
Redes de datos

Tema 1

Introducción

Eytan Modiano

6.263: Redes de datos

- **Fundamentos del análisis y el diseño de redes:**
 - **Arquitectura:**
 - Capas
 - Topología
 - **Protocolos:**
 - Punto a punto
 - Acceso múltiple
 - Extremo a extremo
 - **Algoritmos:**
 - Recuperación de errores
 - Enrutamiento
 - Control de flujo
 - **Herramientas de análisis:**
 - Modelado probabilístico
 - Teoría de colas

Información del curso

- **Docencia:** Prof. Eytan Modiano
- **Tareas requeridas y evaluación:**
 - Aproximadamente un boletín de problemas por semana (10% de la nota).
 - Un proyecto (5% de la nota).
 - Un examen parcial (35 %).
 - Un examen final, que tendrá lugar durante la semana de los finales (50%).
- **Requisitos previos:** haber realizado el curso 6.041 u otro equivalente sobre probabilidad.
- **Libro de texto:** Bertsekas y Gallager, *Data Networks (2nd Edition)*.

Programa provisional

LEC N° TEMAS

- 1 Introducción, arquitectura OSI de 7 capas
- 2 Capa de enlace de datos, entramado (*Framing*) y detección de errores
- 3 Algoritmos de retransmisión

- 4 Algoritmos de retransmisión
- 5 Modelos de colas: introducción y teorema de Little

- 6 Colas M/M/1, M/M/m, etc.
- 7 Redes de colas

- 8 Colas M/G/1, M/G/1 con vacaciones
- 9 Reservas y colas M/G/1; colas de prioridad

- 10 Estabilidad de los sistemas de colas
- 11 Distribución de los tiempos de ocupación en las colas M/G/1

- 12 **Prueba**

Programa provisional (continuación)

LEC N°	TEMAS
13	Protocolo de acceso múltiple Aloha
14	Aloha estabilizado y algoritmos de árbol
15	CSMA, CSMA/CD y <i>Ethernet</i>
16	Redes LAN de alta velocidad, redes en anillo (<i>Token rings</i>) y reservas de satélites
17	Introducción a la arquitectura del conmutador (<i>switch</i>)
18	Gestión del conmutador de alta velocidad
19	Enrutamiento de amplia difusión (<i>broadcast</i>) y árboles de expansión (<i>spanning trees</i>)
20	Enrutamiento del camino más corto
21	Algoritmo de enrutamiento distribuido, enrutamiento óptimo
22	Control de flujo: sistemas de ventanas/créditos
23	Control de flujo: sistemas basados en la tasa
24	Capa de transporte y TCP/IP
25	Redes ATM
26	Tema especial: redes ópticas y redes inalámbricas

El examen final tendrá lugar durante la semana de los finales. Se anunciarán la fecha y la hora.

Aplicaciones de red

- **Compartición de recursos:**
 - **Cálculos**
 - **Ordenador central (antiguamente):**
 - Hoy en día, los ordenadores son más baratos que antes (excepto las LANs)
 - Impresoras y periféricos
 - **Información:**
 - Acceso a bases de datos y actualizaciones**
 - P. ej.: Reservas de vuelos, financieras, etc.
- **Servicios:**
 - **Correo, FTP, Telnet y acceso a Internet**
 - **Videoconferencias**
 - **Acceso a bases de datos**
 - **Aplicaciones cliente/servidor**

Áreas de cobertura de las redes

- **Redes de área extensa (WAN):**
 - Abarcan áreas de gran extensión (países, continentes, el mundo)
 - Utilizan líneas telefónicas en alquiler (¡caro!):
 - Década de los 80: 10 Kbps; a partir del 2000: 2.5 Gbps
 - Velocidades de acceso de los usuarios: 56Kbps – 155 Mbps
 - Enlaces de comunicación compartidos: *switches y routers*
 - P.ej.: IBM SNA, redes X.25 o Internet
- **Redes de área local (LAN):**
 - Comprenden una oficina o un edificio
 - Presentan un único salto o *hop* (canal compartido) (¡barato!)
 - Velocidades de acceso de los usuarios: 10 Mbps – 1 Gbps
 - P. ej.: *Ethernet*, redes en anillo (*Token rings*) o *Apple-talk*
- **Redes de área metropolitana (MAN)**
- **Redes de área de almacenamiento**

Servicios de red

- **Síncronos:**
 - La sesión consiste en una cadena continua de tráfico (p. ej.: voz)
 - Por lo general, requiere retardos limitados y establecidos
- **Asíncronos:**
 - La sesión consiste en una secuencia de mensajes
 - Generalmente a ráfagas
 - Ej.: sesiones interactivas, transferencias de archivos o envío de emails
- **Servicios orientados a conexión:**
 - La sesión se mantiene durante un período de tiempo
 - Entrega de paquetes ordenada y oportuna
 - P. ej.: Telnet o FTP
- **Servicios no orientados a conexión:**
 - La transacción se produce en un solo tiempo (p. ej.: email)
- **Calidad de servicio (QoS)**

Técnicas de conmutación (*Switching*)

- **Conmutación de circuitos:**
 - Reserva de recursos
- **Conmutación de paquetes:**
 - Compartición de recursos
 - Circuitos virtuales
 - Datagramas

Conmutación de circuitos

- **A cada sesión se le asigna una fracción fija de la capacidad de cada enlace de su ruta:**
 - Recursos reservados
 - Camino establecido
 - Si se emplea toda la capacidad, se bloquean las llamadas
P. ej.: red telefónica
- **Ventajas de la conmutación de circuitos:**
 - Retardos establecidos
 - Garantiza la entrega continua
- **Desventajas:**
 - Los circuitos no se utilizan cuando la sesión está desocupada (vacía)
 - Resulta ineficaz para el tráfico a ráfagas
 - Generalmente, la conmutación de circuitos se realiza con una cadena de velocidad establecida (p. ej.: 64 Kbps)
Es difícil que soporte velocidades variables de datos

Problemas de la conmutación de circuitos

- **Muchas sesiones de datos son de bajo rendimiento (a ráfagas):**
(tiempo de transmisión del mensaje)/(tiempo entre llegadas de mensajes) $\ll 1$
Igual que: (velocidad de llegada del mensaje) * (tiempo de transmisión del mensaje) $\ll 1$
- **La velocidad asignada a la sesión debe ser lo suficientemente alta como para permitir el retardo requerido. Esta capacidad asignada está libre cuando la sesión no tiene nada para enviar**
- **Si la comunicación es cara, la conmutación de circuitos no será lo bastante rentable para permitir el retardo requerido por el tráfico a ráfagas**
- **Además, la conmutación de circuitos requiere un establecimiento de llamada durante el cual los recursos no son utilizados. Si el mensaje es más corto que el tiempo de establecimiento de la llamada, la conmutación de circuitos no resulta rentable (ni práctica)**
 - **Presenta más de un problema en redes de alta velocidad**

Ejemplo de conmutación de circuitos

L = longitud de los mensajes

λ = velocidad de llegada de los mensajes

R = velocidad del canal en *bits* por segundo

X = retardo en la transmisión del mensaje = L/R

- R debe ser lo suficientemente grande para mantener X pequeño
- Tráfico a ráfagas $\Rightarrow \lambda x \ll 1 \Rightarrow$ poco uso

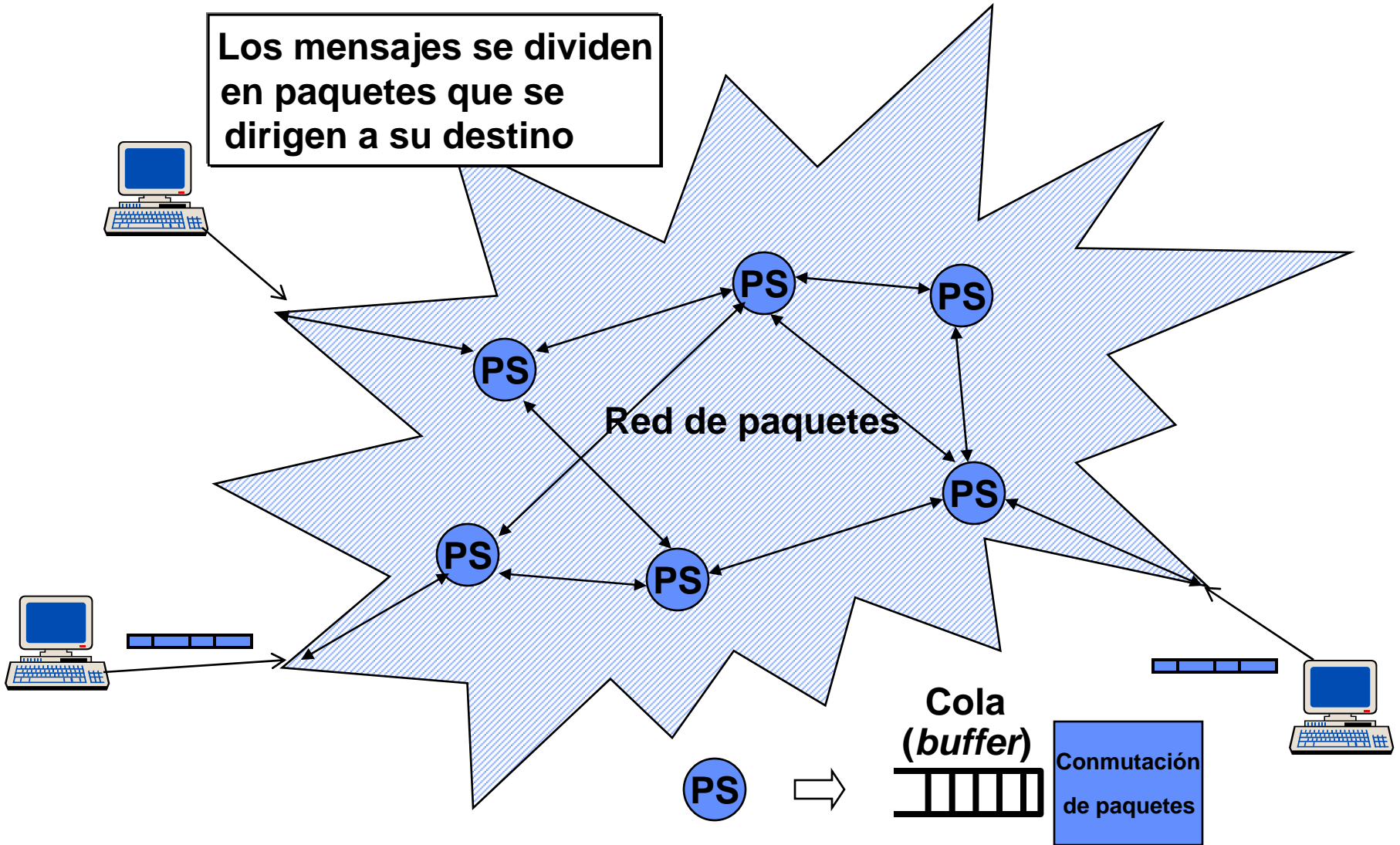
- **Ejemplo:**

- L = 1000 *bytes* (8000 *bits*)
- $\lambda = 1$ mensaje por segundo
- X < 0.1 segundos (retardo requerido)
- $\Rightarrow R > 8000/0,1 = 80.000$ bps
Uso = $8000/80000 = 10\%$

- **Con la conmutación de paquetes, varias sesiones pueden compartir el canal para incrementar su uso**

Redes conmutadas por paquetes

Los mensajes se dividen en paquetes que se dirigen a su destino

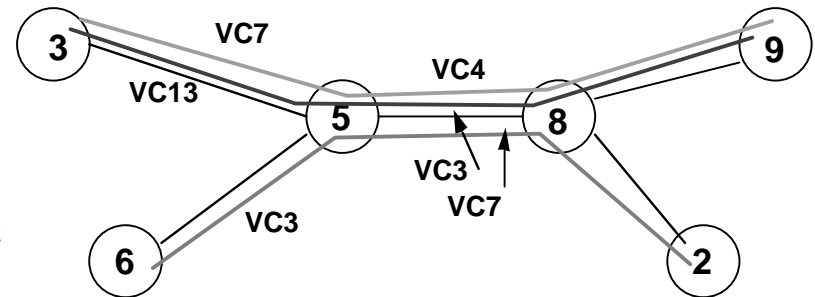


Conmutación de paquetes

- **Conmutación de paquetes por datagramas:**
 - La ruta se elige según una base paquete por paquete
 - Los distintos paquetes pueden seguir rutas diferentes
 - Los paquetes pueden no llegar en orden a su destino
 - Ej.: IP (protocolo de Internet)
- **Conmutación de paquetes con establecimiento de circuito virtual (VC):**
 - Todos los paquetes asociados a una sesión siguen el mismo camino
 - La ruta se elige al inicio de la sesión
 - Los paquetes contienen un identificador de VC que indica la ruta
 - El identificador de VC debe ser único para un enlace dado, pero puede variar de un enlace a otro:
 - Supongamos que tenemos que establecer conexiones entre 1000 nodos de una red
 - El que los identificadores sean únicos supone que 1 millón de números VC han de ser representados y almacenados en cada nodo
 - Ej.: ATM (*Asynchronous transfer mode* o modo de transferencia asíncrona)

Conmutación de paquetes (circuito virtual)

- En los datagramas, la información de destino debe distinguir de forma inequívoca cada sesión y nodo de la red:
 - Son necesarias unas direcciones de origen y de destino únicas
- En los circuitos virtuales, sólo es necesario distinguir por medio de la dirección entre los circuitos virtuales de un enlace:
 - Es necesaria una dirección global para establecer un circuito virtual
 - Una vez establecido, se pueden utilizar los números VC locales para representar los circuitos virtuales de un enlace dado: el identificador de VC varía de un enlace a otro



- Méritos de los circuitos virtuales:
 - Ahorro en el cálculo de la ruta:
Sólo es necesario calcularla una vez, al inicio de la sesión
 - Ahorro en el tamaño de la cabecera
 - Facilita el suministro de QoS
 - Más complejo
 - Menos flexible

Tabla del nodo 5

(3,5) VC13	->	(5,8) VC3
(3,5) VC7	->	(5,8) VC4
(6,5) VC3	->	(5,8) VC7

La conmutación de circuitos frente a la de paquetes

- **Ventajas de la conmutación de paquetes:**
 - Eficaz para los datos transmitidos a ráfagas
 - Es fácil proporcionar ancho de banda con velocidades variables bajo demanda
- **Desventajas de la conmutación de paquetes:**
 - Retardos variables
 - Es difícil proporcionar garantías de QoS (servicio "Best-effort" o del máximo esfuerzo)
 - Los paquetes pueden llegar desordenados

Técnica de conmutación

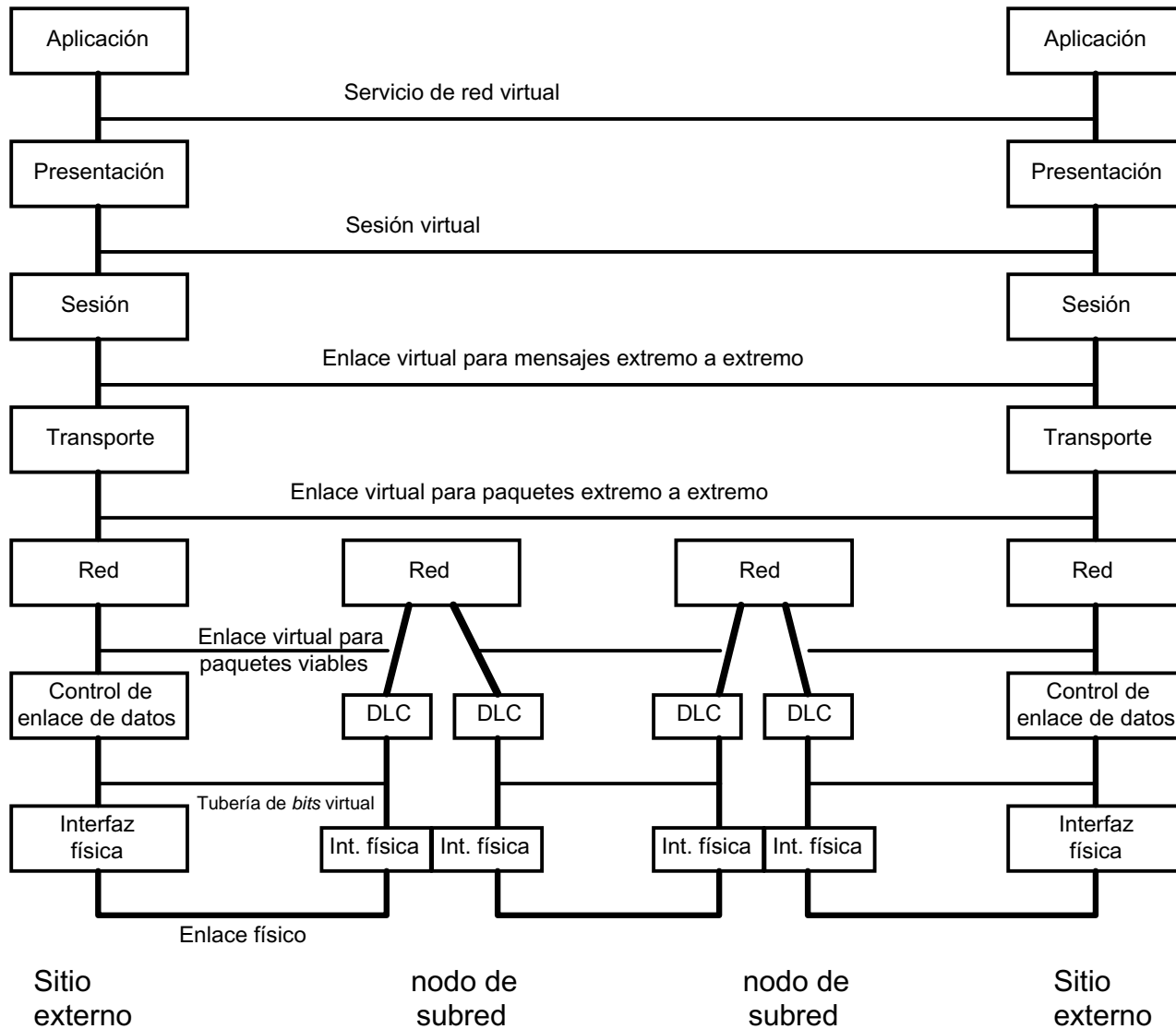
Servicio de red

Conmutación de circuitos	=>	Síncrona (p. ej.: voz)
Conmutación de paquetes	=>	Asíncrona (p. ej.: datos)
Circuitos virtuales	=>	Orientada a conexión
Datagramas	=>	No orientada a conexión

La conmutación de circuitos frente a la de paquetes

- ¿Se pueden utilizar las redes conmutadas por circuitos para el tráfico de datos?
- ¿Se pueden utilizar las redes conmutadas por paquetes para el tráfico orientado a conexión (p. ej.: voz)?
- Necesidad de mecanismos de QoS en las redes de paquetes:
 - Ancho de banda garantizado
 - Retardos garantizados
 - Variaciones en los retardos garantizadas
 - Tasa de pérdida de paquetes
 - Etc.

Modelo de referencia OSI de 7 capas



Capas

- **Capa de presentación:**
 - Realiza la conversión del código de caracteres, la encriptación y compresión de datos, etc.
- **Capa de sesión:**
 - Recibe el servicio virtual de mensajes extremo a extremo de la capa de transporte
 - Se encarga de la gestión de directorios, los derechos de acceso, las funciones de registro, etc.
- **Aquí la estandarización no se ha desarrollado totalmente ya que, desde la capa de transporte a la de aplicación, todas ellas corresponden al sistema operativo y no necesitan interfaces estándar.**
- **Pasamos a: la capa de transporte e inferiores**

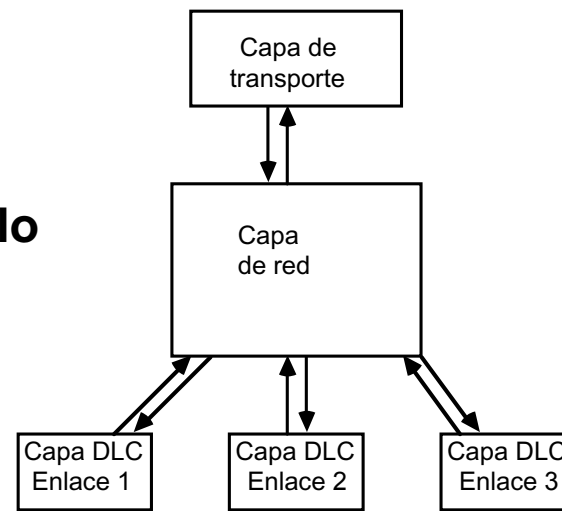
Capa de transporte

- **La capa de red proporciona un conducto virtual de paquetes extremo a extremo hacia la capa de transporte**
- **La capa de transporte proporciona a las capas superiores un servicio virtual de mensajes extremo a extremo**
- **Las funciones de la capa de transporte son:**
 - 1) Dividir los mensajes en paquetes y reajustar su tamaño para que sea válido para la capa de red**
 - 2) Multiplexar las sesiones con los mismos nodos de origen y destino**
 - 3) Reordenar los paquetes una vez llegados a su destino**
 - 4) Recuperar el sistema de errores y fallos**
 - 5) Proporcionar un control de flujo de extremo a extremo**

Capa de red

- El módulo de la capa de red acepta los paquetes que llegan de la capa de transporte y los paquetes en tránsito de la capa DLC
- Dirige cada paquete a su correspondiente DLC de salida o bien a la capa de transporte una vez que el paquete ha llegado a su destino
- Por lo general, la capa de red añade su propia cabecera a los paquetes que recibe de la capa de transporte. Esta cabecera contiene la información necesaria para dirigirlo (p. ej.: la dirección de destino)

Cada nodo contiene, por enlace, un módulo de capa de red más un módulo de capa de enlace

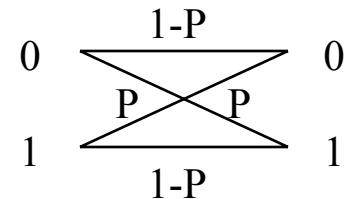


Capa de enlace

- **Responsable de la transmisión sin errores de paquetes a través de un único enlace:**
 - **Entramado (*Framing*):**
Determina el inicio y el fin de los paquetes
 - **Detección de errores:**
Determina qué paquetes contienen errores de transmisión
 - **Corrección de errores:**
Esquema de retransmisión (solicitud de repetición automática o ARQ)

Capa física

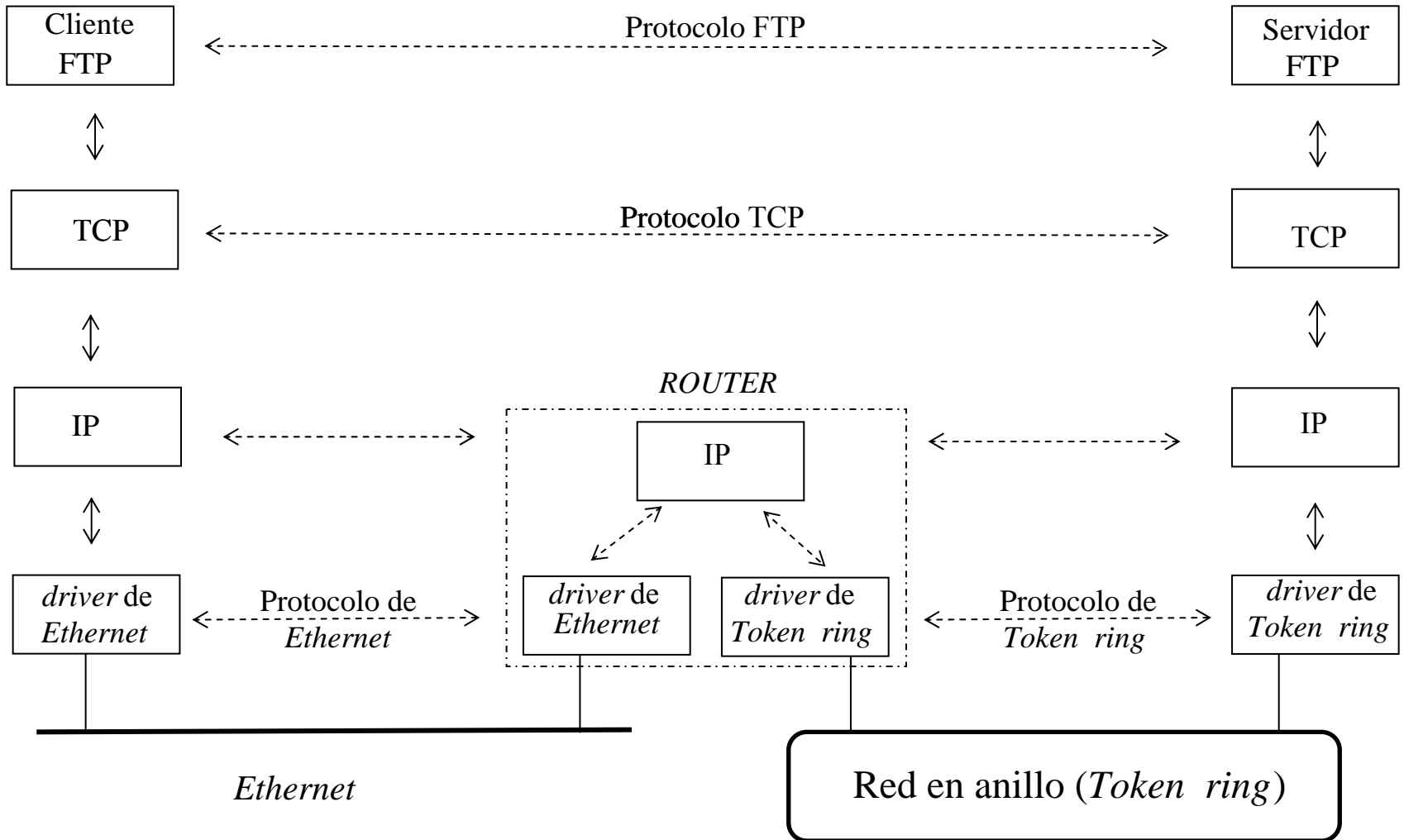
- Responsable de la transmisión de *bits* a través de un enlace
- Retardos de propagación:
 - Tiempo que tarda la señal en viajar desde el origen a su destino
La señal viaja aprox. a la velocidad de la luz, $C = 3 \times 10^8$ m/seg
 - Ej.:
 - Satelite LEO: $d = 1000$ km \Rightarrow 3,3 ms de retardo de propagación
 - Satelite GEO: $d = 40.000$ km \Rightarrow 1/8 seg de retardo de propagación
 - Cable de *Ethernet*: $d = 1$ km \Rightarrow 3 μ s de retardo de propagación
- Errores de transmisión:
 - Las señales experimentan una pérdida de intensidad debido a la atenuación
 - La transmisión se deteriora debido al ruido
 - Modelo de canal simple: canal simétrico binario
 - P = probabilidad de error de *bit*
 - Independiente de un *bit* a otro
 - En realidad, los errores de canal se suelen producir a ráfagas



Capa de Internet

- **Cuando se enlazan varias redes incompatibles es necesaria una subcapa entre la capa de transporte y la de red**
- **Esta subcapa se emplea en pasarelas entre redes diferentes**
- **Parece una capa de transporte hacia las redes enlazadas**
- **Es la responsable del enrutamiento y el control de flujo entre las redes, por lo que parece una capa de red para la capa de transporte de extremo a extremo**
- **En Internet, esta función se lleva a cabo mediante el protocolo de internet (IP):**
 - **A menudo, el protocolo IP se usa también como protocolo de la capa de red, por lo que sólo es necesario un protocolo**

Interconexión de redes con TCP/IP



Encapsulación

