Cometen errores ocasionales.
 - Tienen una tasa de datos finita.
 - Hay retardo de propagación.
- **Meta necesaria:**
 - lograr una comunicación confiable y eficiente entre dos máquinas adyacentes, o sea conectadas por un canal de comunicaciones.
- **Problema: ¿Cómo cumplir con este requisito?**

Capa de Enlace de Datos

- **Solución:** definir una capa debajo de la capa de red (CR) que se encargue de esto.
 - Dicha capa se llama **capa de enlace de datos (CED)**
 - Un **protocolo de CED** hace que las líneas de comunicación parezcan perfectas o al menos bastante buenas.

Capa de Enlace de Datos

- **Funciones de la CED**
 - **Comunicación confiable**: que las tramas enviadas lleguen.
Se usan protocolos de tubería o parada y espera.
 - **Control de flujo**: evitar que emisor rápido sature a receptor lento.
 - **Entramado**:
 - En el canal de difusión solo hay un stream de bits
 - **Problema**: ¿Cómo detectar inicio y fin de cada trama?
 - **Solución**: Usualmente se usa patrón especial de bits para ello (llamado bandera)
 - No lo estudiaremos: si alguien tiene la curiosidad está en el libro.

Capa de Enlace de Datos

- **Funciones de la CED (continuación)**

- Detección y corrección de errores**

- No lo vemos porque la teoría la estudiarán con Penazzi.

- Manejo de colisiones**

- Ocurren en canales de difusión usados por varias máquinas
 - Cuando dos máquinas intentan transmitir tramas al mismo tiempo ocurre **colisión**.

Capa de Enlace de Datos

- **¿Por qué estudiar la capa de enlace de datos?**
 - Toda organización, incluso los hogares tienen sus redes LAN.
 - Saber sobre la CED ayuda a comprender el funcionamiento de las LAN.
 - Hay LAN cableadas (e.g. Ethernet) y LAN inalámbricas (e.g. WiFi).
 - Hay que diseñar, configurar y administrar redes LAN.
 - Para comprender los protocolos que resuelven los problemas de diseño de las LAN.
 - Para control de flujo, control de colisiones, control de errores.

Capa de Enlace de Datos

- **Aprenderemos:**
 1. **Tramas de CED y su manejo**
 2. Fundamentos de comunicación de tramas en CED
 3. Necesidad de canales de difusión
 4. Necesidad del control de colisiones

Capa de Enlace de Datos

- **Informaciones que debería contener una trama de capa de enlace de datos:**
 - encabezado: suele contener: direcciones del origen y de destino; a veces la longitud de la trama, etc.
 - campo de carga útil (el contenido que se quiere enviar).
 - un terminador final (para control de errores)

Bytes	8	6	6	2	0-1500	0-46	4
(a)	Preamble	Destination address	Source address	Type	„„ Data „„	Pad	Check-sum
(b)	Preamble	S o F	Destination address	Source address	Length	„„ Data „„	Pad Check-sum

Formato de trama Ethernet

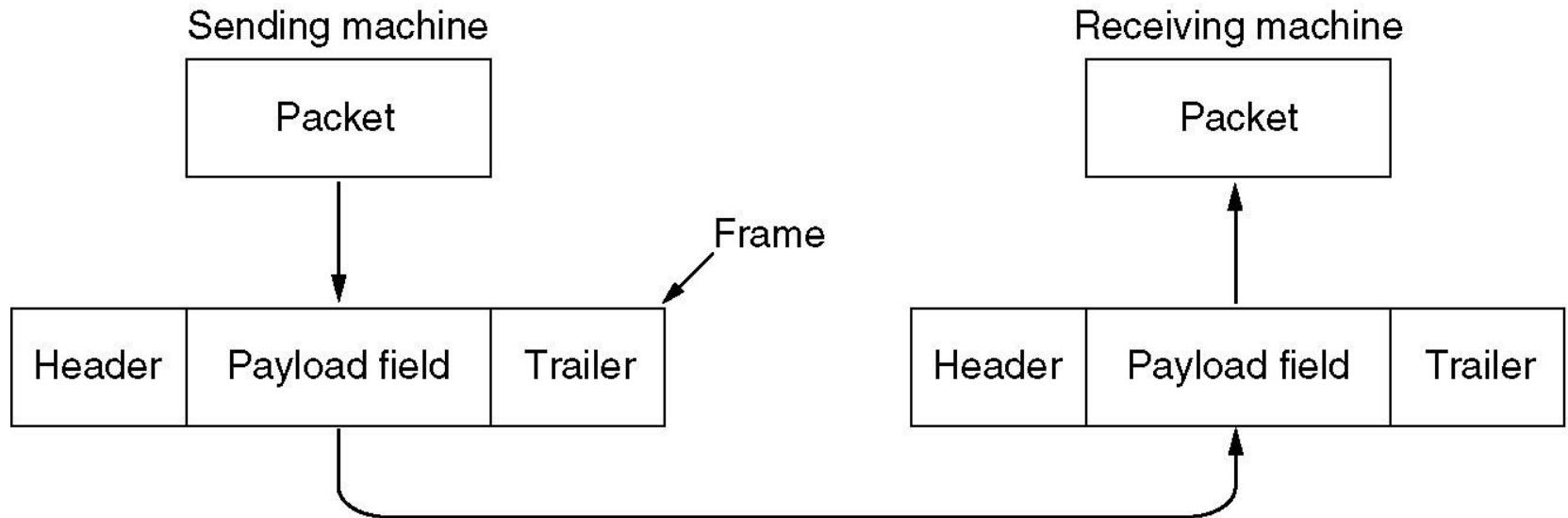
Capa de Enlace de Datos

- **Aprenderemos:**
 1. Tramas de CED y su manejo
 2. **Fundamentos de comunicación de tramas en CED**
 3. Necesidad de canales de difusión
 4. Necesidad del control de colisiones

Fundamentos de la comunicación en la capa de enlace de datos

- **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 como parada y espera o de tubería (go back N, repetición selectiva).

Capa de Enlace de Datos

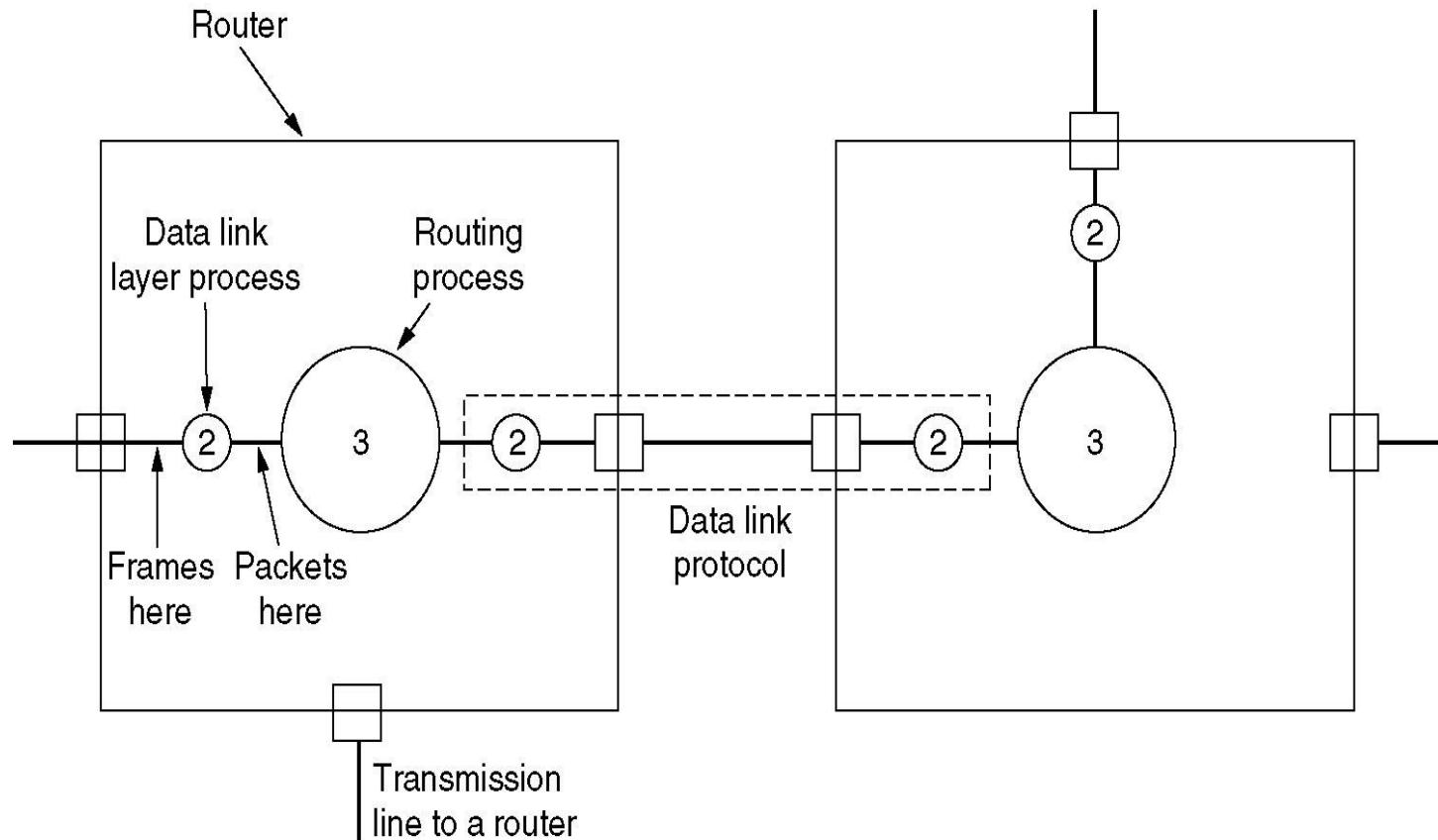


- La CED toma de la CR paquetes y los encapsula en **tramas**.
- Las tramas tienen una **longitud máxima** impuesta.
- Cada paquete de la CR se **divide** en tramas.
- En la CR de la máquina de origen hay un proceso que entrega bits a la CED para transmitirlos a la máquina de destino.
- El trabajo de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

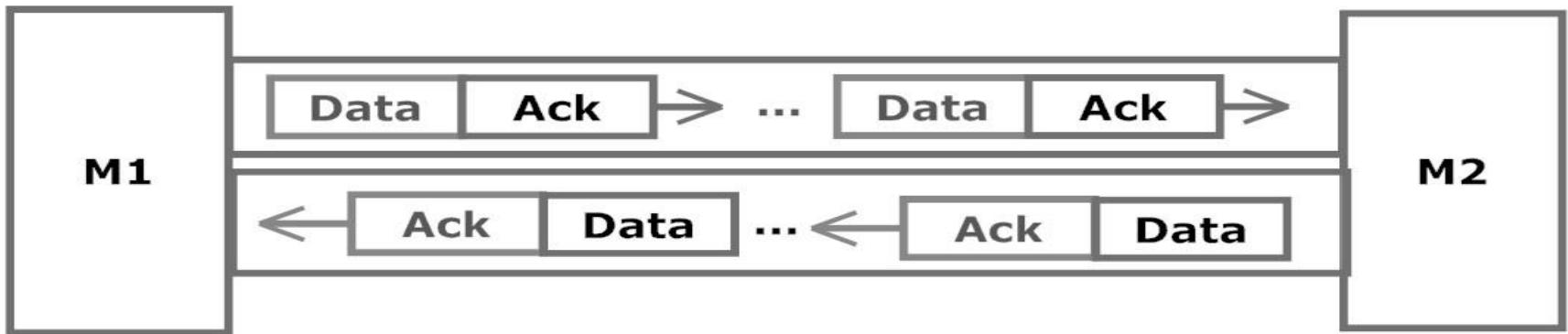
Problemas al diseñar protocolo de CED

- 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:** ¿Cómo transmitir datos entre dos máquinas y en ambas direcciones eficientemente? (recordar lo que hace TCP)
- **Solución:** **Iinear a caballito (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 msegundos un paquete, el ack se superpone a él; sino, la CED manda **trama de ack independiente**.

Capa de Enlace de Datos

- **Aprenderemos:**
 1. Tramas de CED y su manejo
 2. Fundamentos de comunicación de tramas en CED
 3. **Necesidad de canales de difusión**
 - Para entender qué problema existe si no se los usa y qué tipos de canales de difusión existen.
 4. Necesidad del control de colisiones

Necesidad de Canales de Difusión

- **Situación:** es costoso e incómodo hacer que todo par de máquinas de una organización estén conectadas directamente entre sí por dos canales (dedicados exclusivamente para ellas).
 - Si hay n máquinas daría $n * (n-1)$ conexiones
- **Problema: Encontrar una alternativa más económica para conectar varias máquinas entre sí.**

Necesidad de Canales de Difusión

- **Solución:** Usar **canales de difusión**.
 - En un canal de difusión están conectadas varias máquinas que quieren transmitir tramas por el canal.
 - Si una máquina envía un mensaje, todas las demás lo reciben.
- **Evaluación**
 - Esta es una alternativa mucho más económica.
 - Pero según veremos los canales de difusión introducen algunos problemas nuevos de diseño.

Canales de Difusión

- **Tipos de canales de difusión**
 - **Inalámbricos**
 - En su forma más simple las máquinas se comunican entre sí sin uso de cables.
 - P.ej. por uso de señales de radio o de microondas.
 - **Cableados**
 - Las máquinas se comunican entre sí por medio de cables.
 - P.ej. De un cable coaxial salen cables a distintas máquinas.
 - P.ej. de un concentrador salen cables a distintas máquinas (es la idea de triple o de zapatilla).

Capa de Enlace de Datos

- **Aprenderemos:**
 1. Tramas de CED y su manejo
 2. Fundamentos de comunicación de tramas en CED
 3. Necesidad de canales de difusión
 4. **Necesidad del control de colisiones**

Necesidad de Control de Colisiones

- Si dos tramas se transmiten en forma simultánea en un canal de difusión:
 - Se traslapan en el tiempo y la señal resultante se altera.
 - Este evento se llama **colisión**
- **Problema:** ¿cómo evitar colisiones?
 - O sea, ¿cómo hacer para que ellas no ocurran, o que ocurran lo menos posible?

Necesidad de Control de Colisiones

- **Solución:** definir una subcapa de la capa de enlace de datos que se encargue del control de colisiones.
 - Esta subcapa de la CED se llama **subcapa de control de acceso al medio (SCAM)**.
 - La subcapa MAC es una subcapa inferior de la CED.

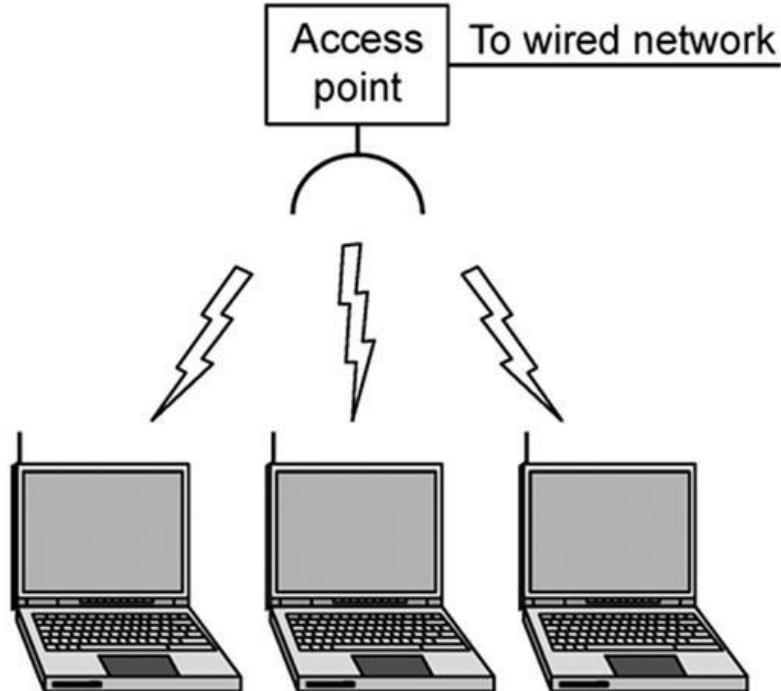
Subcapa de control de acceso al medio

- **¿Por qué estudiar la SCAM?**
 - Para comprender cómo se organizan, diseñan, y funcionan las LAN cableadas e inalámbricas.
 - Para entender cómo los distintos tipos de LAN hacen control de colisiones.
 - Para esto se usan **protocolos de control de colisiones**.

Necesidad de Control de Colisiones

- En una **red de difusión** el asunto clave es **cómo** determinar quién puede usar el canal cuando **hay competencia por él**.
- **Protocolos de acceso múltiple** – PAM: se usan para determinar quién sigue en un canal de difusión.

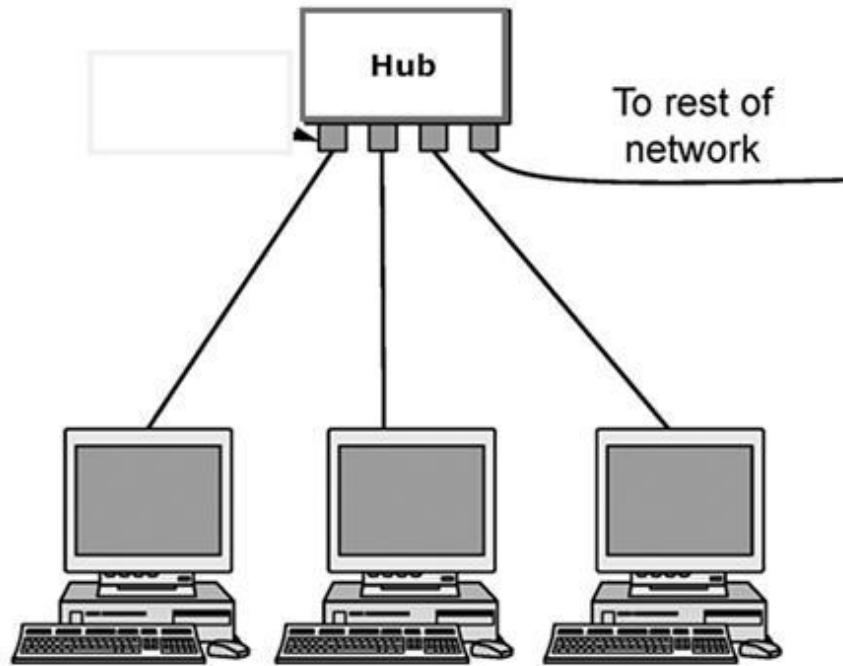
Soluciones al control de colisiones



Soluciones Inalámbricas

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

Soluciones al 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.