



Arquitectura de Redes Sistemas y Servicios (2º cuatrimestre)

Profesor de teoría: Mikel Izal

mikel.izal@unavarra.es

<http://www.tlm.unavarra.es>

Tutorías: Lunes 17:30-19:30

Martes 10:30-12:30

Profesor de prácticas: Juan Ramón Cayón

<http://www.tlm.unavarra.es>

Profesor de teoría (1ºCuat) : Daniel Morató

<http://www.tlm.unavarra.es>



Avisos

- Comienzo de las prácticas de ARSS
- Comienzo de la asignatura optativa de tercer Laboratorio de Conmutación



ARQUITECTURA DE REDES, SISTEMAS Y SERVICIOS
Área de Ingeniería Telemática

Conmutación de paquetes

Area de Ingeniería Telemática
<http://www.tlm.unavarra.es>

Arquitectura de Redes, Sistemas y Servicios
3º Ingeniería de Telecomunicación

Basadas en el material docente de Lawrie Brown sobre el libro de
William Stallings (Data and Computer Communications)



Temario

1. Introducción
2. Protocolos y arquitectura
3. Redes de área local
4. Protocolos de Internet
5. Conmutación de paquetes
6. Conmutación de circuitos
7. Gestión de recursos en conmutadores
8. Protocolos de control de acceso al medio



Temario

1. Introducción
2. Protocolos y arquitectura
3. Redes de área local
4. Protocolos de Internet
- 5. Conmutación de paquetes**
 - Principios
 - Problemas básicos
 - Encaminamiento
 - Transporte fiable
 - Control de flujo
 - Control de congestión
6. Conmutación de circuitos
7. Gestión de recursos en conmutadores
8. Protocolos de control de acceso al medio

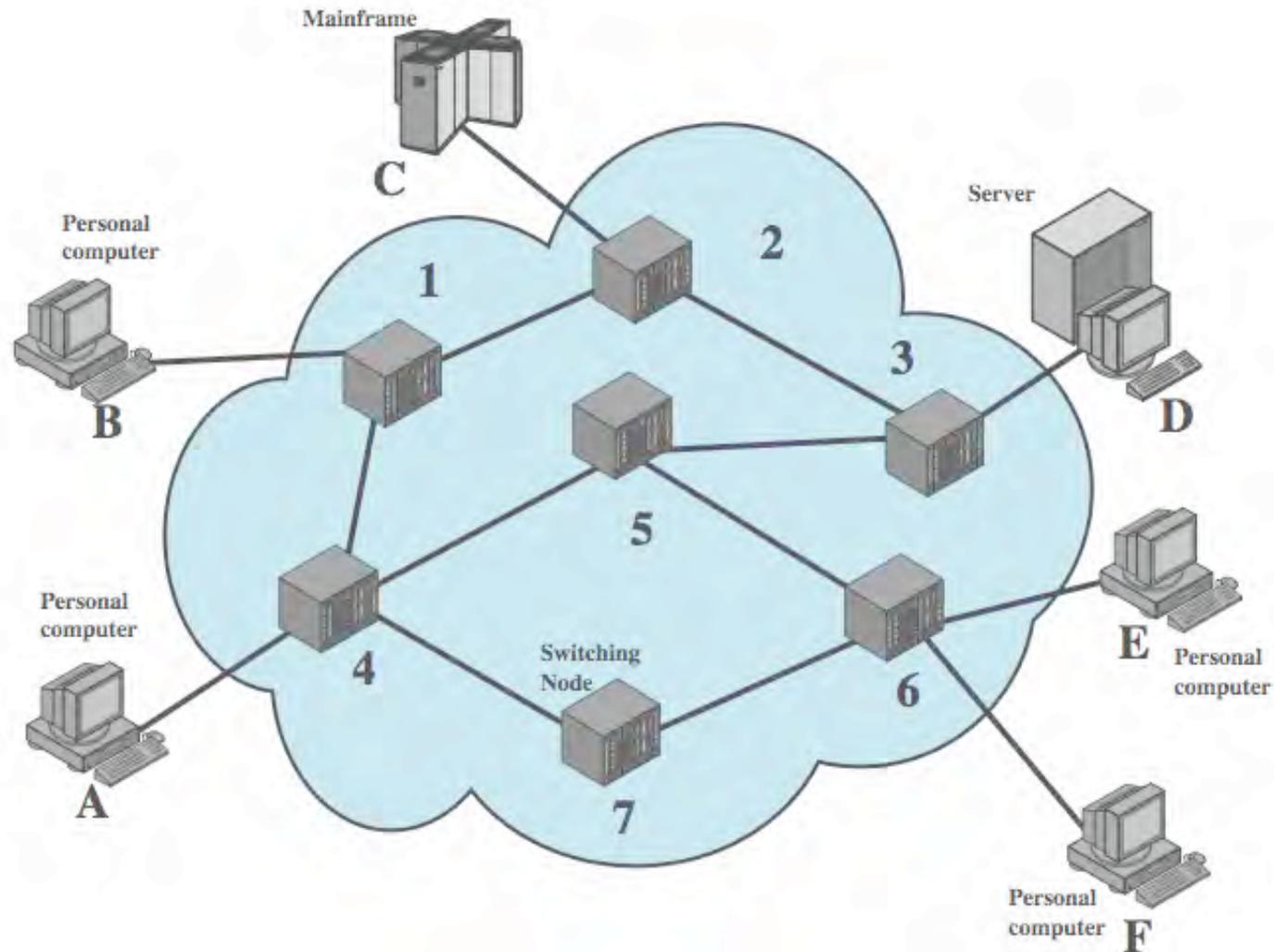


Hoy

- Principios básicos de conmutación de paquetes
 - Conmutación de circuitos
 - **Conmutación de paquetes**
 - Circuitos virtuales
 - Datagramas
- Problemas básicos en conmutación de paquetes



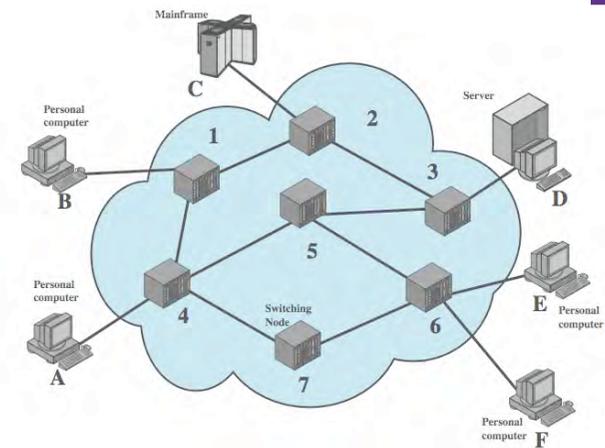
Red de comunicaciones





Nodos

- Red de comunicaciones: conjunto de nodos y enlaces
- Los nodos pueden estar conectados a otros nodos y a estaciones finales
- Red parcialmente conectada
 - Es bueno tener enlaces redundantes
- Dos tipos de conmutación
 - **Conmutación de circuitos**
 - **Conmutación de paquetes**





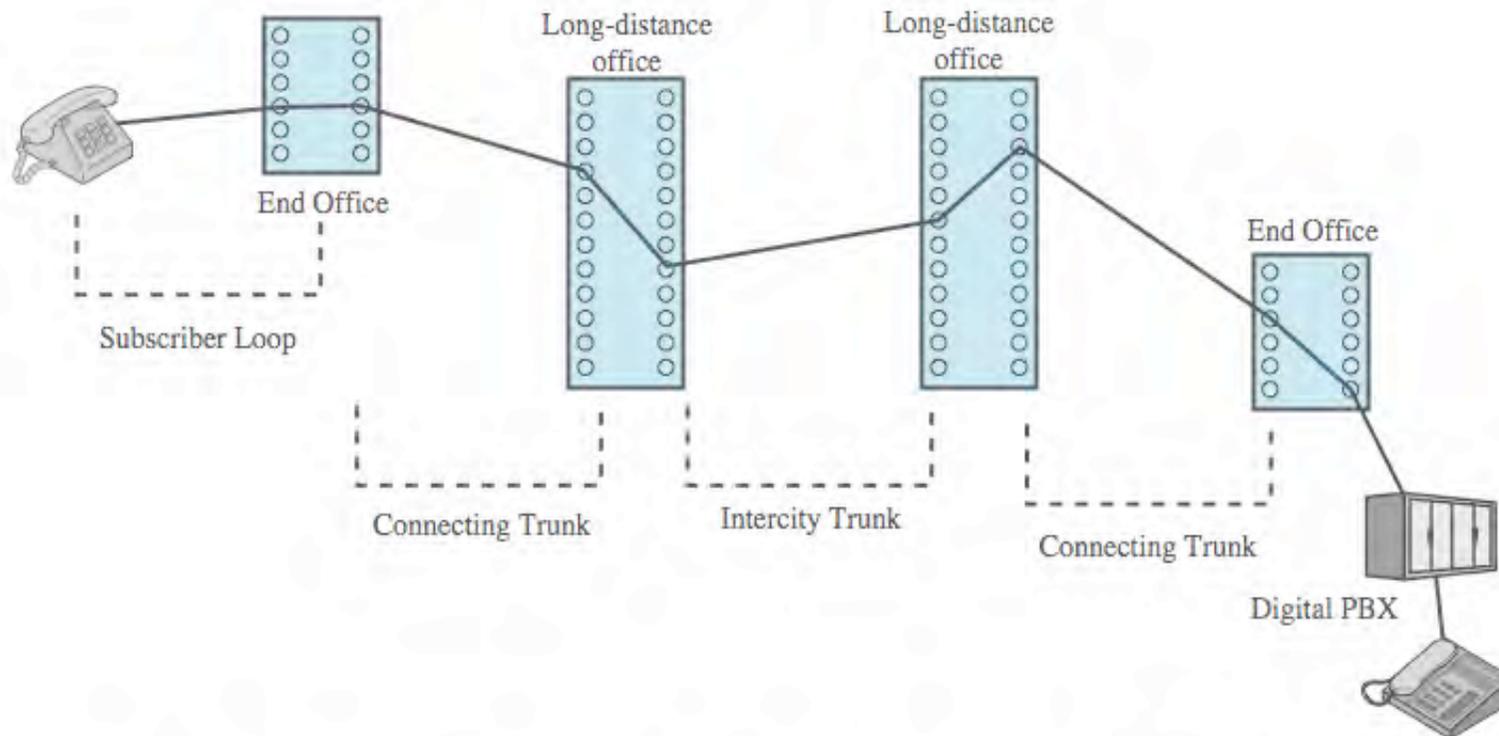
Conmutación de circuitos

- Camino dedicado entre estaciones finales
- Tres fases
 - Establecimiento
 - Transferencia
 - Desconexión
- Ineficiente
 - Capacidad del canal dedicada durante la vida del “circuito”
 - Si no se envían datos la capacidad se desperdicia
- El establecimiento lleva tiempo (normalmente del orden del tiempo de ida y vuelta (RTT) entre las estaciones finales)
- Una vez establecido la comunicación es transparente



Conmutación de circuitos

Caso típico: red telefonica conmutada



Más en profundidad en unas semanas

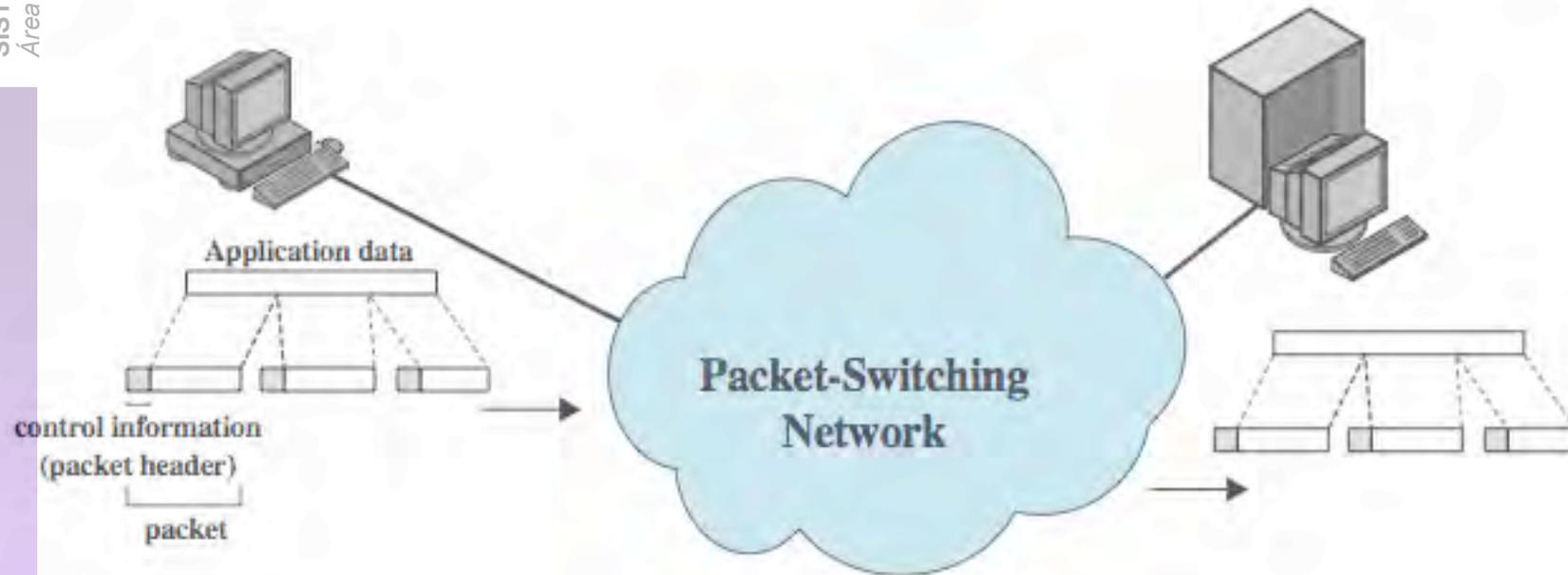


Conmutación de paquetes

- Conmutación de circuitos diseñada para voz
- Conmutación de paquetes diseñada para datos
- Transmisión en bloques de datos pequeños (paquetes)
- Los paquetes contienen **datos de usuario e información de control**
 - Los datos de usuario pueden ser parte de un mensaje más grande
 - La información de control incluye información de encaminamiento (dirección destino)
- Los paquetes se reciben, se almacenan brevemente y se envían al siguiente nodo (store and forward)



Conmutación de paquetes





Ventajas

- Eficiencia de línea (o de canal)
 - El mismo enlace es compartido por paquetes de diferentes comunicaciones a lo largo del tiempo (la capacidad no se desperdicia, si hay algo que transmitir se transmite)
 - Los paquetes se almacenan y se transmiten a la máxima velocidad posible
- Conversión de velocidad
 - Las estaciones se conectan a los nodos a su propia velocidad
 - Los nodos almacenan los paquetes si es necesario para igualar la velocidad
- Los paquetes se aceptan incluso cuando la red esta ocupada
- Se pueden usar prioridades y sistemas para diferenciar calidades de servicio



Técnicas de conmutación

- Las estaciones dividen los datos a enviar en paquetes
- Los paquetes se envían de uno en uno a la red
- La red puede tratar los paquetes de dos formas
 - datagramas
 - circuitos virtuales



Red de datagramas

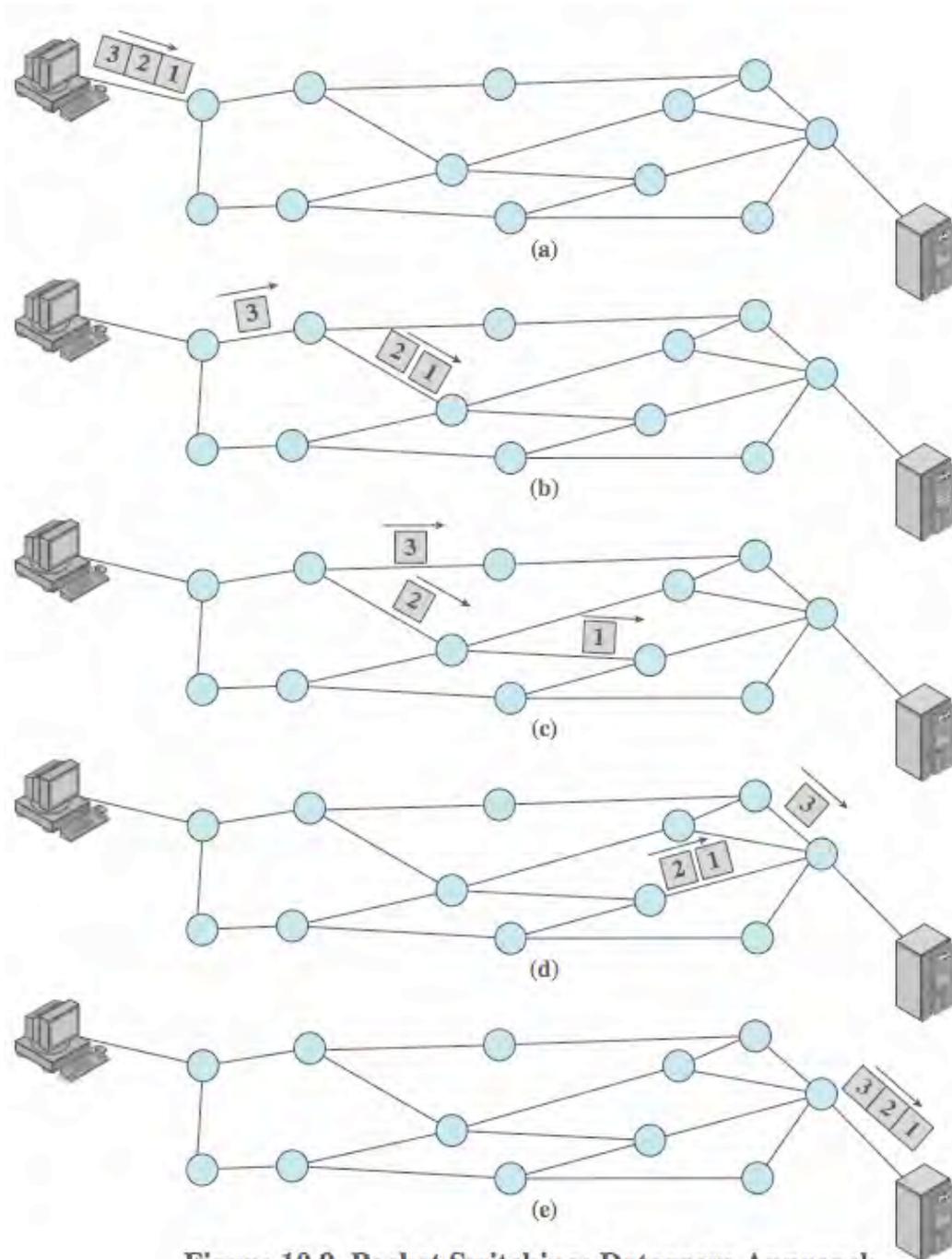


Figure 10.9 Packet Switching: Datagram Approach



Red de circuitos virtuales

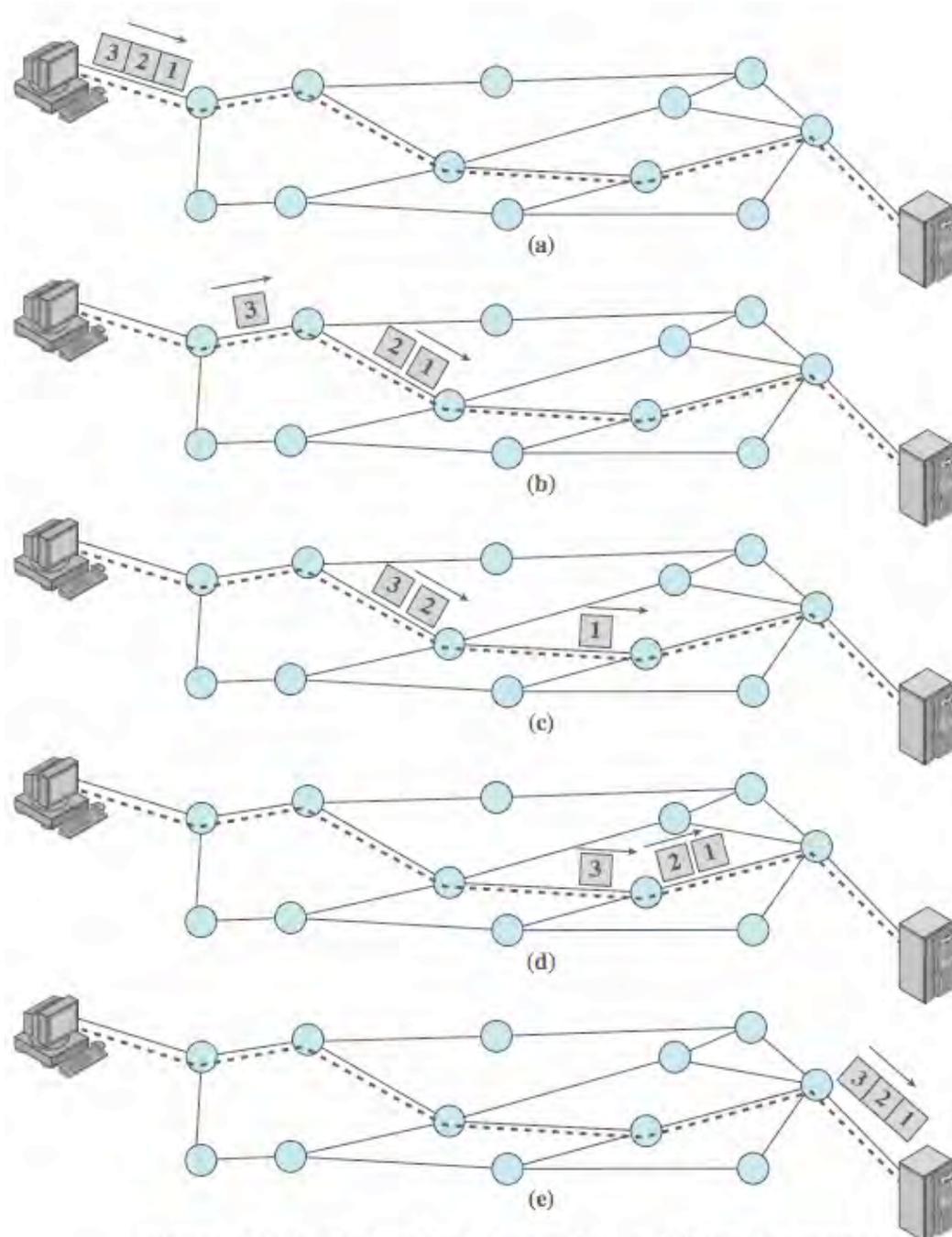


Figure 10.10 Packet Switching: Virtual-Circuit Approach



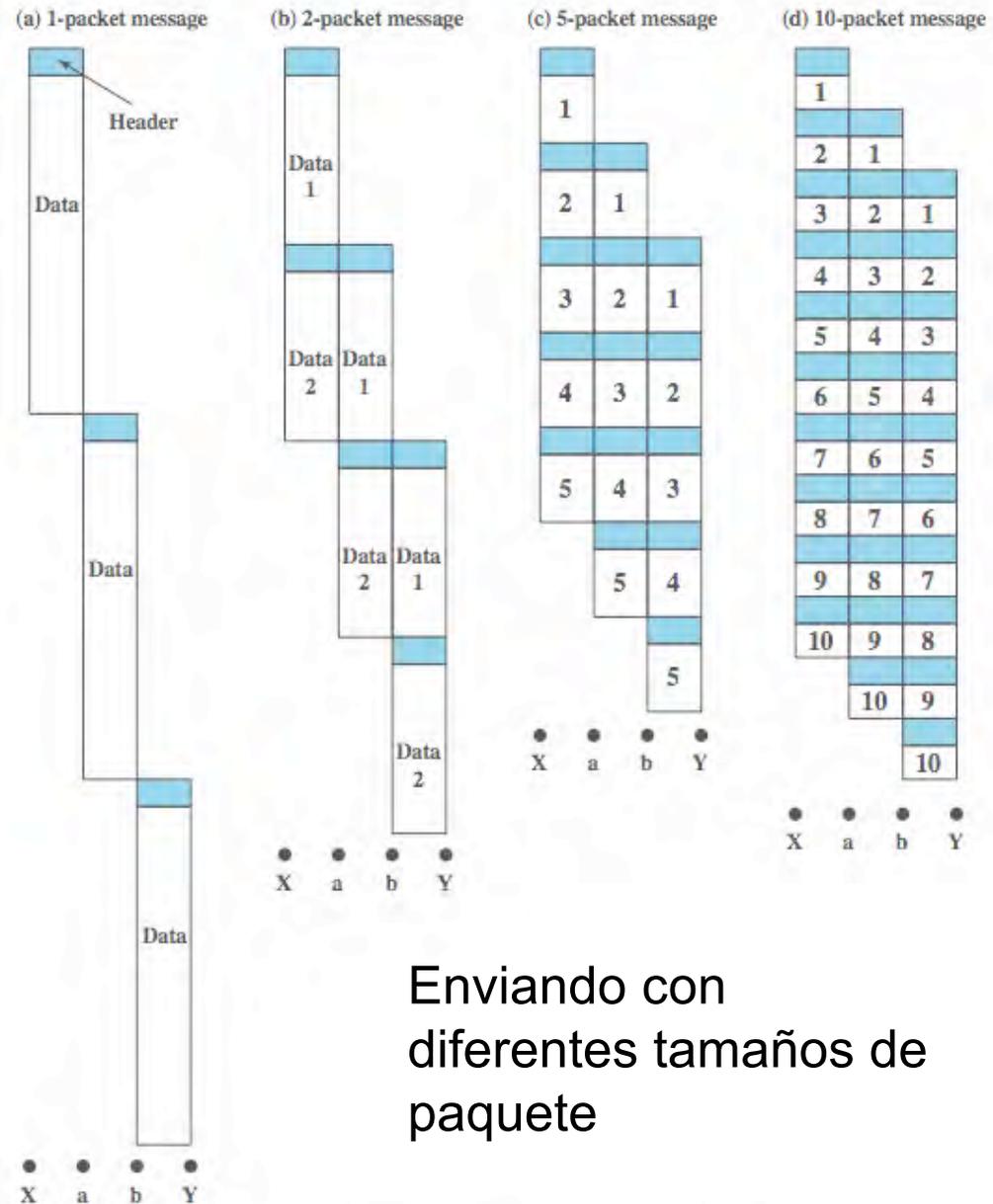
Circuitos virtuales y datagramas

- Circuitos virtuales
 - La red puede proporcionar entrega en orden y control de errores
 - Los paquetes se reenvían más rápido (hay que pensar menos por cada paquete)
 - Menos fiabilidad de la red (es más difícil adaptarse a que caiga un enlace)
- Datagramas
 - No hay establecimiento de circuito
 - Más flexible
 - Más fiable



Tamaño de paquete

- Mayor tamaño
 - Menos cabeceras, mas eficiencia
- Menor tamaño
 - Menos tiempo a esperar por almacenar y reenviar (store and forward)



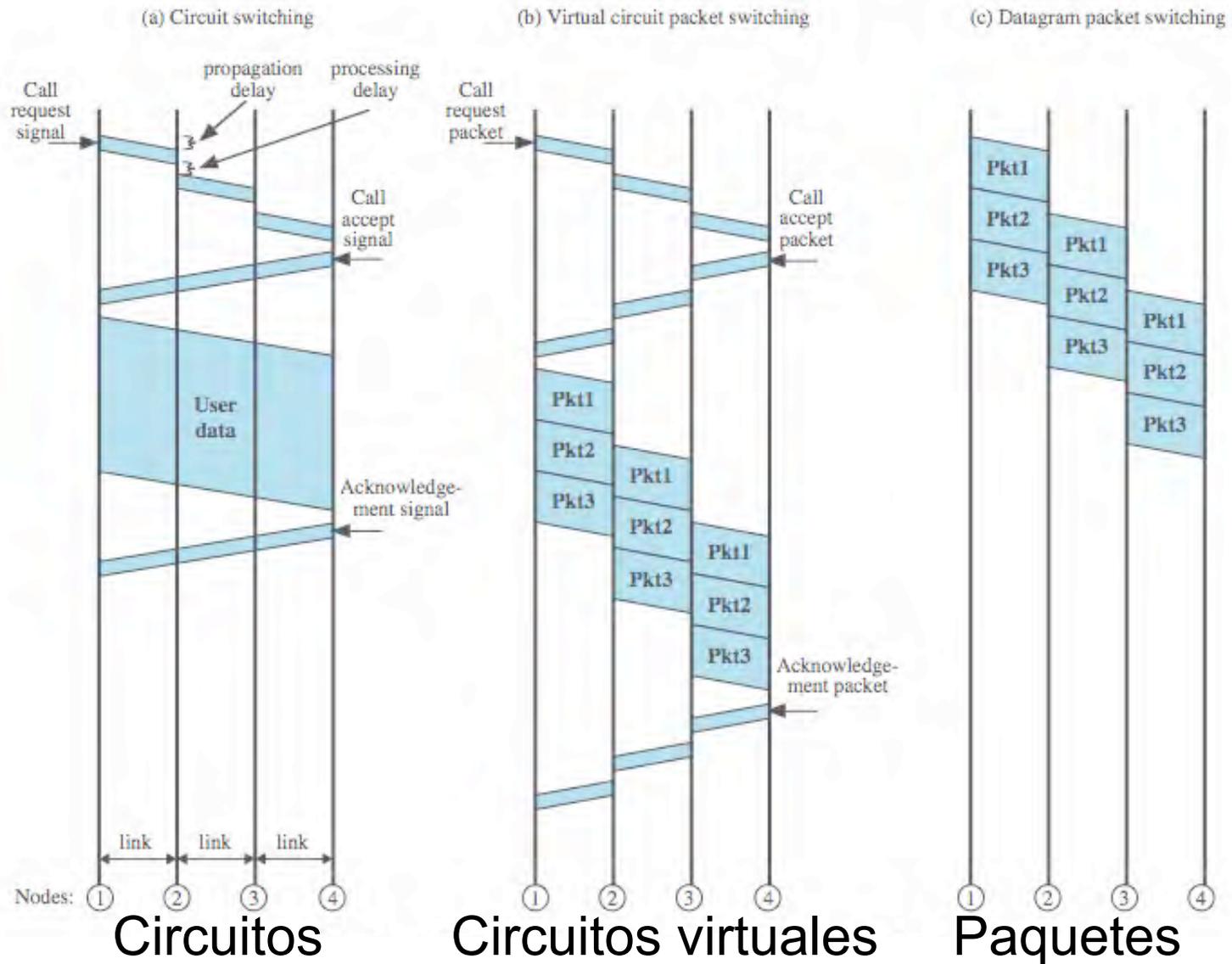


¿Circuitos o Paquetes?

- Las prestaciones dependen de varios factores
 - Tiempo de propagación
 - Tiempo de transmisión
 - Tiempo de proceso del nodo
- Muchas otras características:
 - transparencia
 - cantidad de overhead
 - Fiabilidad y robustez
 - Simplicidad de la arquitectura
 - ...



Tiempos





Implementaciones reales

- Conmutación de circuitos:
 - Red Telefónica Básica (RTB)
 - Red Digital de Servicios Integrados (RDSI)
- Conmutación de paquetes (circuitos virtuales)
 - X.25
 - Frame Relay (conmutación de paquetes asociada a RDSI)
 - ATM
- Conmutación de paquetes (datagramas)
 - IP, IPX, CLNP



Problemas de redes de circuitos

- **Encaminamiento**

Cuando se pide a la red establecer una llamada. A partir de la dirección de destino debo decidir por donde reservar enlaces desde el origen al destino.

- **Bloqueo**

Si en algún punto la llamada necesita recursos no disponibles la llamada no se establecerá y el usuario no recibe servicio.

Hay que diseñar las redes de circuitos para que el bloqueo no se produzca o tenga una probabilidad baja



Problemas de redes de paquetes

- **Encaminamiento**

Por cada paquete que debe reenviar un nodo debe decidir a por que camino reenviarlo (a que vecino entregárselo)

No hay bloqueo, la red acepta todos los paquetes. Nuevos problemas:

- **Transporte fiable**

¿que pasa si un paquete no se entrega?

- **Control de flujo**

¿qué pasa si llega un paquete a un destino que esta muy ocupado para aceptarlo?

- **Congestión**

¿qué pasa si la red está aceptando demasiados paquetes y el retardo de entrega crece demasiado?



Transporte fiable

- Los paquetes reenviados por los nodos pueden perderse
 - Porque se produzcan errores físicos de transmisión (se detecta con checksums y códigos redundantes)
 - Porque en un momento dado un nodo no tenga memoria para almacenar el paquete mientras decide a donde lo envía
- ¿Es responsabilidad de la red de paquetes recuperar el paquete? Opciones:
 - Dejar que recupere las pérdidas otro nivel. La red no garantiza entrega
 - Garantizar entrega



Transporte fiable

Técnicas para lograr transporte fiable

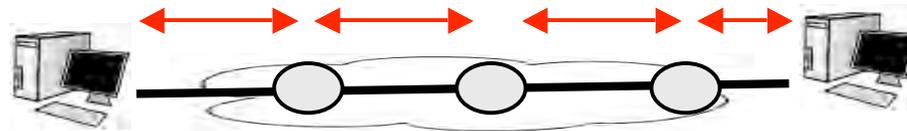
- Detección de errores:
 - Añadir redundancia para descubrir errores
- Detección de pérdidas:
 - Añadir números de secuencia de los datos para detectar huecos (y de paso desorden)
- Realimentación hacia el emisor
 - Enviar paquetes de confirmación (ACK) o de informe de errores (NACK) para que el origen actúe en consecuencia
- Reenvío
 - El emisor deberá reenviar los paquetes que se hayan perdido o recibido mal
 - Almacenar los paquetes que ha enviado hasta que este seguro de que han sido recibidos



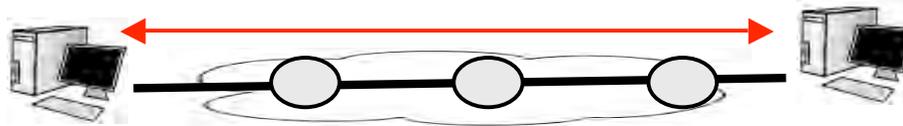
Transporte fiable

¿Quién es el emisor y el receptor?

- En cada salto
 - En cada salto me aseguro que todo llega hasta el otro lado?



- Extremo a extremo
 - Los extremos inicial y final se aseguran de que todo llega hasta la salida

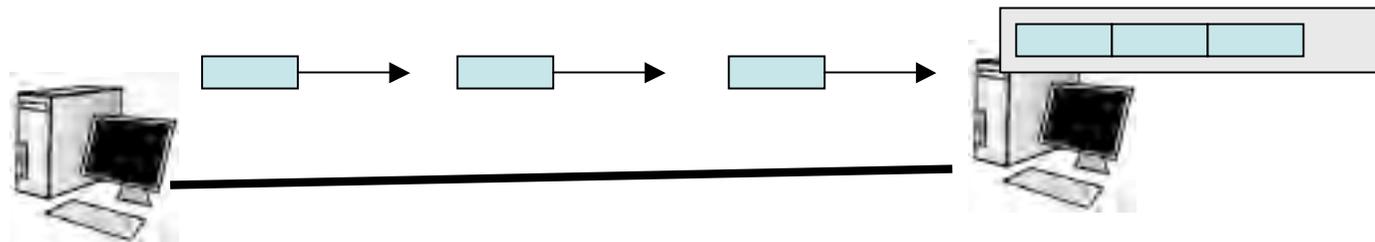


- Fuera de la red
 - La red no ofrece el servicio de entrega fiable pero los niveles superiores pueden hacerlo
- ¿Cuál es mejor?
- ¿Cuál de estos usa Internet?
- Más dentro de unas semanas



Control de flujo

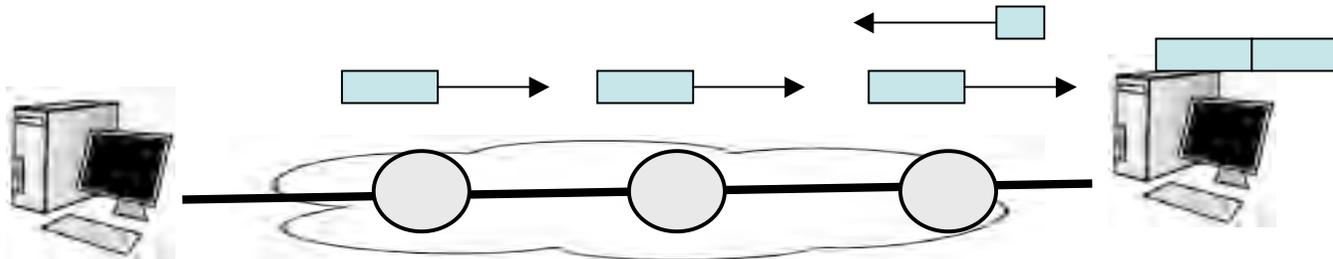
- En un enlace con un emisor y un receptor
 - El enlace puede ser capaz de aceptar datos a cierta velocidad
 - El receptor puede ser capaz de consumir los datos a menos velocidad
- Control de flujo: mecanismos para que el emisor no sature al receptor (realimentación hacia el emisor: listo/nolisto, indicación de espacio, ventanas deslizantes)
- Esto es conocido de Transmisión de Datos, control de flujo en el nivel de enlace





Control de flujo

- Y en el nivel de red? Dos aproximaciones
 - Lazo abierto (Open loop)
Negociación previa con la red de que es lo que voy a mandar (más típica de circuitos virtuales)
 - Lazo cerrado (Closed loop)
Realimentación desde el receptor que controle la velocidad de envío del emisor
Mismas técnicas que en el nivel de enlace pero hechas extremo a extremo o nodo a nodo.

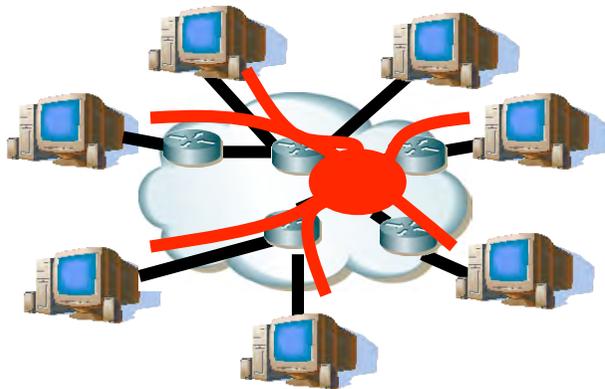


- Que hace Internet?
= tercera opción no resuelve el problema que lo resuelva otro nivel



Control de congestión

- Uno de los problemas más difíciles de redes de datos
- La combinación de fuentes y los destinos en un momento dado del tráfico pueden hacer que la red no sea capaz de cursar tanto tráfico a pesar de que todos los destinos pueden aceptar los datos
- Sería el equivalente al bloqueo pero como se aceptan todos los paquetes no podemos detectarlo
- En esas condiciones se pierden paquetes lo que provoca retransmisiones que generan más tráfico el tiempo de entrega crece y se producen más pérdidas lo que provoca más retransmisiones... la eficiencia tiende a cero



Se resolvería si las fuentes se controlan y no envían demasiado de prisa pero ¿cómo pueden saber que las pérdidas son debidas a congestión?



Control de congestión

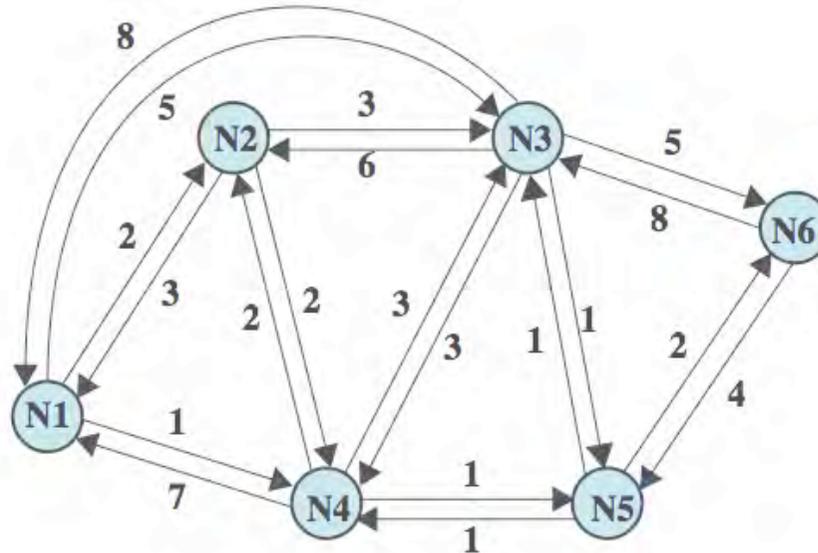
- Aproximaciones para resolverlo
 - Control de congestión asistido por la red
Los nodos que ven congestión envían realimentación hacia los emisores que los están saturando (más propio de circuitos virtuales)
 - Control de congestión extremo a extremo
Los emisores intentan estimar si hay congestión y auto regularse para no enviar demasiado

- ¿Qué hace Internet?
Lo deja al nivel de transporte también (TCP trata de auto regularse)



Encaminamiento

- Encontrar el camino para un paquete que va al destino de dirección D
- Problema matemático de encontrar caminos en un grafo

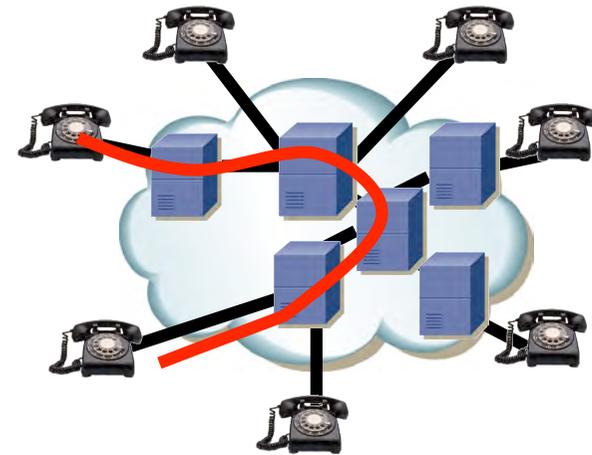


- ¿Es suficiente con eso?



Encaminamiento

- Llega a la red una llamada (encaminamiento de circuitos)
- Hay que buscar camino para llegar hasta el destino
- Un ente central decide que camino hay que usar y le dice a cada uno de los nodos que recursos debe reservar para la llamada
- El ente central conoce toda la red y puede decidir. Tiene que tomar tantas decisiones por segundo como llamadas por segundo lleguen
- Aceptable para conmutación de circuitos
- El problema es como comunicar a cada centralita con el que toma las decisiones



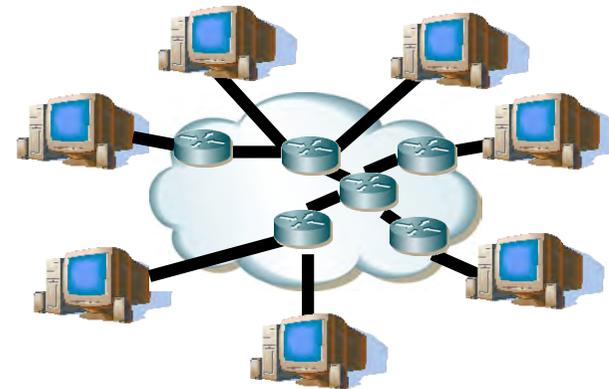
Encaminador



Encaminamiento

- En conmutación de datagramas hay una decisión de encaminamiento por cada paquete
- No da tiempo a usar un ente central
- El encaminamiento tiene que decidirse en cada nodo
 - Puedo conseguir que todos los nodos conozcan toda la red?
 - Puedo tomar la decisión de por donde enviar sin conocer toda la red?

- Más difícil que en conmutación de circuitos
- Y en redes de circuitos virtuales?





Más difícil todavía

- Hasta ahora (Enrutamiento, Congestion...) consideraban a todos los paquetes iguales
 - Se puede tener en cuenta que los paquetes tengan diferentes tratamientos
 - A la hora de descartar paquetes en los nodos si la memoria escasea
 - A la hora de informar con control de congestión a unas u otras fuentes de que no envíen tanto
 - A la hora de decidir si un circuito virtual puede o no puede establecerse
 - ...
 - Según los paquetes pertenezcan a una clase
 - Por su dirección de origen (dar mas prioridad a los que paguen más? Network neutrality?)
 - Por la aplicación de usuario a la que pertenezcan (las aplicaciones de voz tengan preferencia sobre las descargas de grandes ficheros?)
 - ...
 - Añadir a las arquitecturas anteriores calidad de servicio
- En general ya es bastante difícil que funcionen sin calidad de servicio, estos son temas más de investigación



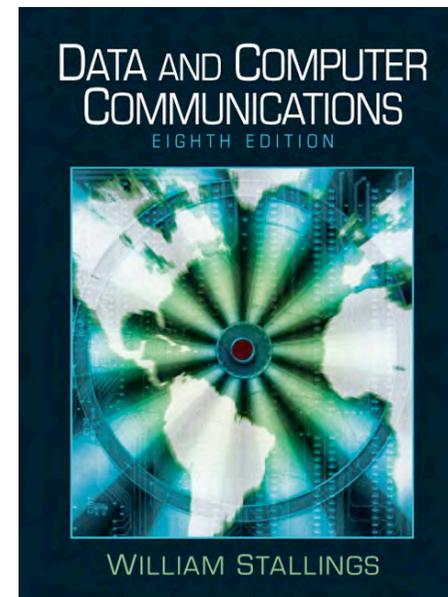
Bibliografía

- Material de esta clase y de las de enrutamiento en el libro

W. Stallings,

Data and Computer Communications

Temas: 10 y 12





Conclusiones

Conceptos de:

- Conmutación de paquetes y circuitos, ventajas y desventajas
- Circuitos virtuales y datagramas

Principales problemas que deben resolverse en las redes de conmutación de paquetes:

- Enrutamiento
- Transporte fiable
- Control de flujo
- Control de congestión
- Próximas clases:
 - Más sobre encaminamiento en redes de paquetes