

¿Porqué redes a un ingeniero de Sistemas?

El ingeniero necesita conocer las tecnologías que permiten la interconexión de las computadoras y sus fundamentos generales.

Es importante poder tomar en cuenta a la hora de diseñar e implementar un sistema la red sobre la cual el sistema estará trabajando

OBJETIVOS

- Alcanzar un alto nivel de comprensión del modelo de referencia ISO/OSI, de las redes TCP/IP y la Internet.
- Comprender la necesidad y utilidad del nivel de transporte en las arquitecturas de comunicaciones y conocer las técnicas y protocolos más comúnmente utilizados en él.
- Comprender la estructura y funcionalidad del nivel de aplicación, así como la arquitectura y protocolos de las aplicaciones distribuidas más extendidas.

CLASES y LABORATORIOS

- Teoría:
 - Lunes y martes 11:00 a.m. a 1:00 p.m.
- Prácticas:
 - Viernes 11:00 a.m. a 2:00 p.m.

EVALUACIÓN

Serán evaluados los siguientes aspectos:

- Asistencia
- Participación en clase
- Evaluación del conocimiento teórico a través de pruebas parciales escritas
- Evaluación del conocimiento práctico a través de prácticas de laboratorio
- Evaluación del conocimiento práctico a través de una prueba en el laboratorio al final del semestre.

BIBLIOGRAFÍA

El material de estas clases está basado en las láminas realizadas por J. Kurose y K. Ross a quienes agradecemos ponerlas a disposición del público en general

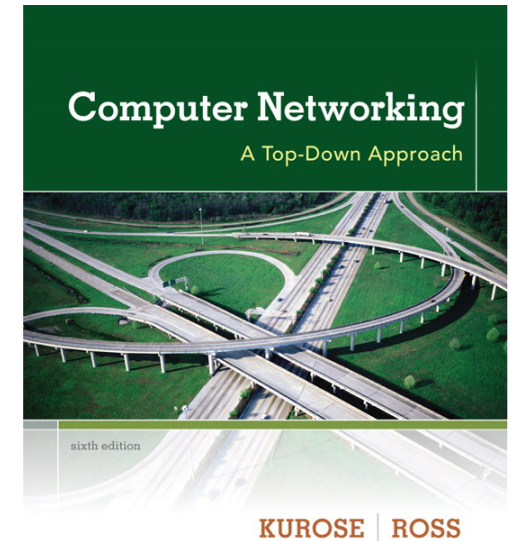
Computer Networking: A Top Down Approach

6th edition

Jim Kurose, Keith Ross

Addison-Wesley

March 2012



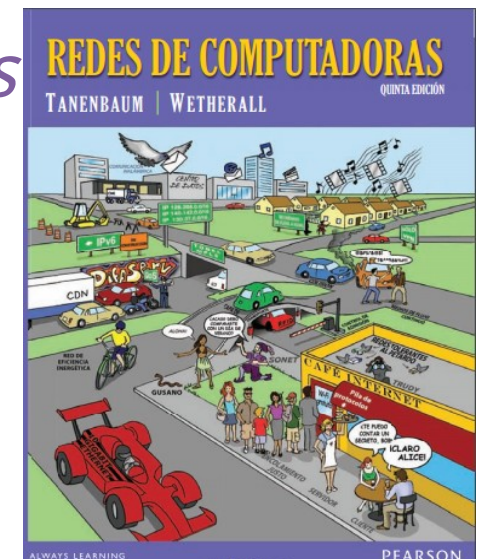
Redes de computadoras

quinta edición

Tanenbaum, Wetherall

Pearson

México 2012



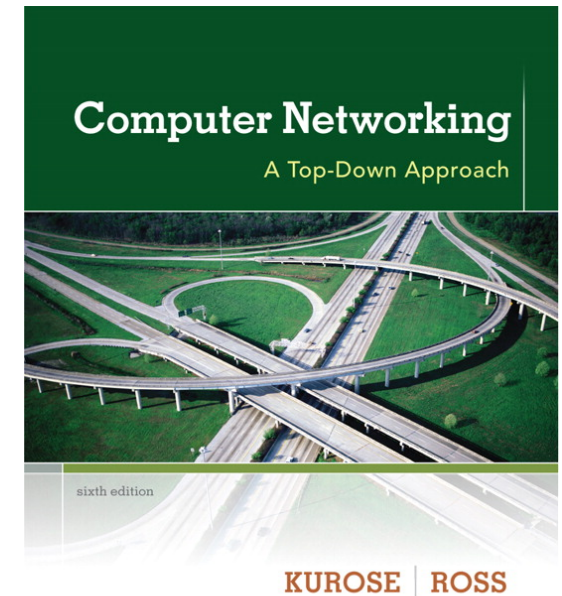
Capítulo 1

Introducción

Estas clases son tomadas de Kurose y Ross

Gracias a Kurose y Ross que pusieron este material libre

La traducción y adaptación es de Alejandra Stolk para la materia Redes de Computadoras



*Computer
Networking: A
Top Down
Approach*

6th edition

Jim Kurose, Keith
Ross

Addison-Wesley
March 2012

All material copyright 1996-2012

© J.F Kurose and K.W. Ross, All Rights Reserved

Capítulo 1: la ruta

1.1 ¿Qué es la Internet?

1.2 Red de acceso

Equipos finales, redes de acceso, enlaces

1.3 Red troncal

Conmutación de paquetes, conmutación de circuitos, estructura de la red

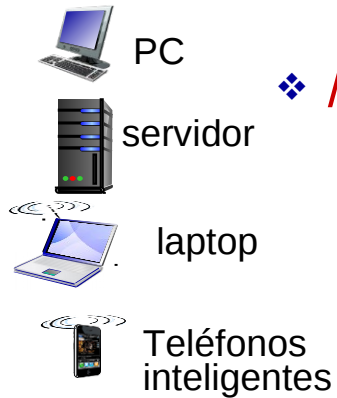
1.4 Retardo, pérdidas, rendimiento de la red

1.5 Capas de protocolos, modelos de servicio

1.6 Redes bajo ataque: seguridad

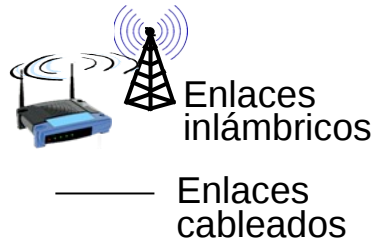
1.7 Historia

¿Qué es la Internet?



❖ *Millones de equipos conectados:*

- *hosts = sistemas finales*
- *ejecutando apps basadas en red*

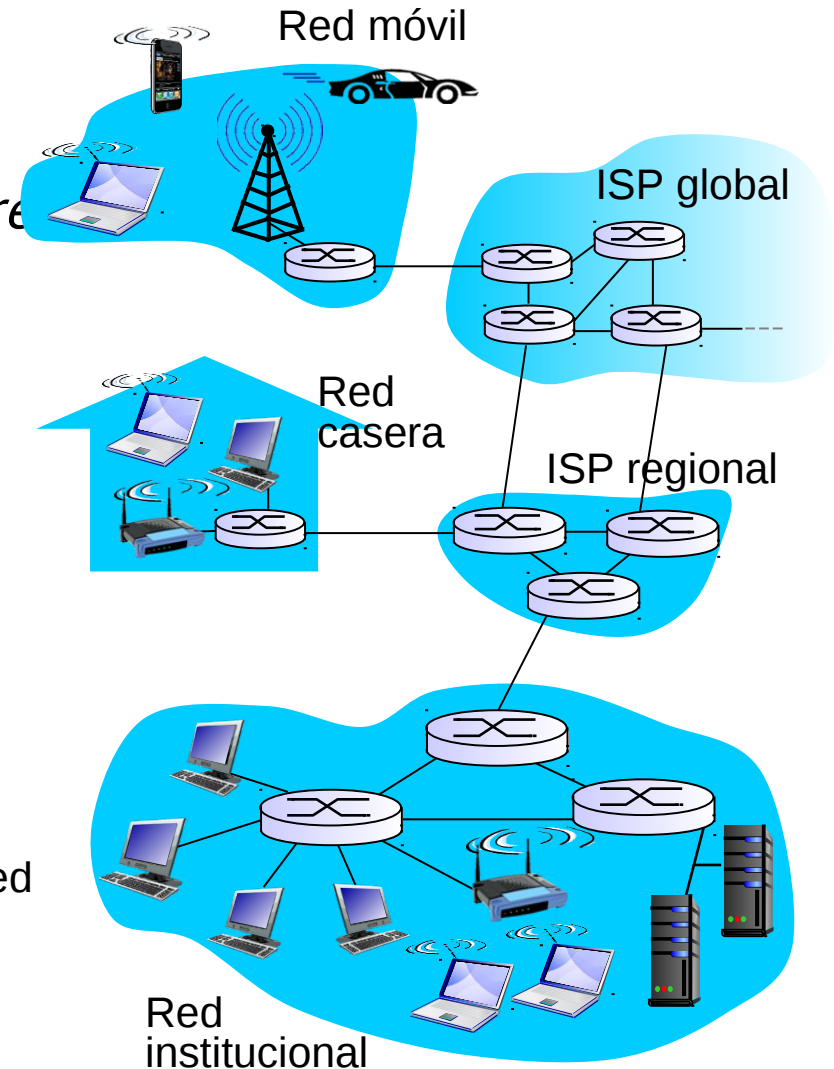


❖ *Enlaces de comunicación*

- fibra, cobre, radio, satélite
- Tasa de transmisión:
ancho de banda

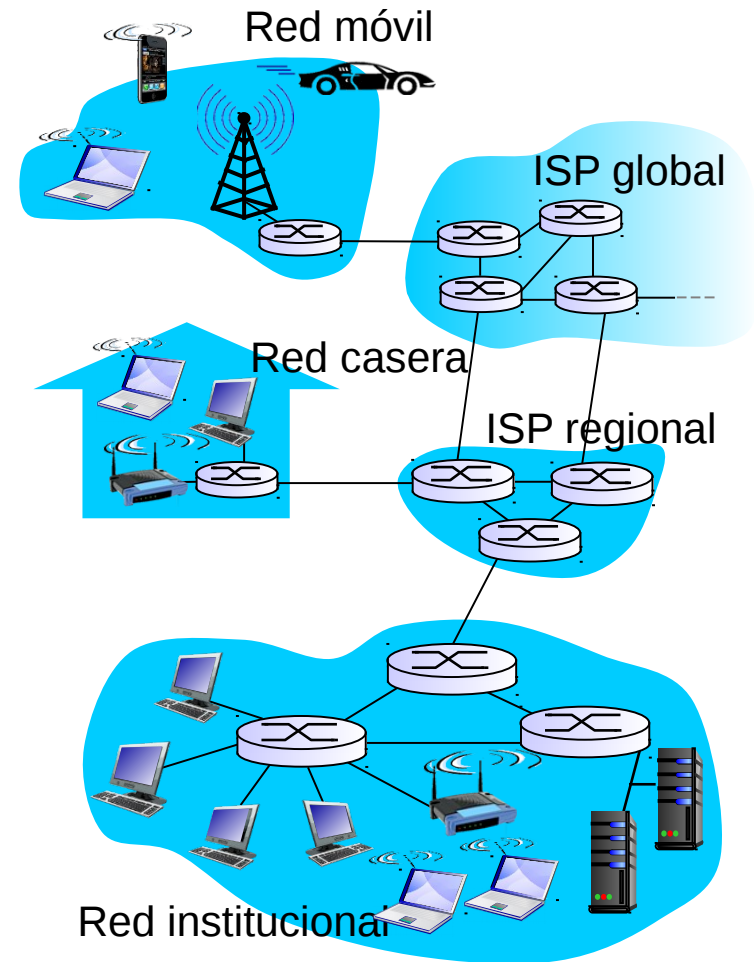
❖ *Conmutadores de paquetes:*

- envía paquetes a través de la red
- enrutadores y conmutadores



¿Qué es la Internet?: punto de vista de las “tuercas y tornillos”

- ❖ *Internet: “la red de redes”*
 - ISPs interconectados
- ❖ *Protocolos* control de envío y recepción de mensajes
 - e.g., TCP, IP, HTTP, Skype, 802.11
- ❖ *Estándares de Internet*
 - RFC: Request for comments
 - IETF: Internet Engineering Task Force



¿Qué es la Internet?: una visión de servicios

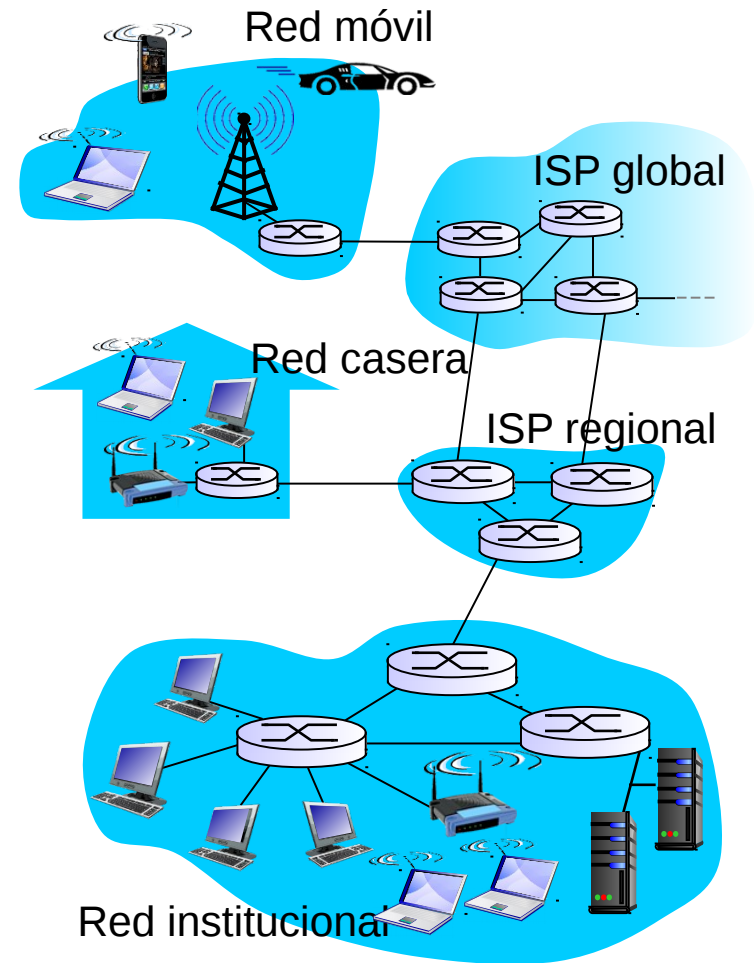
❖ *Infraestructura de servicios (proveer servicios para las aplicaciones):*

- Web, VoIP, correo electrónico, juegos, comercio electrónico, redes sociales, ...

❖ *Proveer interfaces de programación para las aplicaciones*

Tomas que permiten enviar/recibir información a las aplicaciones y conectarse al Internet

- Provee opciones de servicios análogos a los servicios postales



¿Qué es un protocolo?

Protocolos humanos:

- ❖ "¿Qué hora es?"
 - ❖ "Tengo una pregunta"
 - ❖ presentaciones
- ... mensajes específicos son enviados
- ... acciones específicas son tomadas cuando se recibe un mensaje, u otros eventos

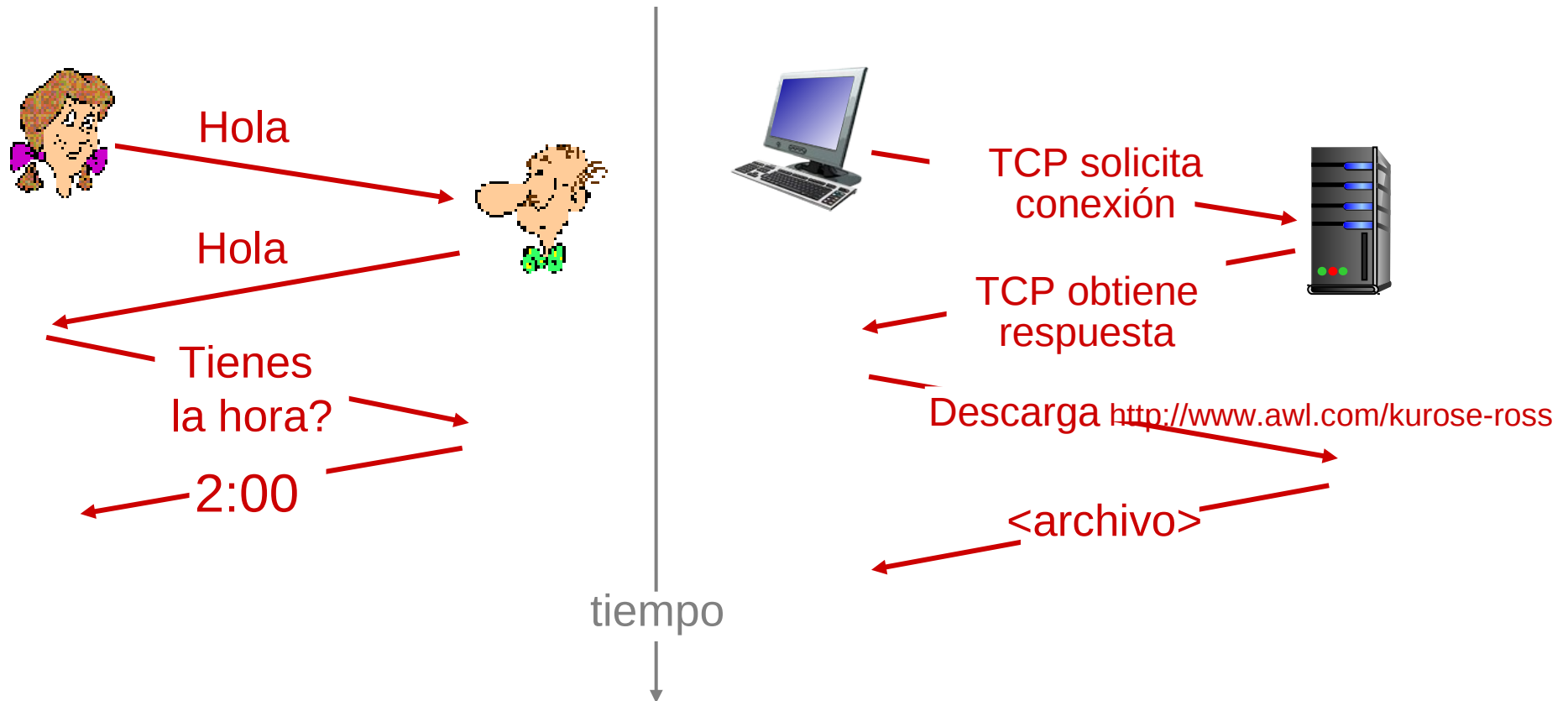
Protocolos de red:

- ❖ Máquinas en lugar de humanos
- ❖ Todas las actividades de comunicación son gobernadas por protocolos hechos para la Internet

Los protocolos definen el formato, el orden los mensajes se envían y reciben entre entidades de la red, acciones son tomadas cuando los mensajes son transmitidos, enviados o recibidos

¿Qué es un protocolo?

Un protocolo humano y protocolo de red:



Q: otros protocolos humanos?

Capítulo 1: la ruta

1.1 ¿Qué es la Internet?

1.2 Red de acceso

- Equipos finales, redes de acceso, enlaces

1.3 Red troncal

- Conmutación de paquetes, conmutación de circuitos, estructura de la red

1.4 Retardo, pérdidas, rendimiento de la red

1.5 Capas de protocolos, modelos de servicio

1.6 Redes bajo ataque: seguridad

1.7 Historia

Una mirada de cerca a la estructura de la red:

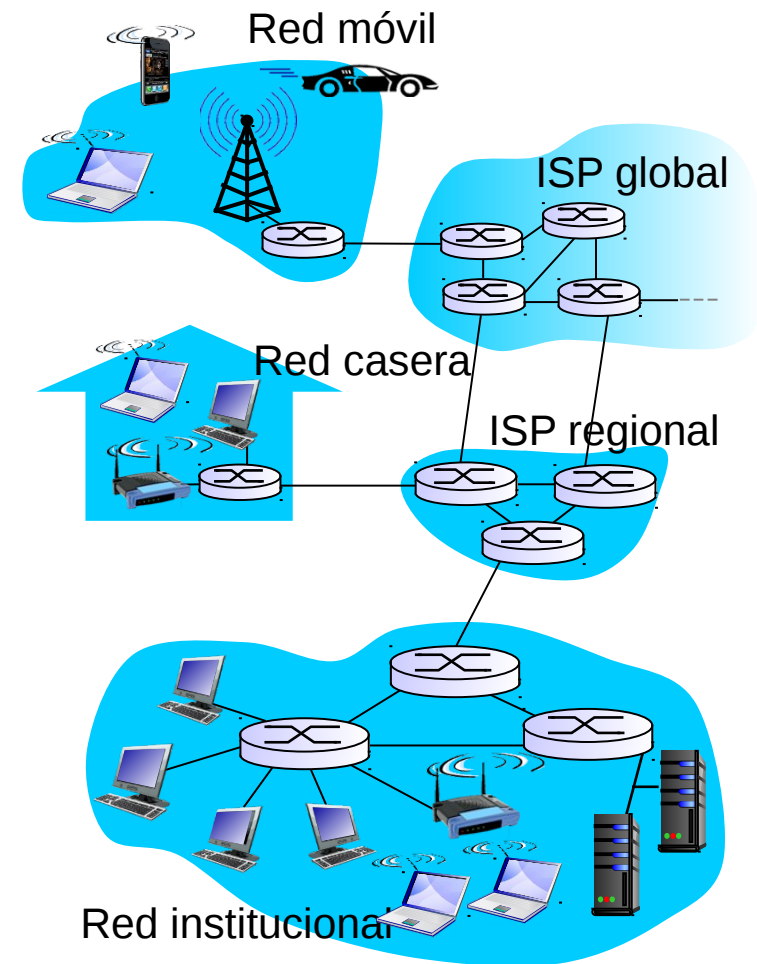
❖ *Redes de acceso:*

- Equipos: Clientes y servidores
- Servidores en centros de datos

❖ *Redes de distribución y medios físicos:* cableado, inalámbrico, enlaces de comunicación

❖ *Redes troncales:*

- Enrutadores interconectados
- Redes de redes



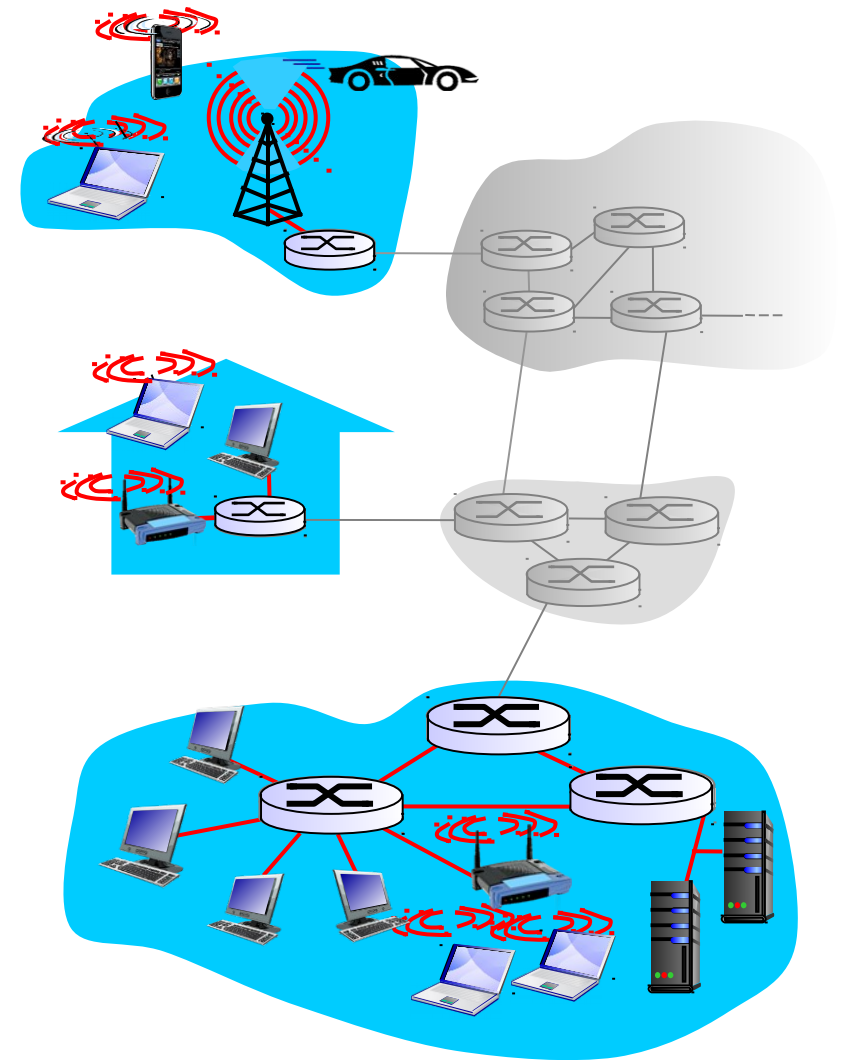
Redes de acceso y medios físicos

Q: Cómo conectar sistemas y usuarios finales a la red de acceso?

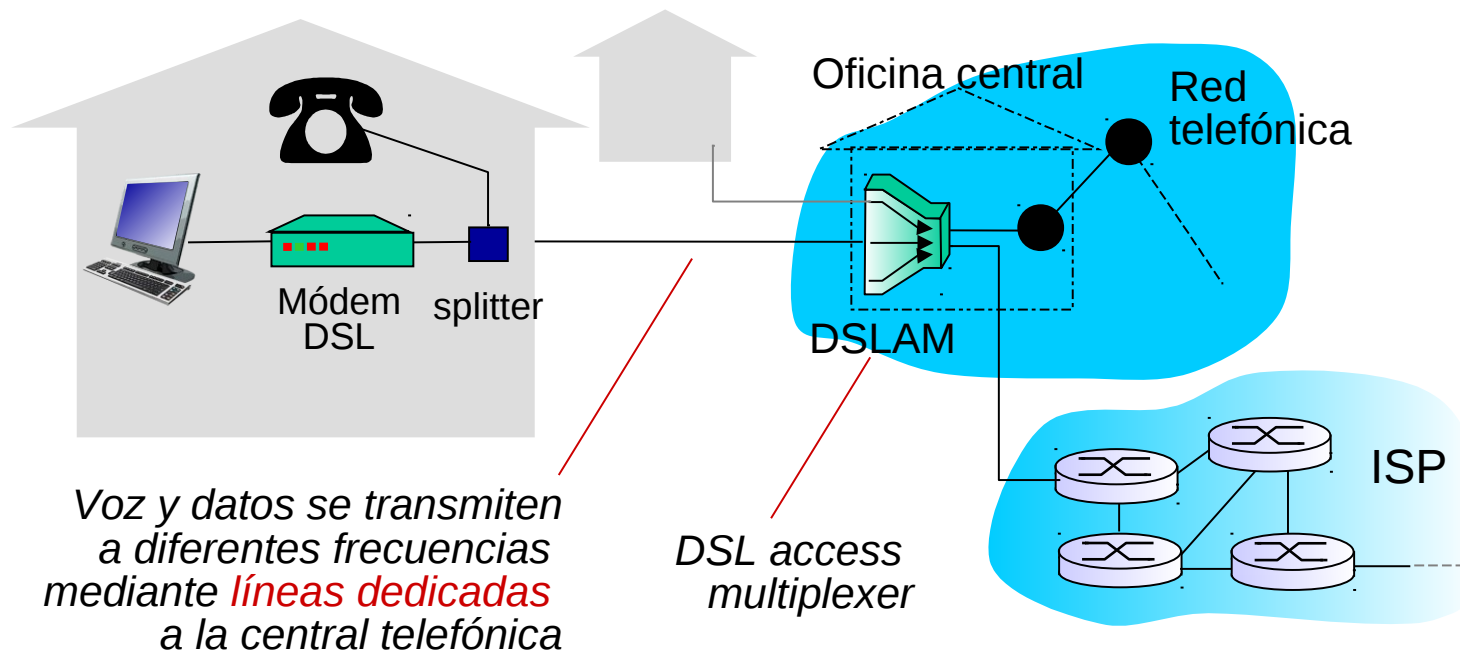
- ❖ Redes de acceso residenciales
- ❖ Redes institucionales (colegios, empresas, universidades)
- ❖ Redes móviles e inalámbricas

Toma en cuenta:

- ❖ ¿Ancho de banda (bits por segundo) de una red de acceso?
- ❖ ¿Dedicada o compartida?

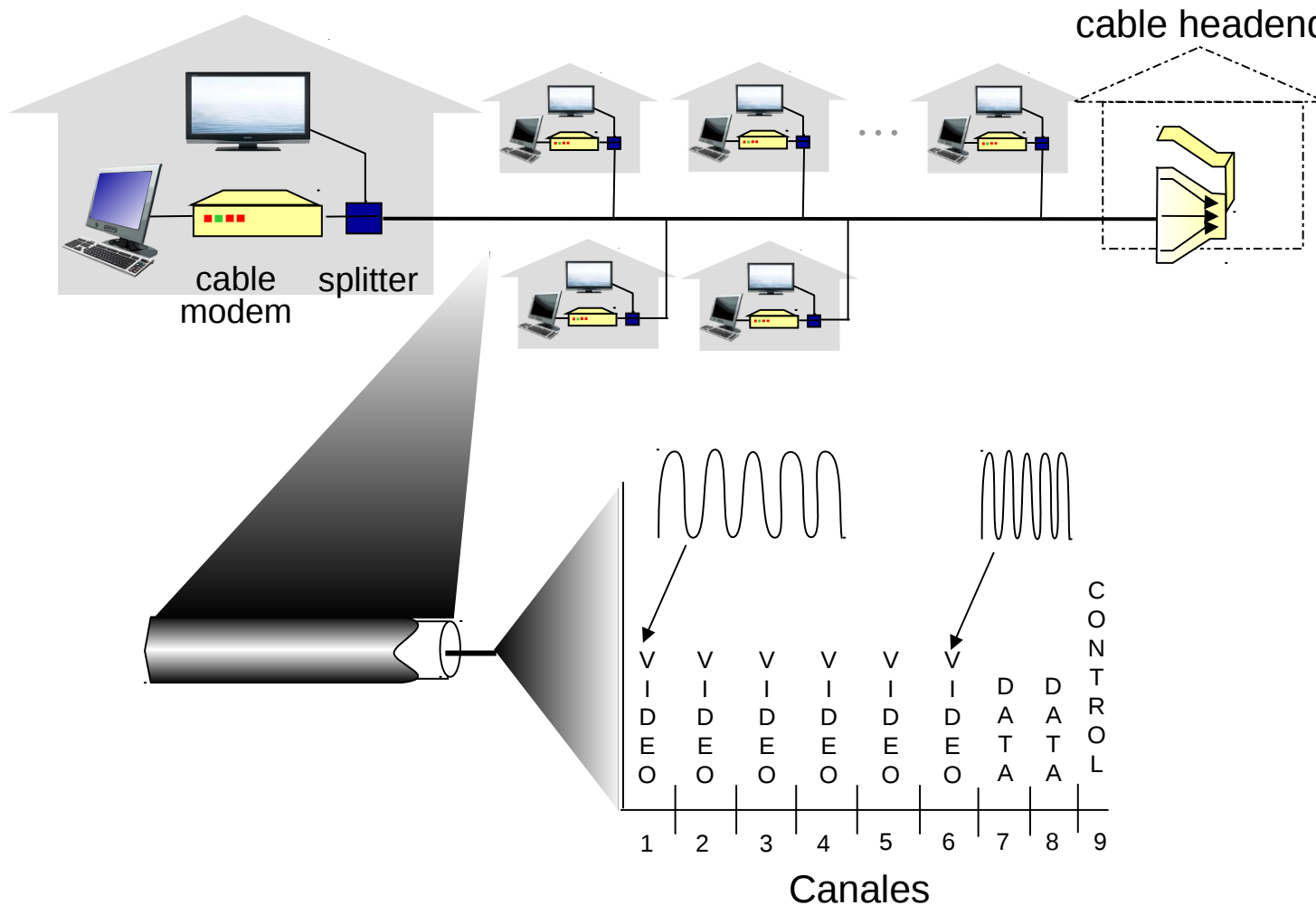


Redes de acceso: subcriptor digital por línea (DSL)



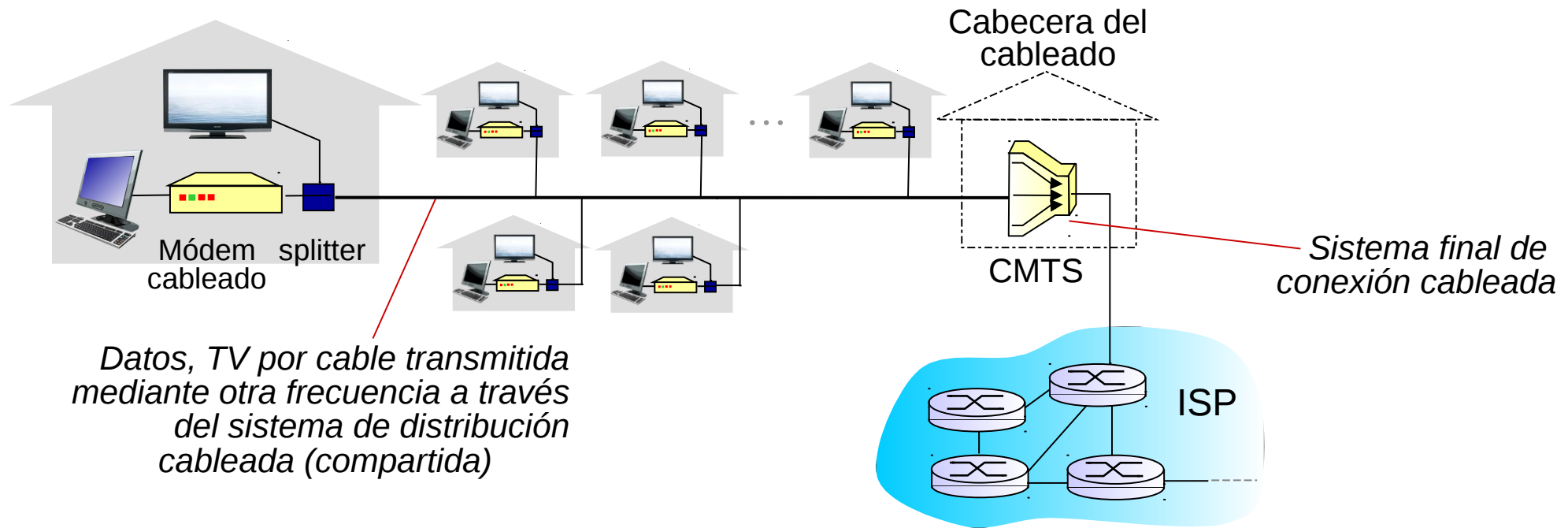
- ❖ Utiliza líneas telefónicas **existentes** para conectarse a las casa utilizando DSLAM
 - Datos sobre la línea DSL se van por Internet
 - Voz sobre la línea DSL se van por la red telefónica
- ❖ < 2.5 Mbps tasa de transmisión de subida (en promedio < 1 Mbps)
- ❖ < 24 Mbps tasa de transmisión de bajada (en promedio < 10 Mbps)

Red de acceso: red cableada



Multiplexor que divide la frecuencia: canales diferentes transmiten en diferentes bandas de frecuencia

Red de acceso: red cableada



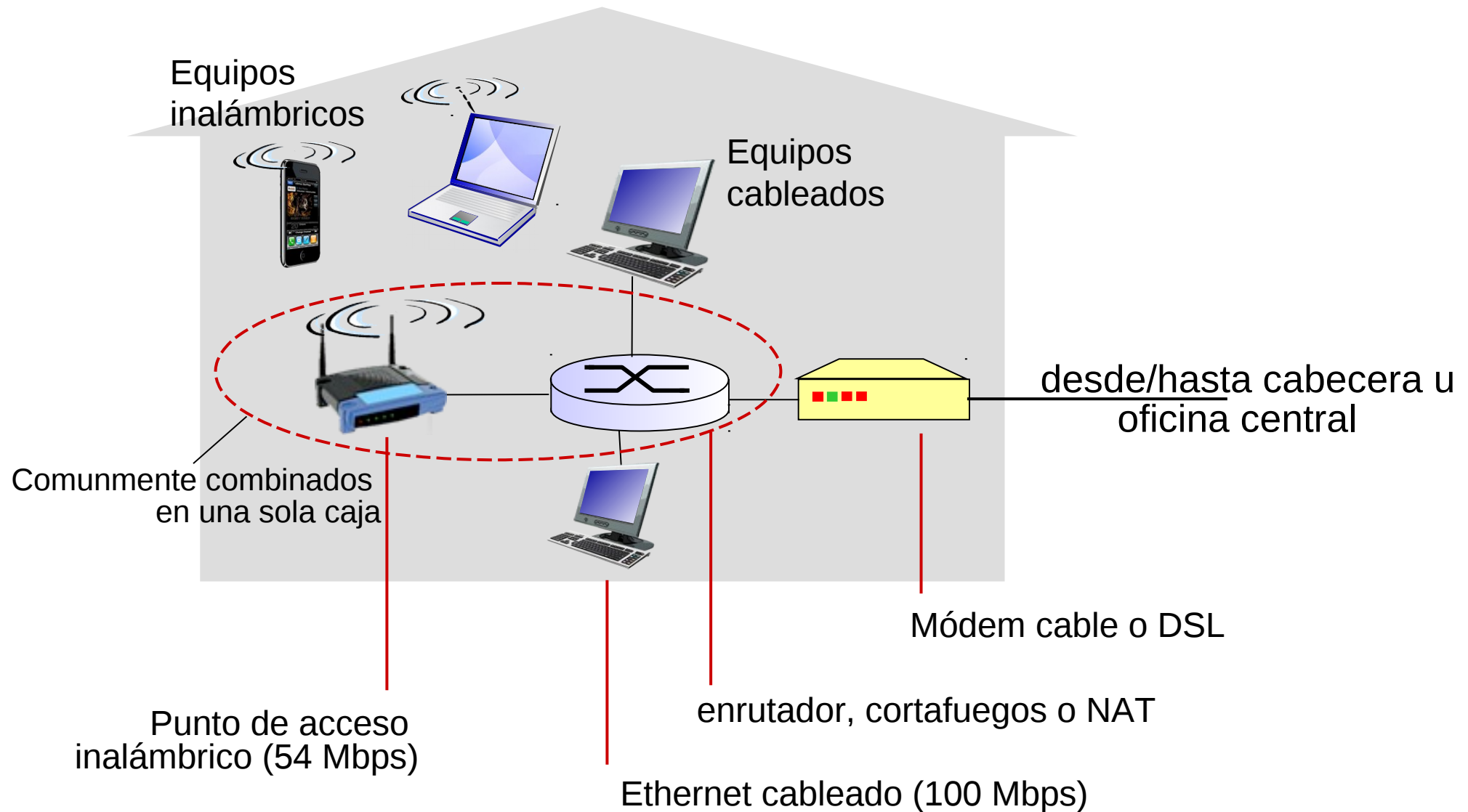
❖ HFC: cable híbrido de fibra y coaxial

- Ofrece un servicio **asimétrico**: hasta 30 Mbps de tasa de transmisión de descarga y hasta 2 Mbps de tasa de transmisión de subida de datos

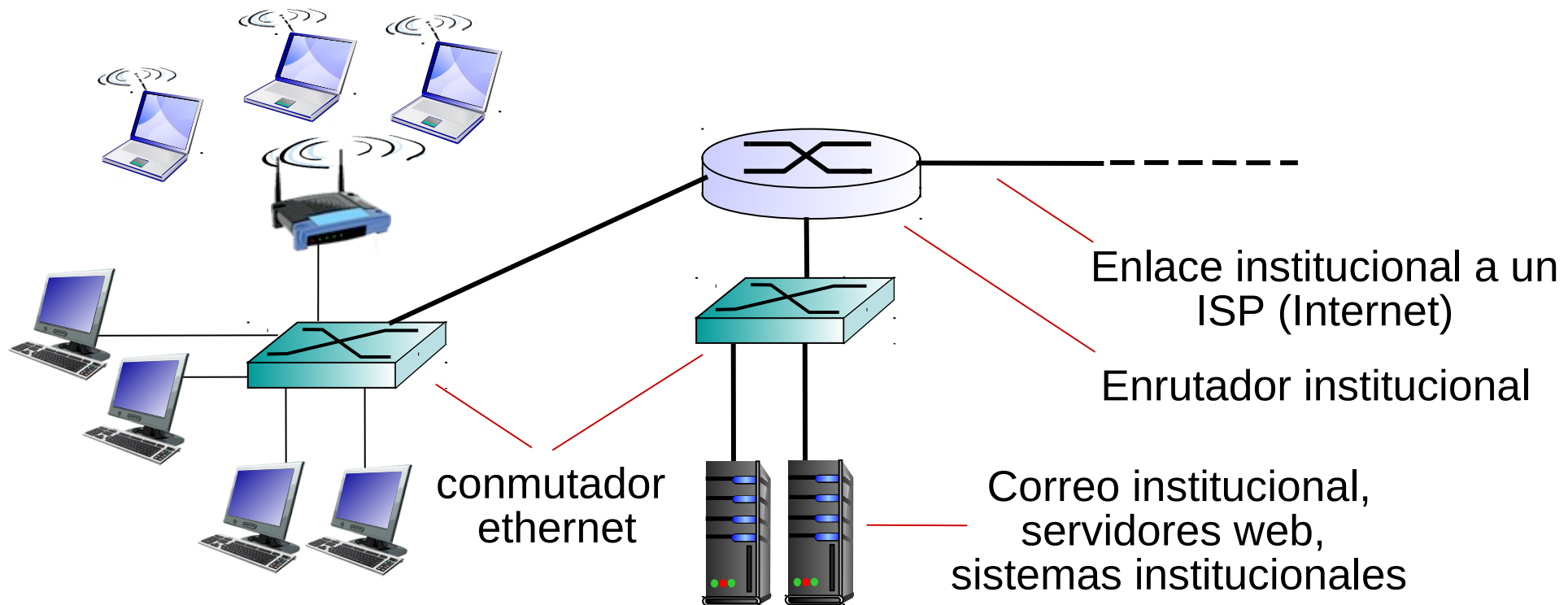
❖ Red cableada, la fibra se engacha a las casas a través de un enrutador del ISP

- Los usuarios caseros **comparten** una red acceso hasta la cabecera del ISP
- A diferencia del DSL, que permite conexión dedicada hasta la oficina central o la cabecera del ISP

Red de acceso: red cableada



Redes institucionales (Ethernet)



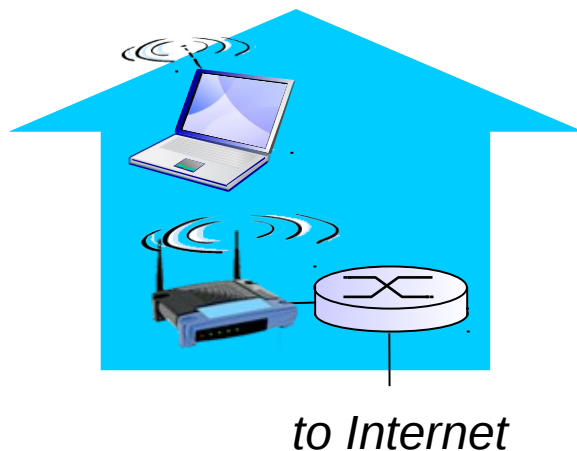
- ❖ Redes típicas para empresas instituciones públicas, universidade, etc
- ❖ 10 Mbps, 100Mbps, 1Gbps, 10Gbps tasas de transmisión
- ❖ Hoy, sistemas de usuario final conectados básicamente a través de redes ethernet

Redes de acceso inalámbricos

- ❖ Redes de acceso inalámbrico compartido conectados a través de puntos de acceso
 - Vía estaciones radio base “punto de acceso”

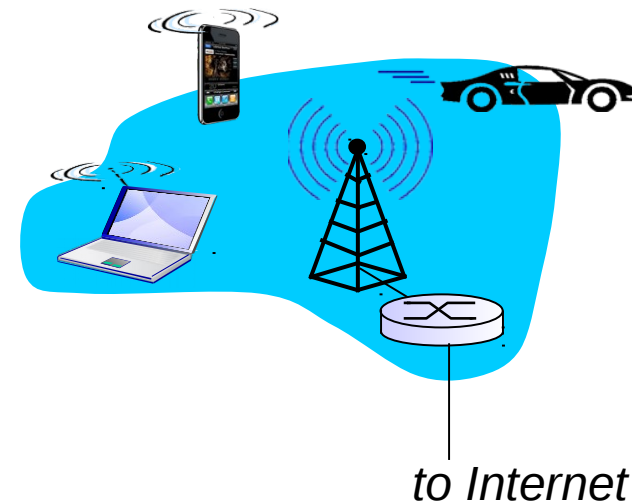
Redes LAN inalámbricas:

- En secciones (100 pies)
- 802.11b/g (WiFi): 11, 54 Mbps tasas de transmisión



Acceso inalámbrico de área

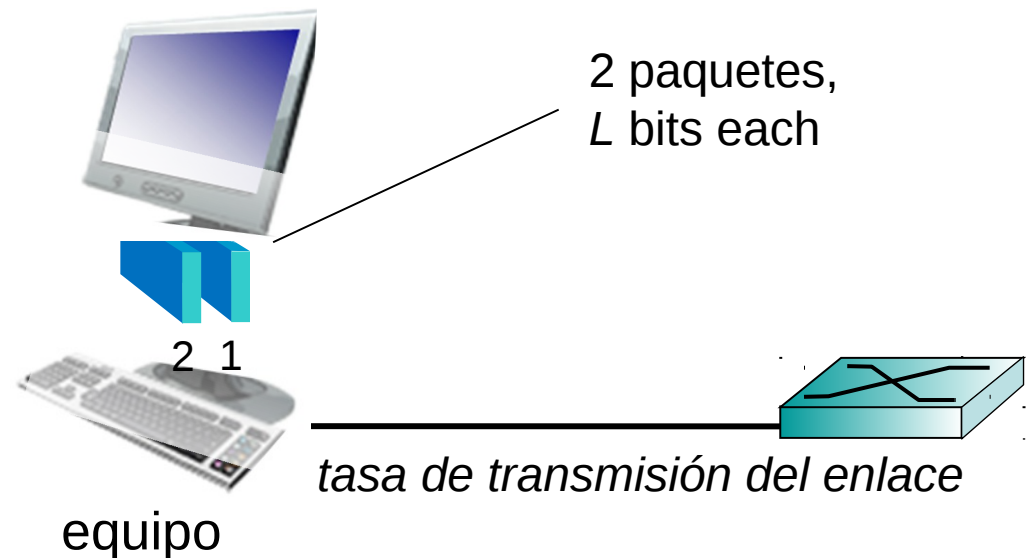
- Provista por su empresa de telefonía móvil, 10's kmts
- Entre 1 y 10 Mbps
- 3G, 4G: LTE



Anfitrión: envío de paquetes de datos

La función de envío de datos del Anfitrión:

- ❖ Tomar *mensajes* de aplicaciones
- ❖ Los mensajes se rompen en trozos más pequeños, conocidos como *paquetes*, de longitud L bits
- ❖ Transmitir el paquete a la red de acceso a la *velocidad de transmisión R*
 - Enlaza a una taza de transmisión que depende del *ancho de banda*



Retardo en la transmisión de paquetes	=	tiempo necesario para transmitir L -bit paquetes en el enlace	=	$\frac{L \text{ (bits)}}{R \text{ (bits/seg)}}$
---------------------------------------	---	---	---	---

Medios físicos

- ❖ **Bit:** la unidad que propaga los datos entre pares de recepción/transmisión
- ❖ **El enlace físico:** Es lo que se encuentra entre el transmisor y receptor
- ❖ **Medios guiados:**
 - Propagan señales a través medios sólidos: cobre, fibra, coaxial
- ❖ **Medios no guiados:**
 - Propaga la señal libremente, e.g. radio

Par trenzado (TP)

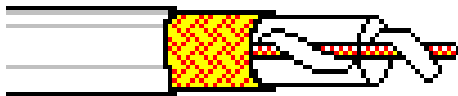
- ❖ 2 cables de cobre aislados
 - Categoría 5: 100 Mbps, 1 Gbps Ethernet
 - Categoría 6: 10Gbps



Medios físicos: coaxial, fibra

Cable coaxial:

- ❖ 2 conductores concéntricos
- ❖ bidireccional
- ❖ Ancho de banda:
 - Múltiples canales en un solo cable
 - HFC (cable híbrido de cobre y fibra)



Cable de fibra óptica:

- ❖ Fibra de vidrio que transmite pulsos de luz, cada pulso un bit
- ❖ Opera en alta velocidad:
 - Transmisión de alta velocidad punto a punto (e.g., 10's-100's Gpbs)
- ❖ Baja tasa de error:
 - Baja necesidad de repetidoras
 - Inmune al ruido electromagnético



Medios físicos: radio

- ❖ La señal se transporta a través del espectro electromagnético
- ❖ No hay “cable” o conexión física
- ❖ Bidirectional
- ❖ Efectos del ambiente de propagación:
 - Reflexión
 - Obstrucción causadas por objetos
 - Interferencia

Tipos de enlace de radio:

- ❖ Microondas terrestres
 - e.g. canales hasta 45 Mbps
- ❖ LAN (e.g., WiFi)
 - 11Mbps, 54 Mbps
- ❖ WAN (áreas amplias) (e.g., red móvil)
 - 3G celular: ~ pocos Mbps
- ❖ Satelital
 - Canales que ofrecen desde algunos Kbps hasta 45Mbps (o múltiples canales más pequeños)
 - 270 msec de retardo en punto y punto
 - Geo-sincronía versus bajas altitudes

Capítulo 1: la ruta

1.1 ¿Qué es la Internet?

1.2 Red de acceso

Equipos finales, redes de acceso, enlaces

1.3 Red troncal

Conmutación de paquetes, conmutación de circuitos, estructura de la red

1.4 Retardo, pérdidas, rendimiento de la red

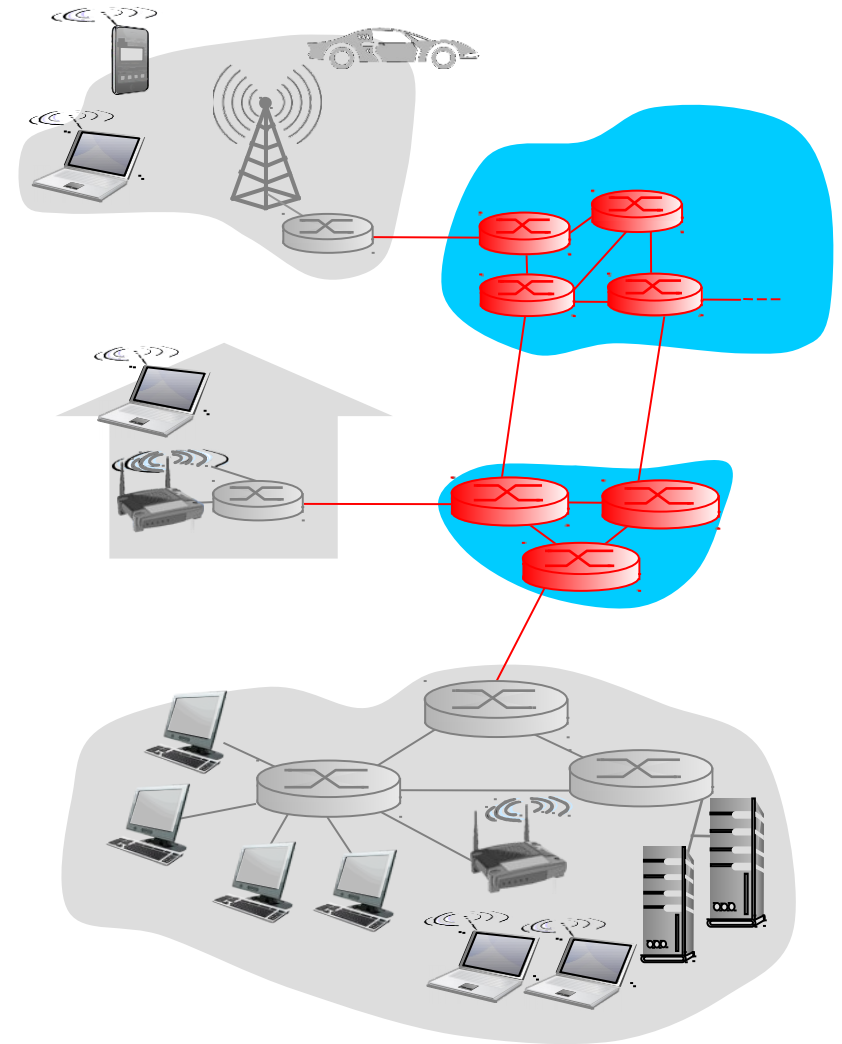
1.5 Capas de protocolos, modelos de servicio

1.6 Redes bajo ataque: seguridad

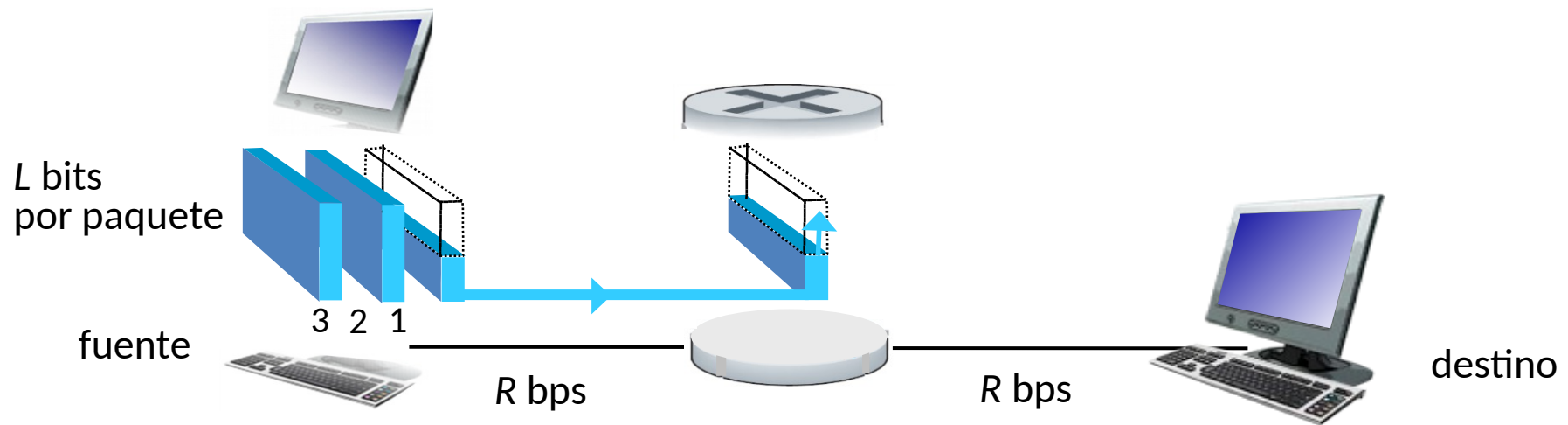
1.7 Historia

Red troncal

- ❖ Una malla de enrutadores interconectados
- ❖ Conmutación de paquetes: los hosts descomponen los mensajes de la capa de aplicación en paquetes
 - Se re-envían paquetes de un enrutador al siguiente, a través de enlaces en la ruta de origen a destino
 - Cada paquete se transmite a la capacidad que permite el enlace



Conmutación de paquetes: almacenamiento y re-envío



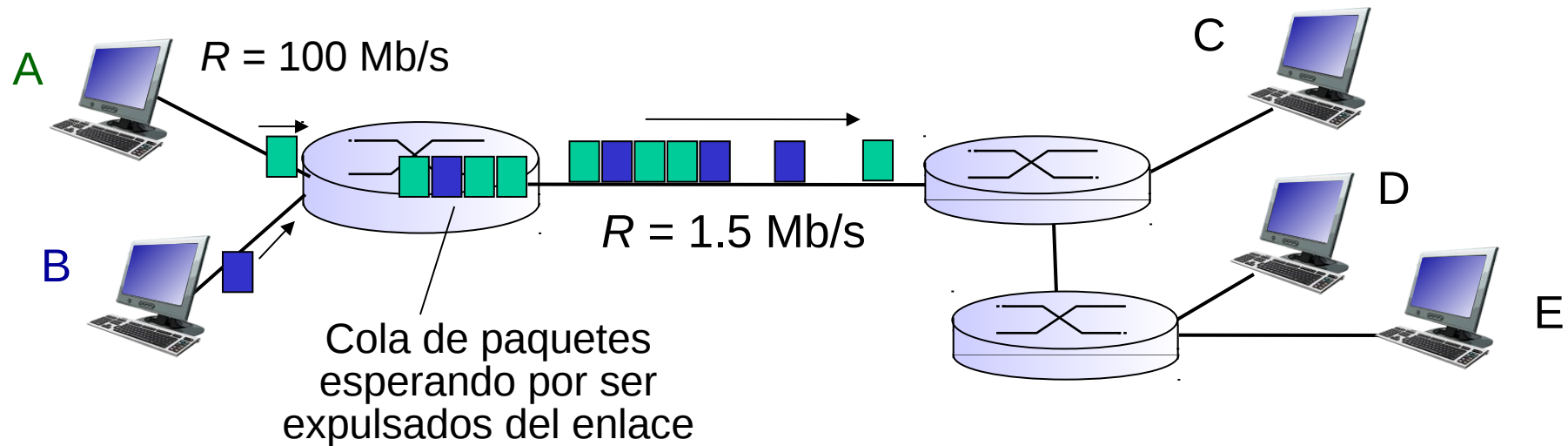
- ❖ Toma L/R segundos en transmitir (expulsar) L -bit paquetes en el enlace a R bps
- ❖ **Almacenamiento y re-envío:** los paquetes enteros deben llegar al enrutador antes de ser transmitidos
- ❖ Retardo punto-a-punto = $2L/R$ (asumiendo cero retraso en la propagación)

} Más sobre retardos en breve...

Ejemplo de un salto:

- $L = 7.5$ Mbits
- $R = 1.5$ Mbps
- Retardo en la transmisión = 5 sec

Conmutación de paquetes: retardo en la cola, pérdidas



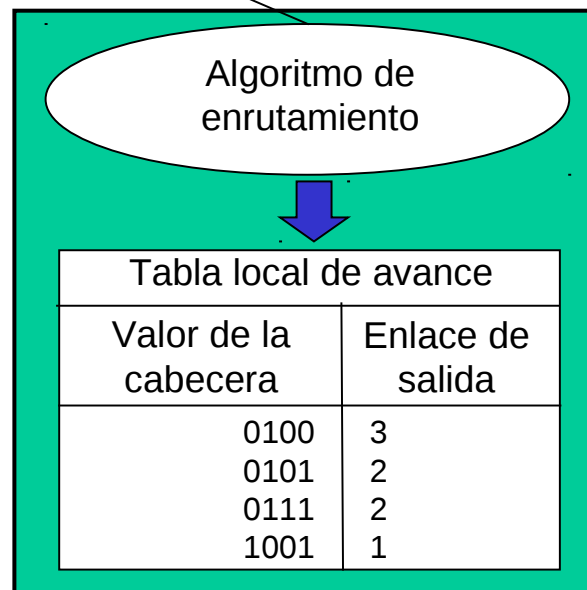
Colas y pérdidas:

- ❖ Si la tasa de llegada (en bits) del enlace excede la tasa de transmisión del enlace por un período de tiempo:
 - Los paquetes se encolan, esperando para ser transmitidos por el enlace
 - Los paquetes puede descartarse (perderse) si el buffer de la memoria se llena

Dos funciones clave en el núcleo de la red

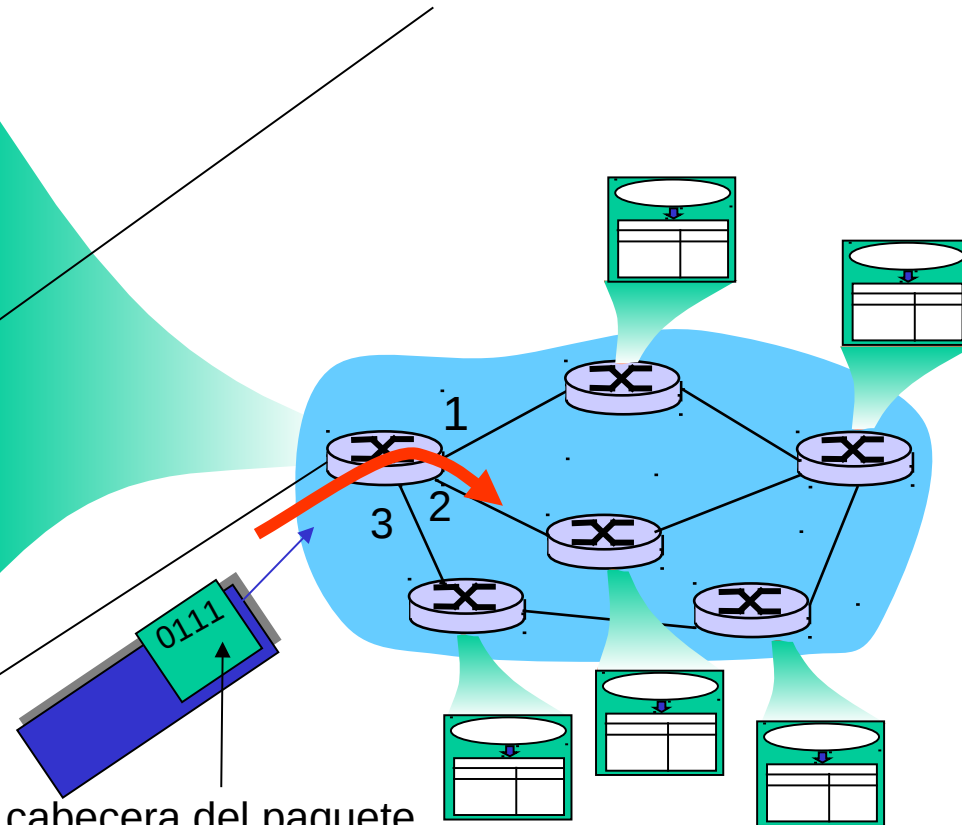
enrutamiento: determina la ruta fuente-destino que tomarán los paquetes

- **Algoritmos de enrutamiento**



Avance (forwarding): mueve los paquetes desde enrutador en entrada hasta el enrutador de salida más apropiado

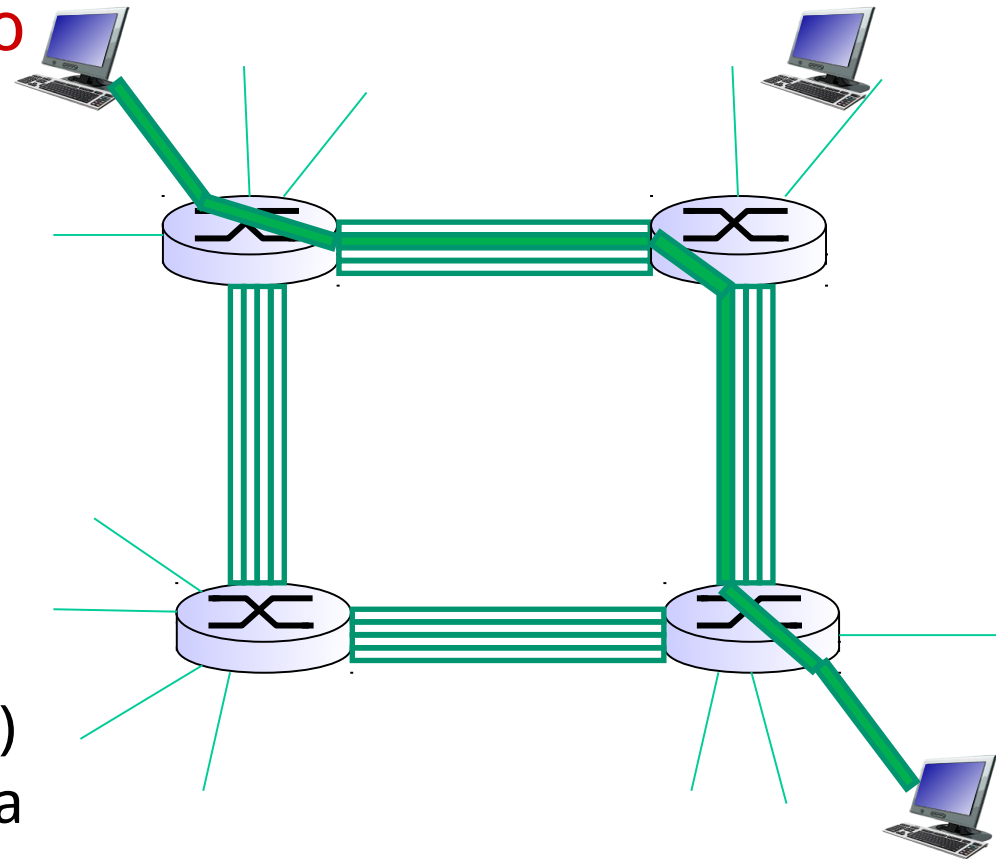
La dirección destino en la cabecera del paquete



Núcleo alternativo: conmutación de circuitos

Recursos de extremo a extremo son reservados para realizar una "llamada" entre origen y destino:

- ❖ En el diagrama se muestra que cada enlace tiene 4 circuitos.
 - La llamada obtiene el circuito número 2, resaltado en verde.
- ❖ Los recursos son dedicados: sin compartir
 - Este circuito tiene (garantizado)
- ❖ El segmento del circuito se inactiva si no se usa por llamada (sin compartir)
- ❖ Este mecanismo es comúnmente usados por sistemas de telefonía tradicional



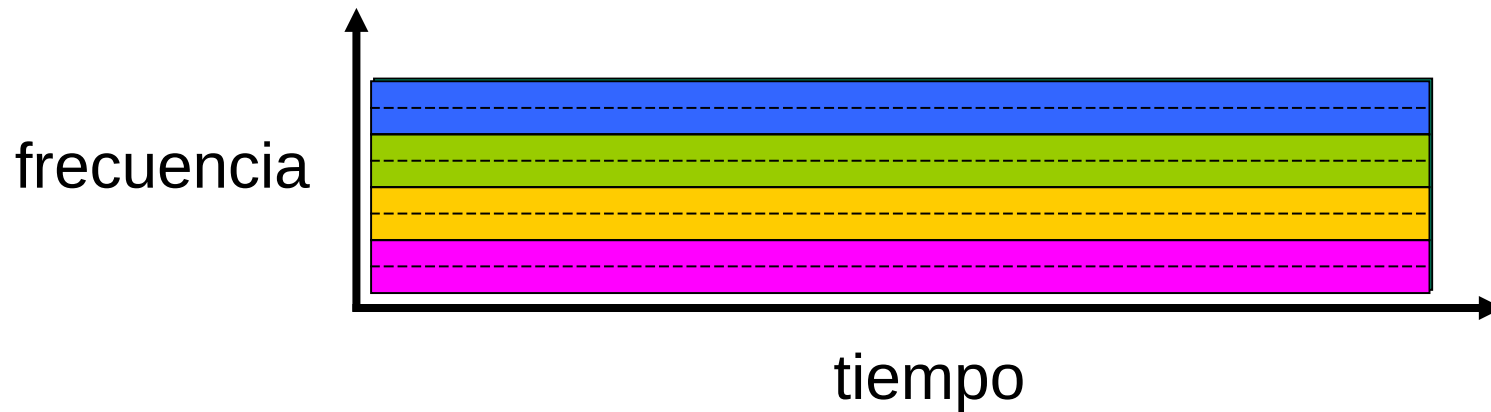
Conmutación de circuitos: FDM vs. TDM

Ejemplo:

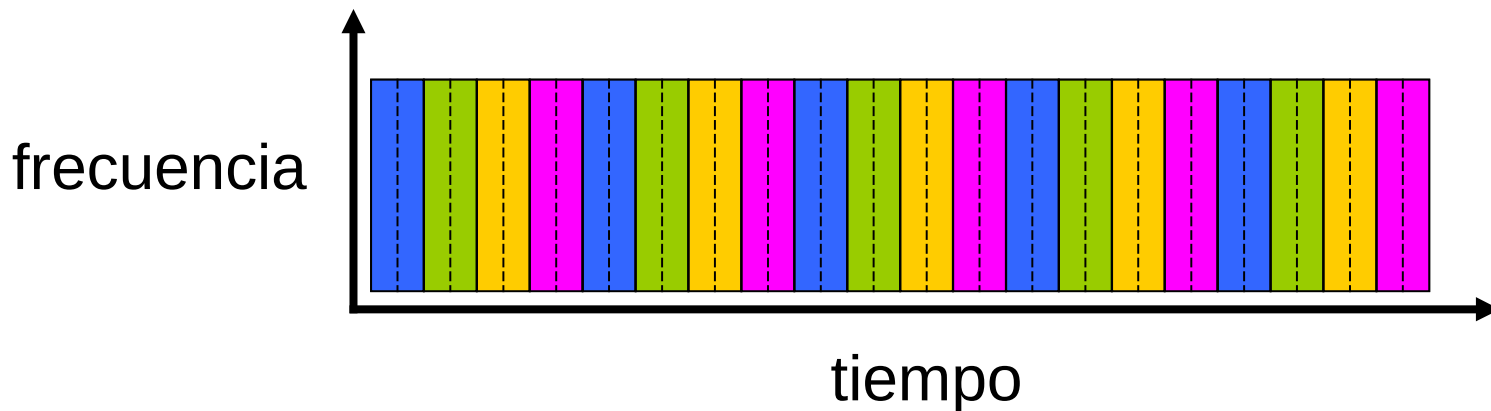
4 usuarios



FDM



TDM

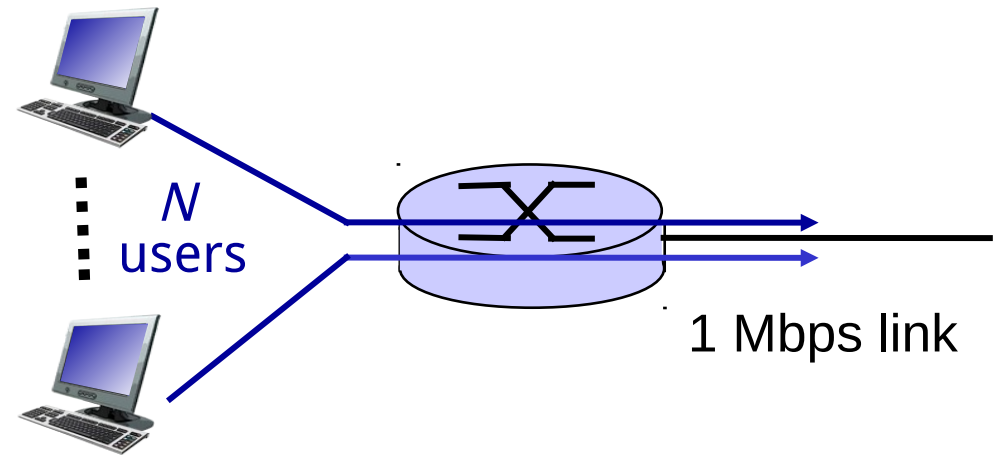


Conmutación de paquetes vs. conmutación de circuitos

La conmutación de paquetes permite mayor cantidad de usuarios utilicen la red!

Ejemplo:

- 1 Mb/s link
- Cada usuario:
 - 100 kb/s cuando están "activos"
 - Activos 10% del tiempo



❖ *Conmutación de circuitos:*

- 10 usuarios (máximo)

❖ *Conmutación de paquetes:* Q: Cómo se llega al número de 0.0004?

- Con 35 usuarios, la probabilidad de que > 10 usuarios estén activos a la misma vez es de .0004 *

Q: Qué sucede si tenemos > 35 usuarios?

Conmutación de paquetes vs. conmutación de circuitos

Es la conmutación de paquetes “lo mejor de este mundo?”

- ❖ Ideal para datos de ráfaga
 - Intercambio de recursos
 - Es más simple, sin configuración de llamadas
- ❖ **Es Factible la congestión excesiva:** retraso y pérdida de paquetes
 - Es necesario contar con protocolos para transferencia confiable de datos, control de la congestión
- ❖ **P: ¿Cómo proveer la conmutación de circuitos?**
 - Garantizar anchos de banda necesarios para la transmisión de audio y video
 - Otros problemas que están aún por resolverse (capítulo 7)

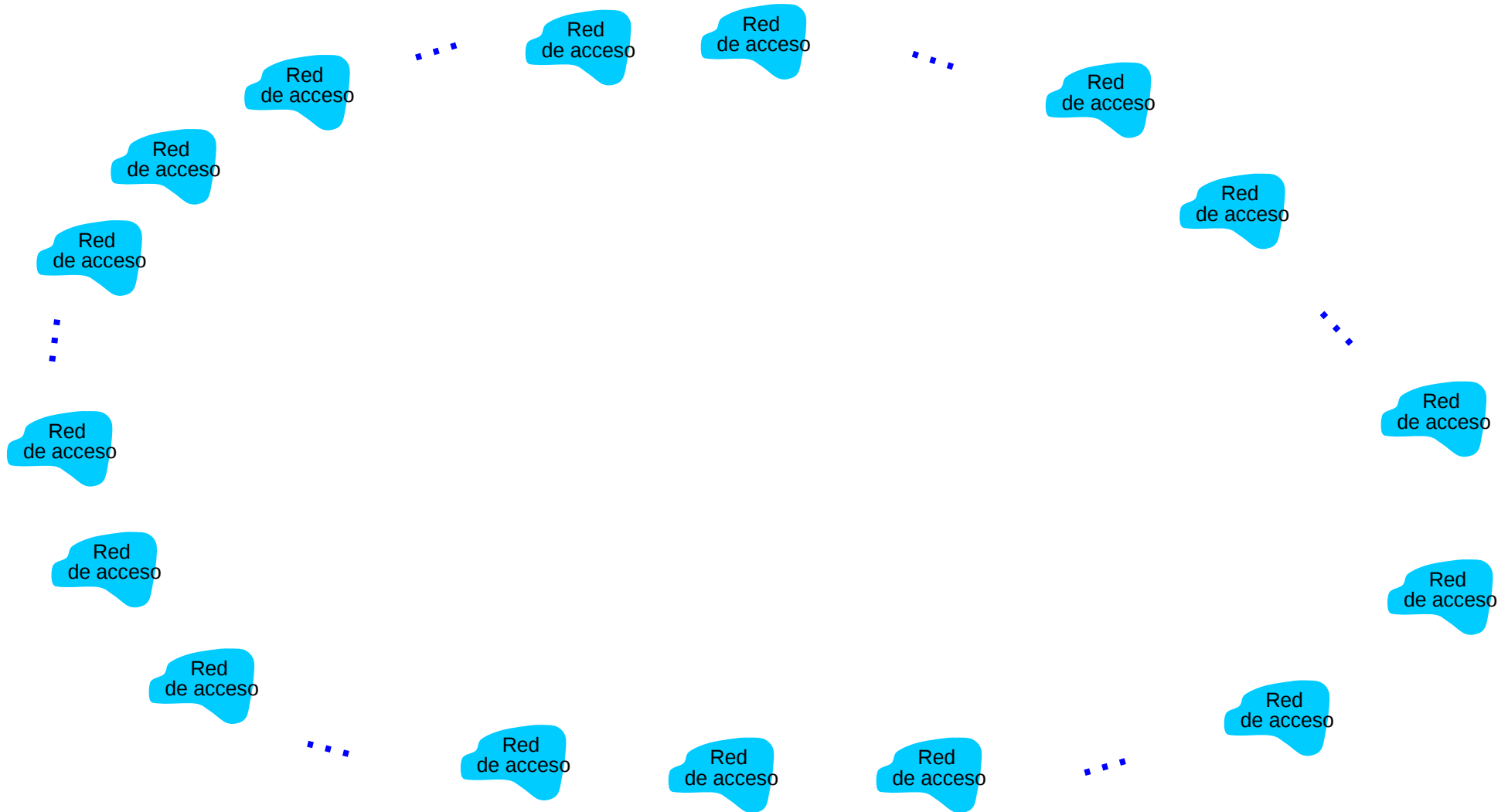
P: Cual sería una buena analogía humana de recursos reservados (conmutación de circuitos) versus asignación bajo demanda (conmutación de paquetes)?

Estructura de Internet : red of redes

- ❖ Los usuarios finales se conectan a internet a través de *ISPs de acceso* (Internet Service Providers)
 - ISPs: residenciales, empresariales y académicos
- ❖ Los ISPs de acceso también están interconectados.
 - De esa forma 2 equipos cualquiera pueden enviarse paquetes entre sí.
- ❖ Esto tiene como resultado una red de redes muy compleja
 - Su evolución se ha empujado por variables *económicas* y *políticas nacionales e internacionales*
- ❖ Vamos en un esquema de paso a paso la descripción de la actual estructura de Internet.

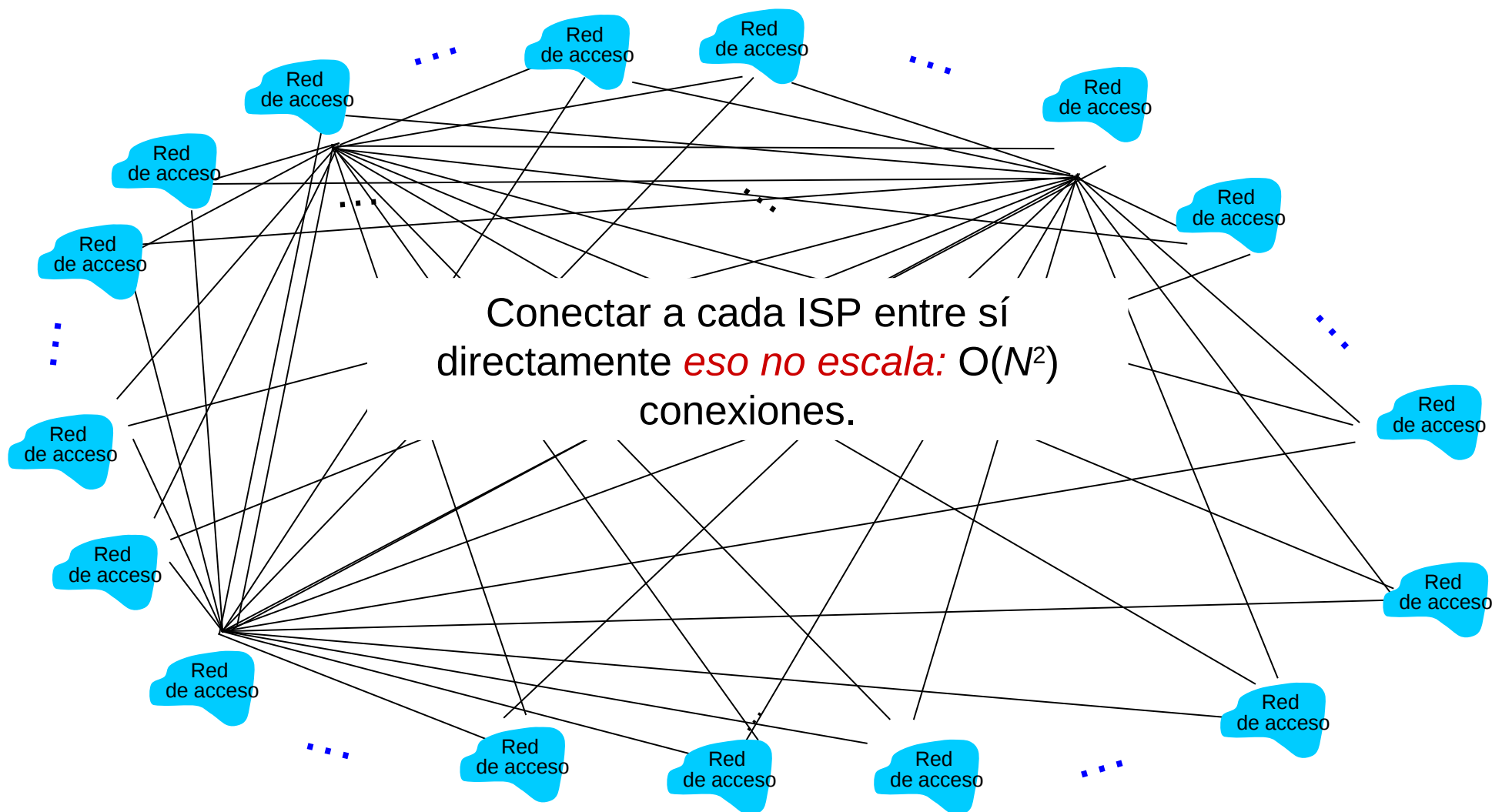
Estructura de la Internet: red de redes

Pregunta: ¿Dados millones de ISPs de acceso, cómo los conectamos entre ellos?



Estructura de la Internet: red de redes

Opción: conectar cada ISP de acceso a cualquier otro ISP de acceso?



Algunos dispositivos que contienen aplicaciones que utilizan internet (IoT)



Portaretrato IP
<http://www.ceiva.com/>



Tostadora de pan conectada al pronosticador del tiempo



Tweet-a-watt:
Monitor para el uso de energía



Nevera conectada
a Internet



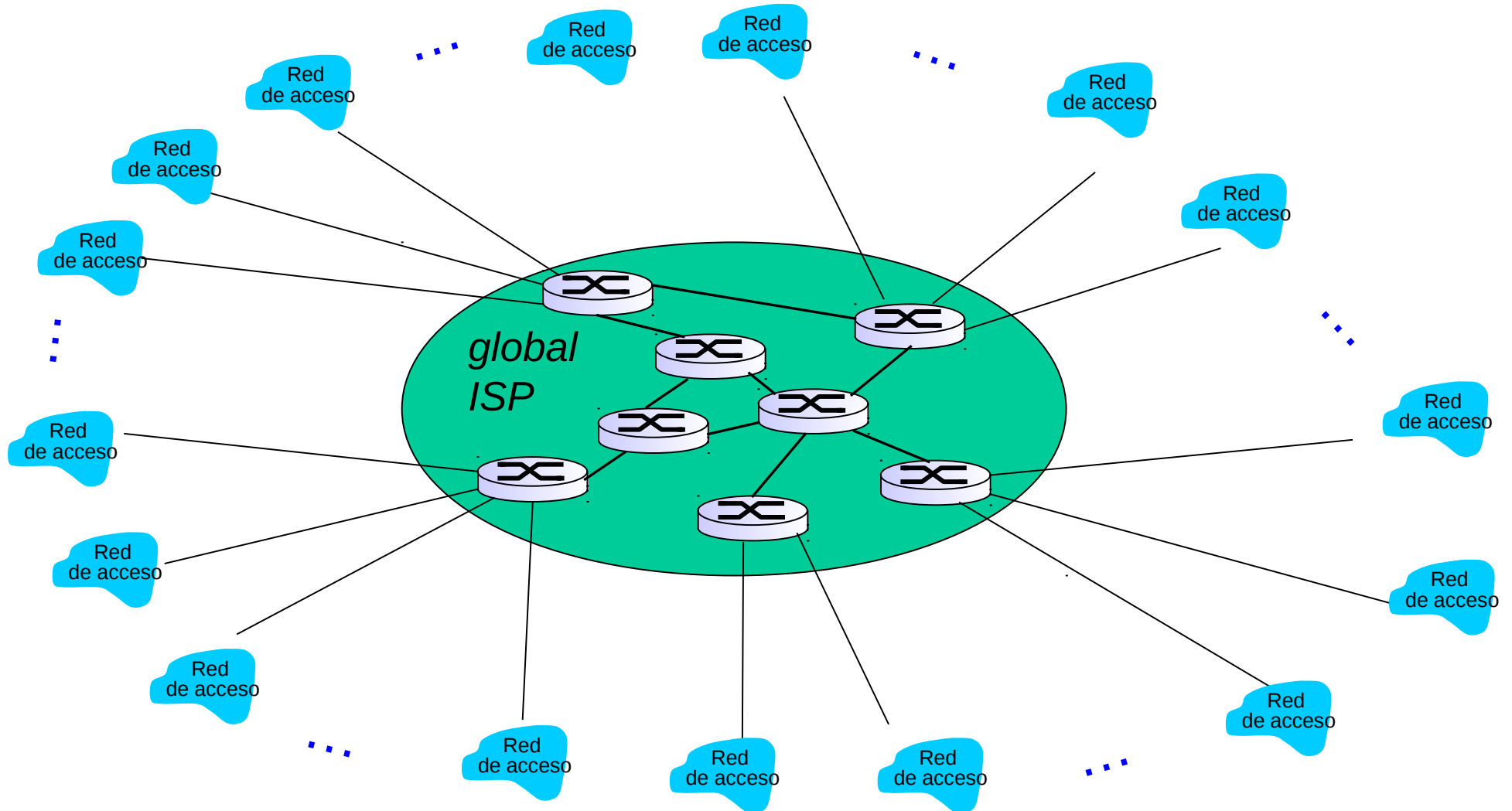
Slingbox: contral tu TV
de forma remota



Telefonía IP

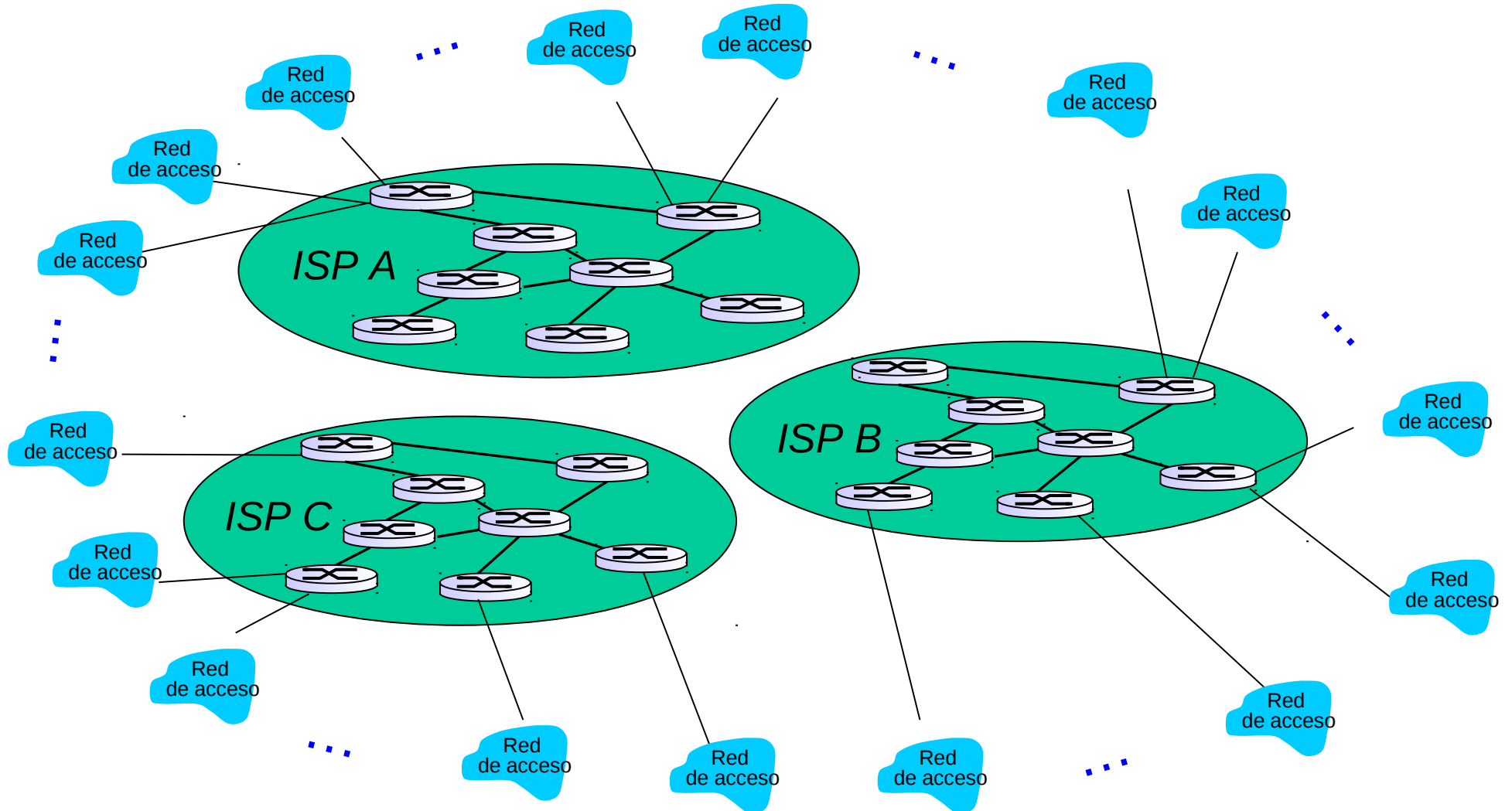
Estructura de la Internet: red de redes

Opción: Conectar cada ISP a un ISP global de tránsito?
Cliente y proveedor tienen un acuerdo económico.



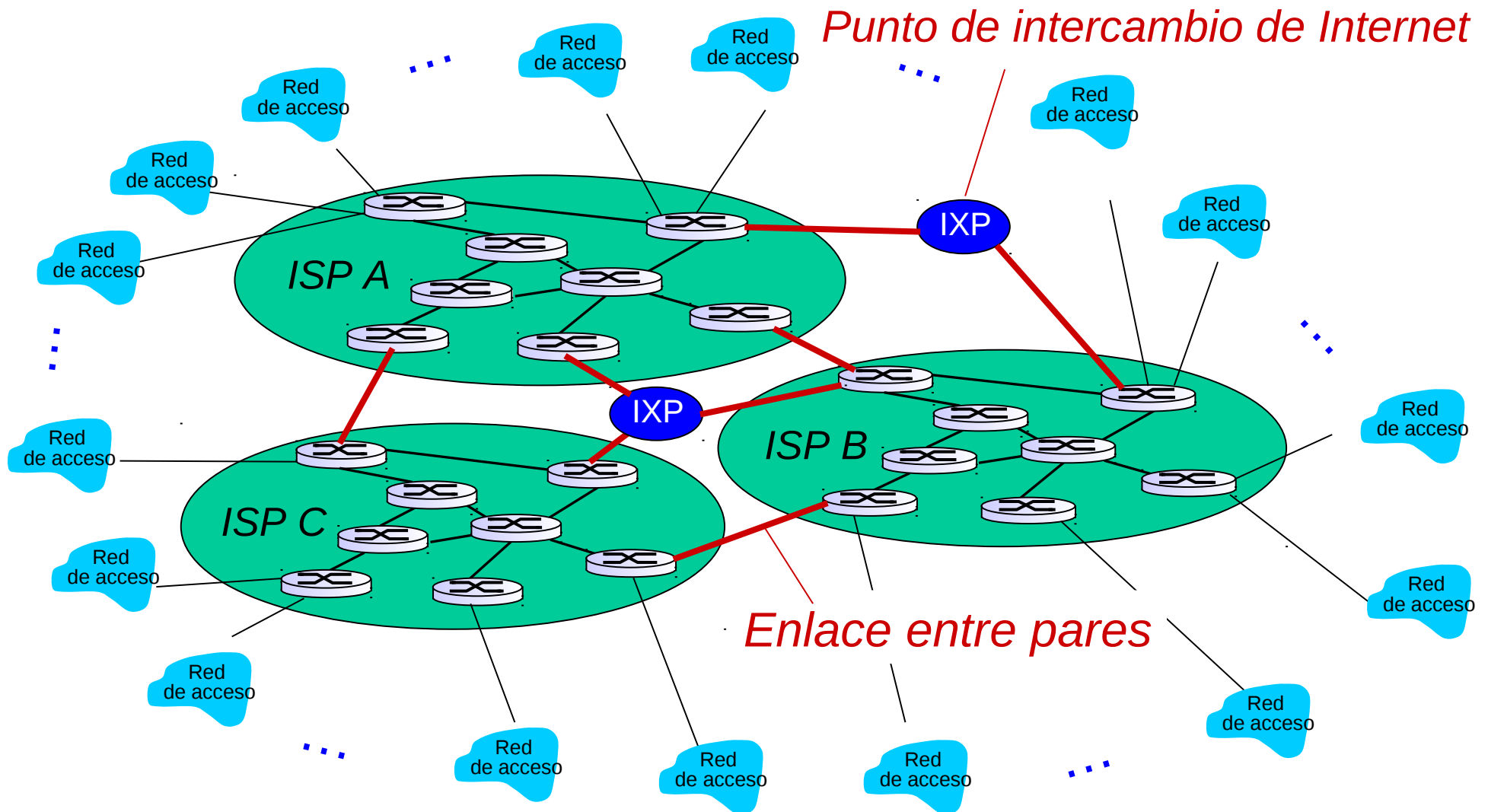
Estructura de la Internet: red de redes

Pero si un ISP global es un negocio viable, podría tener competencia ...



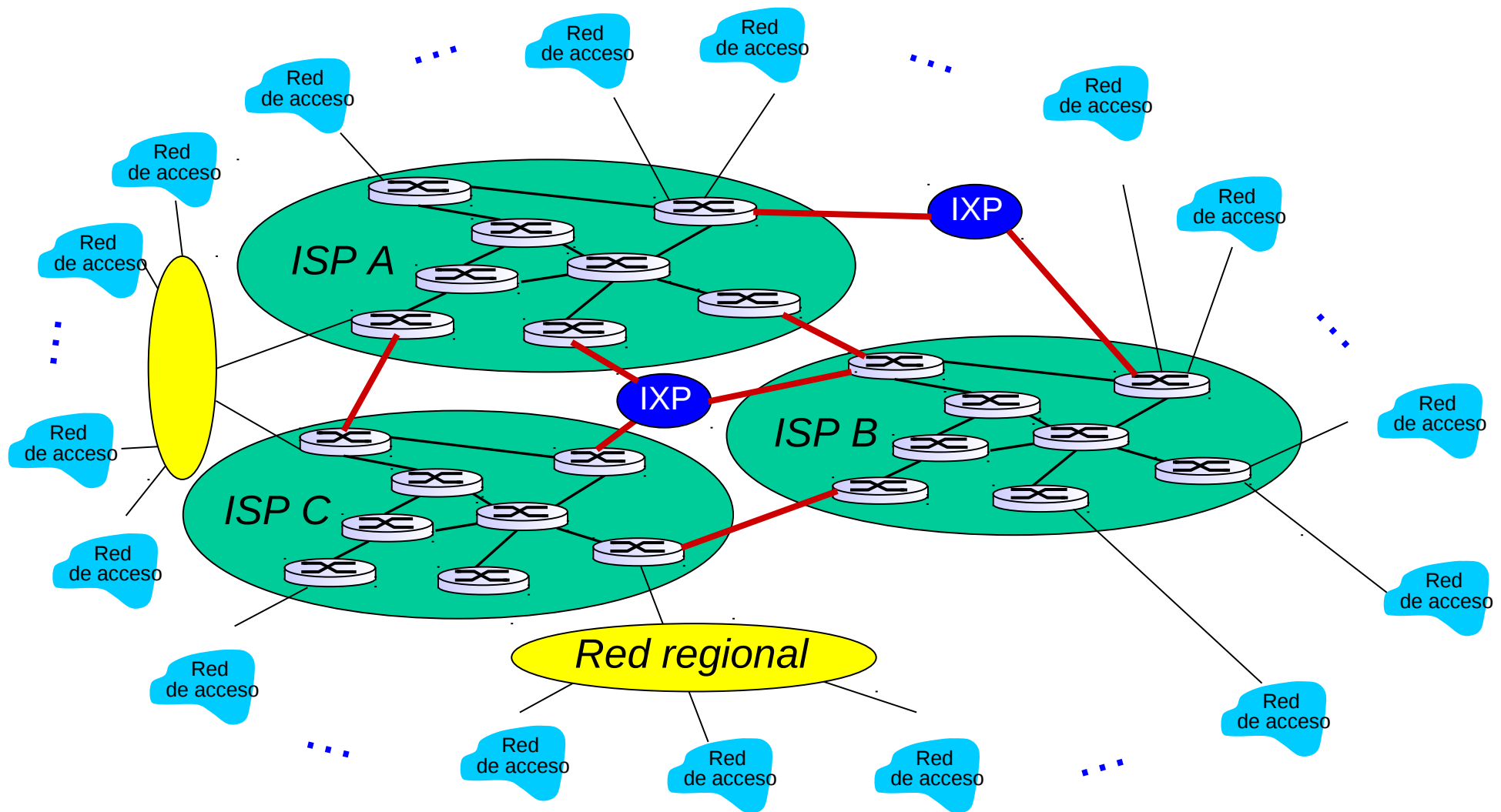
Estructura de la Internet: red de redes

Pero si un ISP global es un negocio viable, podría tener competencia ...y deberían estar interconectados



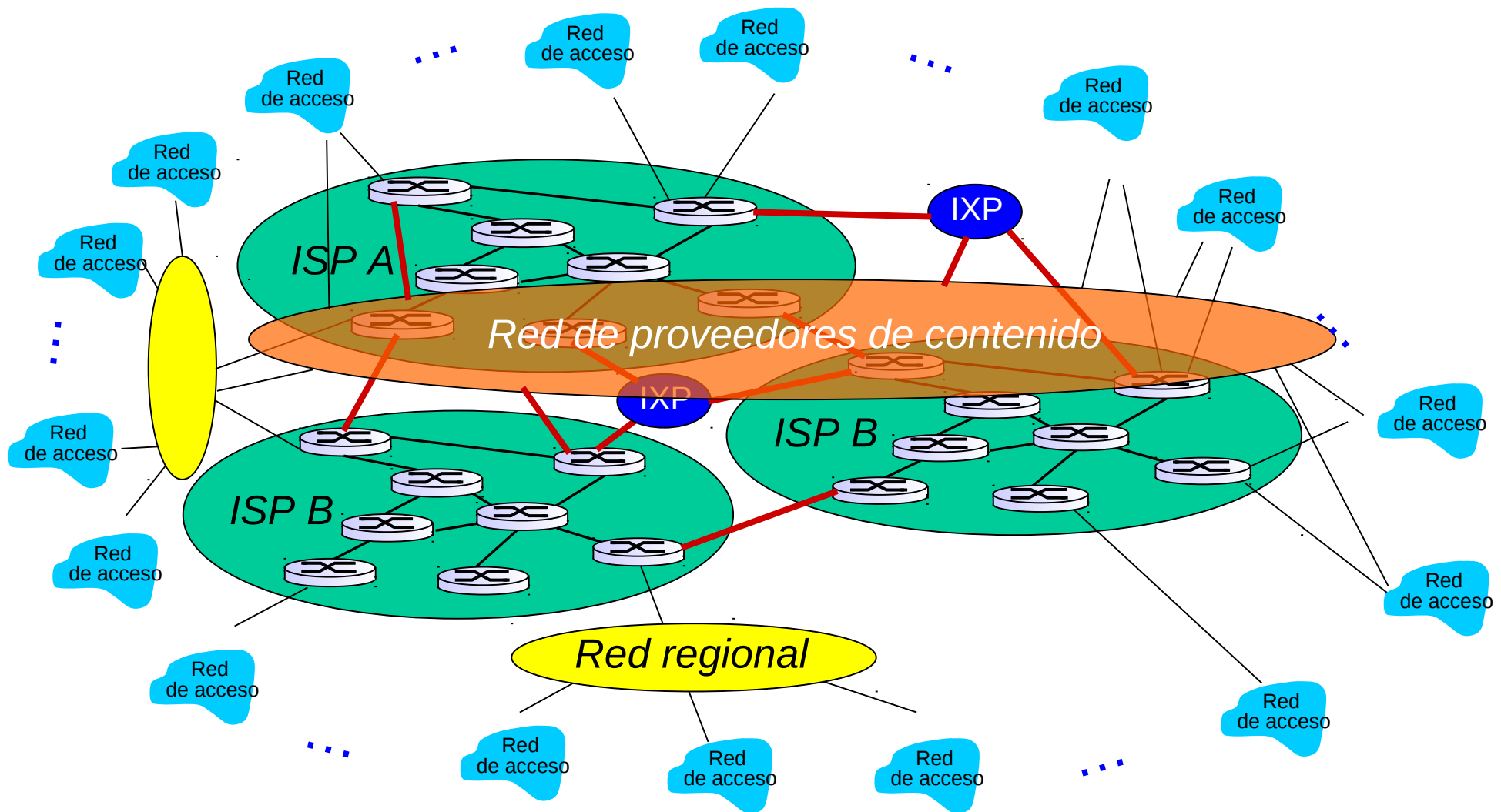
Estructura de la Internet: red de redes

... y también pueden aparecer ISPs regionales que conecten ISPs de acceso entre ISPs de acceso

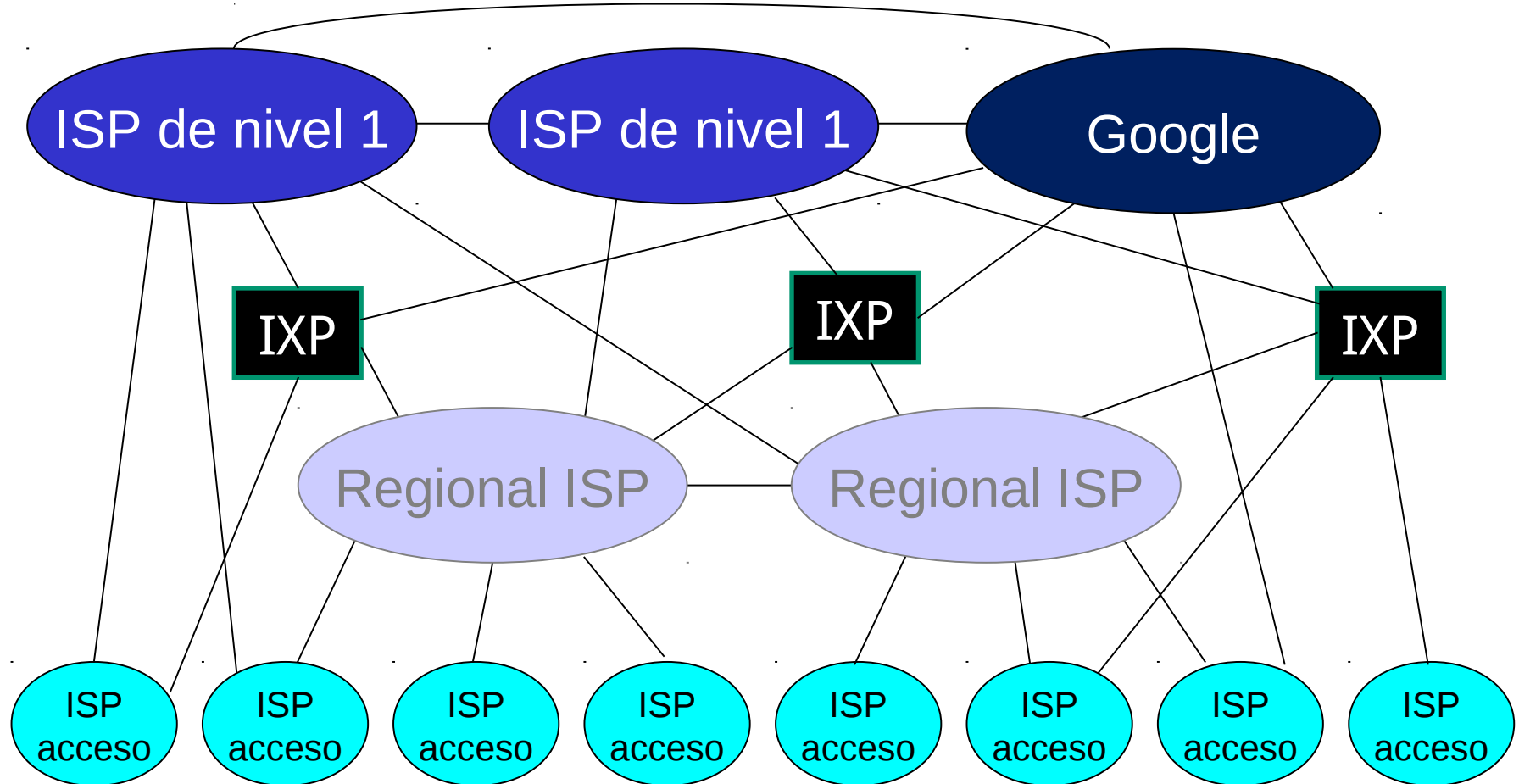


Estructura de la Internet: red de redes

... y el contenido de la red de proveedores (e.g., Google, Microsoft, Akamai) podría tener su propia red, para brindar servicios y contenido más cercano a sus usuarios

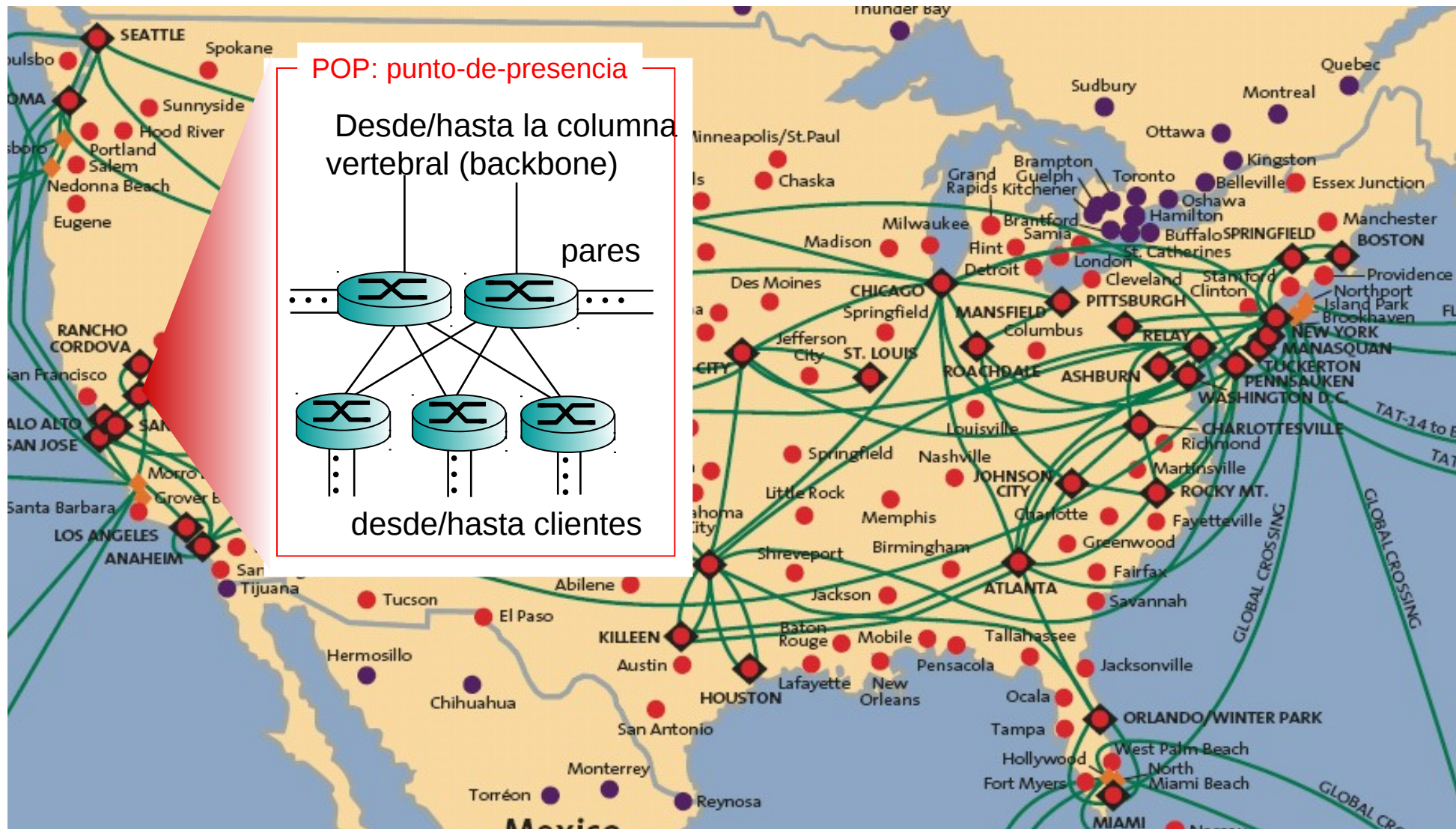


Estructura de la Internet: red de redes



- ❖ En el centro: un pequeño número de redes bien interconectadas
 - “Nivel -1” ISPs comerciales (e.g., Level 3, Sprint, AT&T, NTT, CANTV), de cobertura nacional e internacional
 - Redes de proveedores de contenido (e.g, Google): redes privadas que conectan centros de datos en Internet y que con frecuencia se saltan Nivel - 1 e ISP regionales

ISP de Nivel-1: e.g., Sprint



Capítulo 1: la ruta

1.1 ¿Qué es la Internet?

1.2 Red de acceso

Equipos finales, redes de acceso, enlaces

1.3 Red troncal

Conmutación de paquetes, conmutación de circuitos, estructura de la red

1.4 Retardo, pérdidas, rendimiento de la red

1.5 Capas de protocolos, modelos de servicio

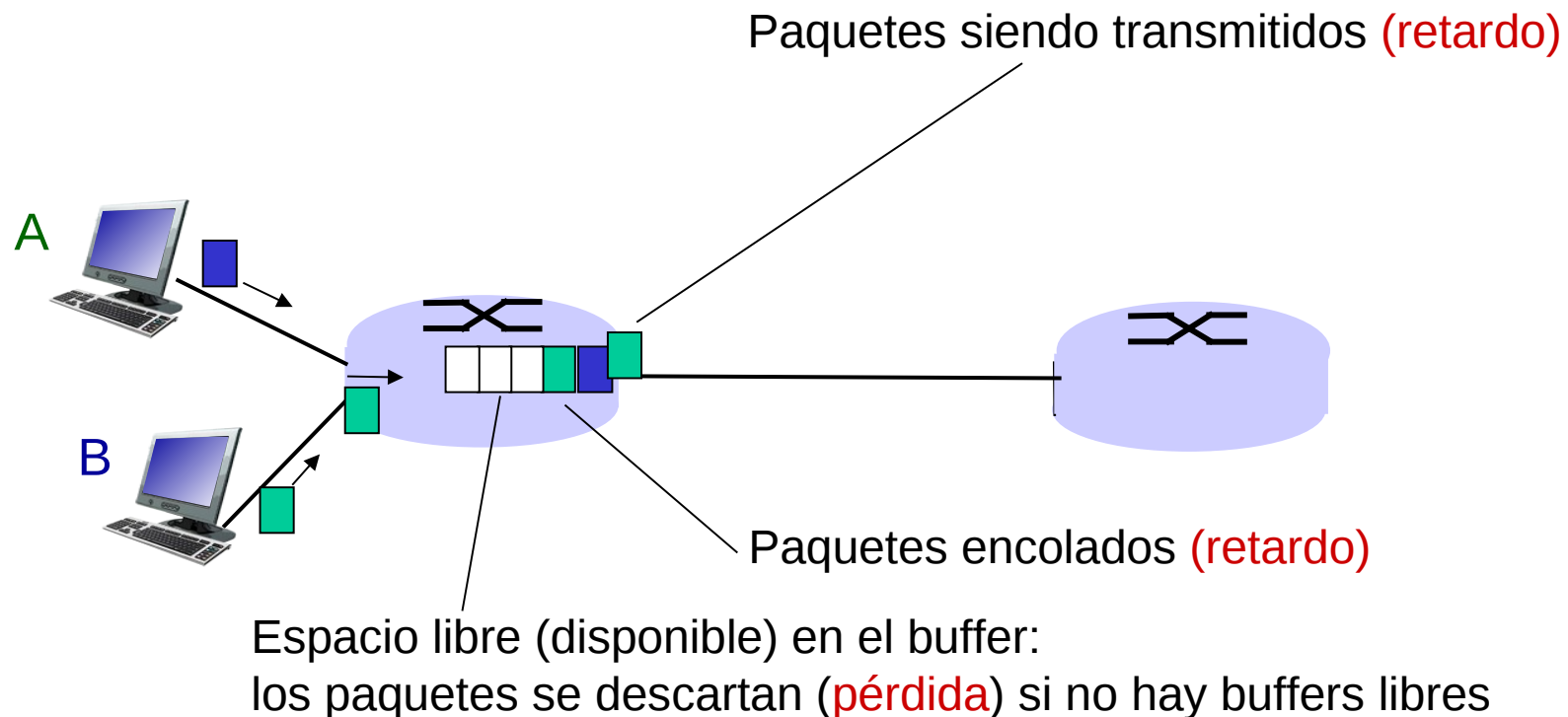
1.6 Redes bajo ataque: seguridad

1.7 Historia

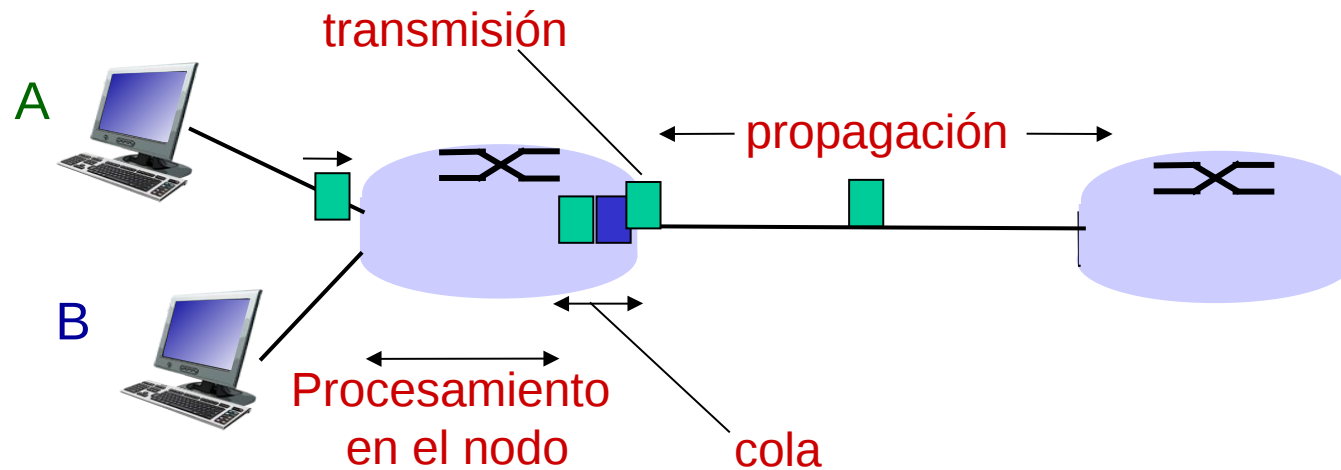
¿Cómo ocurren las pérdidas y retardos?

Los paquetes se encolan en los buffers de los enrutadores

- ❖ Los paquetes llegan una tasa al enlace (temporalmente) en exceso a la capacidad del enrutador
- ❖ Paquetes en cola, esperan por su turno



Cuatro causas de retardo de paquetes



$$d_{\text{nodal}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{queue}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

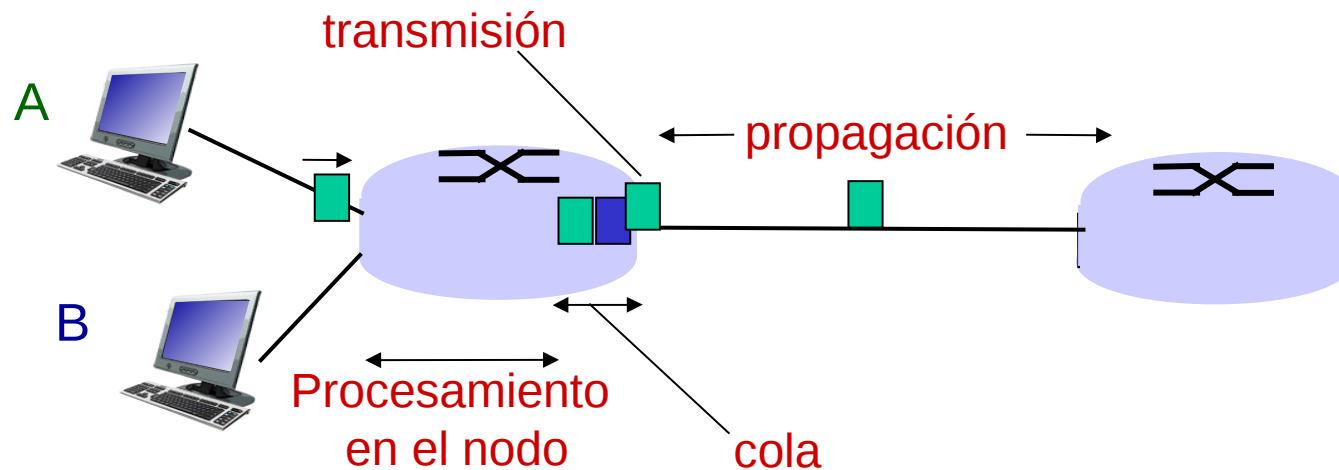
d_{proc} : procesamiento en el nodo

- Chequeo por errores de bits
- Determinar el enlace de salida
- típicamente < msec

d_{queue} : retardo en la cola

- Tiempo de espera en el enlace de salida para la transmisión
- Depende de la congestión a nivel del enrutador

Cuatro causas de retardo de paquetes



$$d_{\text{nodal}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{queue}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

d_{trans} : retardo de transmisión:

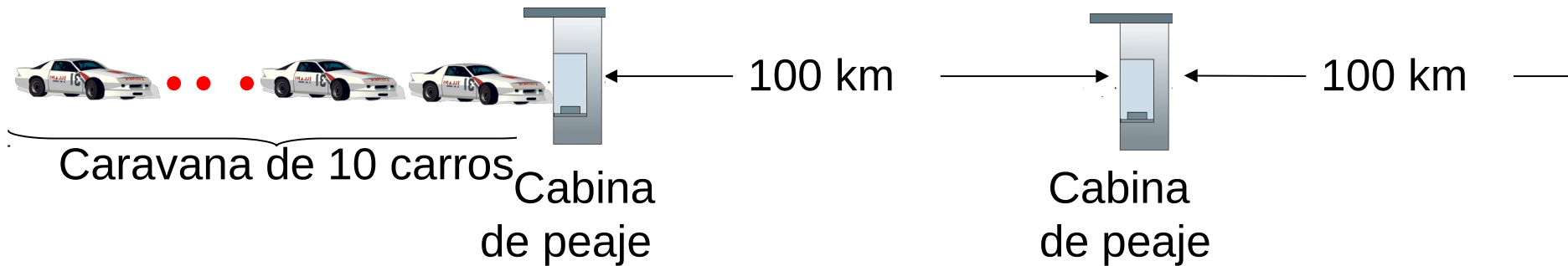
- L : longitud del paquete (bits)
- R : ancho de banda del enlace (bps)
- $d_{\text{trans}} = L/R$

d_{prop} : retardo de propagación:

- d : longitud del enlace físico
- s : velocidad de propagación en el medio ($\sim 2 \times 10^8$ m/sec)
- $d_{\text{prop}} = d/s$

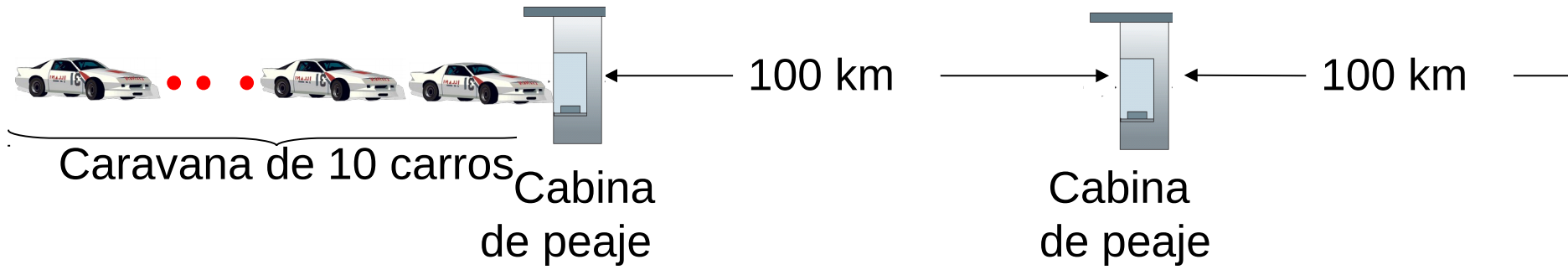
d_{trans} y d_{prop}
son bien distintas

Analogía de la caravana



- ❖ Los carros de "propagan" a 100 km/hora
- ❖ Pasar el peaje toma 12 seg para atender un carro (tiempo de transmisión de un bit)
- ❖ car~bit; caravana ~ paquete
- ❖ **P: ¿Cuánto tiempo pasará hasta que la caravana se encole antes de llegar a la segunda cabina de peaje?**
- El tiempo para "empujar" toda la caravana a través de la cabina de peaje en la autopista = $12 \times 10 = 120$ segundos
- tiempo para que el último carro entre la 1^{era} y la 2^{da} cabina de peaje: $100\text{km}/(100\text{km/hr}) = 1$ hora
- **R: 62 minutos**

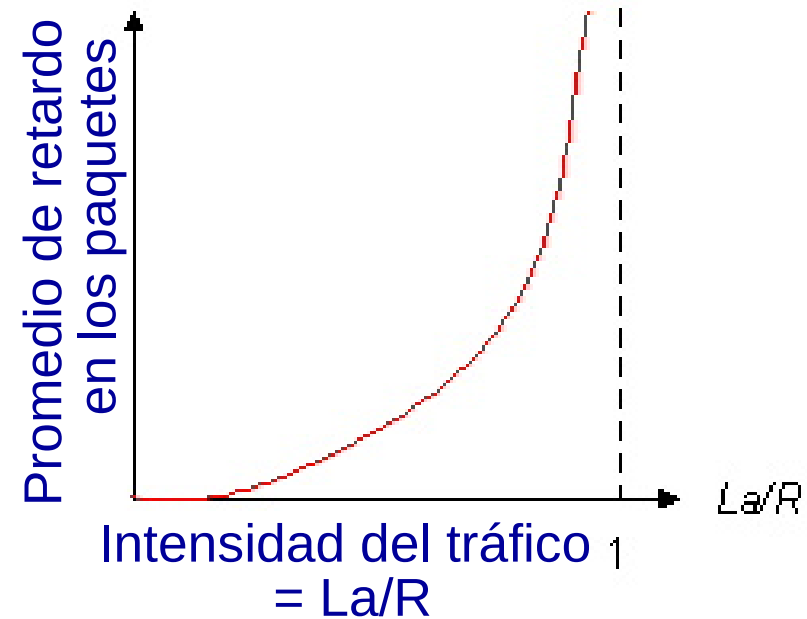
Analogía de la caravana



- ❖ Supongamos que un carro se “propaga” a 1000 km/hr
- ❖ Y además que pasar una cabina de peaje ahora toma 1 minuto para atender a un carro
- ❖ P: Llegaron los carros llegaron a la segunda cabina antes de que todos hayan sido atendidos en la primera cabina?
 - R: Si! luego 7 min, 1er carro llega a la segunda cabina; 3 carros todavía están en la 1era cabina.

Retardos en la cola

- ❖ R : ancho de banda (bps)
- ❖ L : longitud de los paquetes (bits)
- ❖ a : tasa promedio de llegada de paquetes



- ❖ $La/R \sim 0$: prom. Pequeño retardo en la cola
- ❖ $La/R \rightarrow 1$: prom. Largo retardo en la cola
- ❖ $La/R > 1$: llega más de lo que puede ser atendido, el promedio en la cola tiende a infinito!



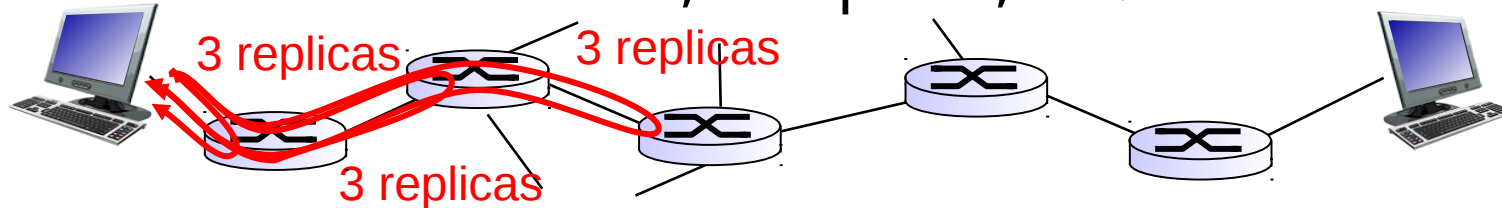
$La/R \sim 0$



$La/R \rightarrow 1$

Retardos y rutas “Reales” de Internet


- ❖ Cómo se ven las rutas y retardos “reales” en Internet?
- ❖ El programa **traceroute**: provee medidas sobre retardos desde la fuente hasta el destino indicando la ruta punto a punto. Por cada prueba a *i*:
 - Envía 3 paquetes que llegarán al enrutador *i* y nos indica la ruta que siguió para ello
 - El enrutador *i* devolverá los paquetes al emisor
 - El intervalo entre en el emisor y el receptor indicará la medida de retardo, recepción, etc.



Retardos y rutas “Reales” de Internet

traceroute: gaia.cs.umass.edu to www.eurecom.fr


3 medidas de retardo desde
gaia.cs.umass.edu hasta cs-gw.cs.umass.edu



```

1 cs-gw (128.119.240.254) 1 ms 1 ms 2 ms
2 border1-rt-fa5-1-0.gw.umass.edu (128.119.3.145) 1 ms 1 ms 2 ms
3 cht-vbns.gw.umass.edu (128.119.3.130) 6 ms 5 ms 5 ms
4 jn1-at1-0-0-19.wor.vbns.net (204.147.132.129) 16 ms 11 ms 13 ms
5 jn1-so7-0-0-0.wae.vbns.net (204.147.136.136) 21 ms 18 ms 18 ms
6 abilene-vbns.abilene.ucaid.edu (198.32.11.9) 22 ms 18 ms 22 ms
7 nycm-wash.abilene.ucaid.edu (198.32.8.46) 22 ms 22 ms 22 ms
8 62.40.103.253 (62.40.103.253) 104 ms 109 ms 106 ms
9 de2-1.de1.de.geant.net (62.40.96.129) 109 ms 102 ms 104 ms
10 de.fr1.fr.geant.net (62.40.96.50) 113 ms 121 ms 114 ms
11 renater-gw.fr1.fr.geant.net (62.40.103.54) 112 ms 114 ms 112 ms
12 nio-n2.cssi.renater.fr (193.51.206.13) 111 ms 114 ms 116 ms
13 nice.cssi.renater.fr (195.220.98.102) 123 ms 125 ms 124 ms
14 r3t2-nice.cssi.renater.fr (195.220.98.110) 126 ms 126 ms 124 ms
15 eurecom-valbonne.r3t2.ft.net (193.48.50.54) 135 ms 128 ms 133 ms
16 194.214.211.25 (194.214.211.25) 126 ms 128 ms 126 ms
17 * * *
18 * * *
19 fantasia.eurecom.fr (193.55.113.142) 132 ms 128 ms 136 ms
  
```

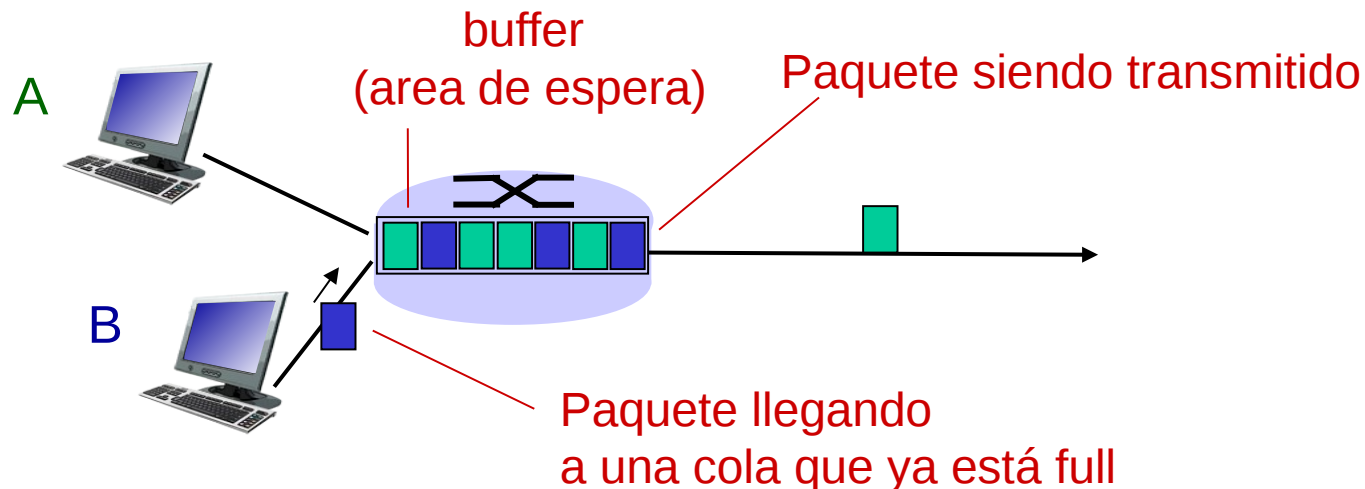
Enlace tras-oceánico



* indica que no obtuvo respuesta (replica perdida, enrutador no responde, equipo que está configurado para no responder su identidad)

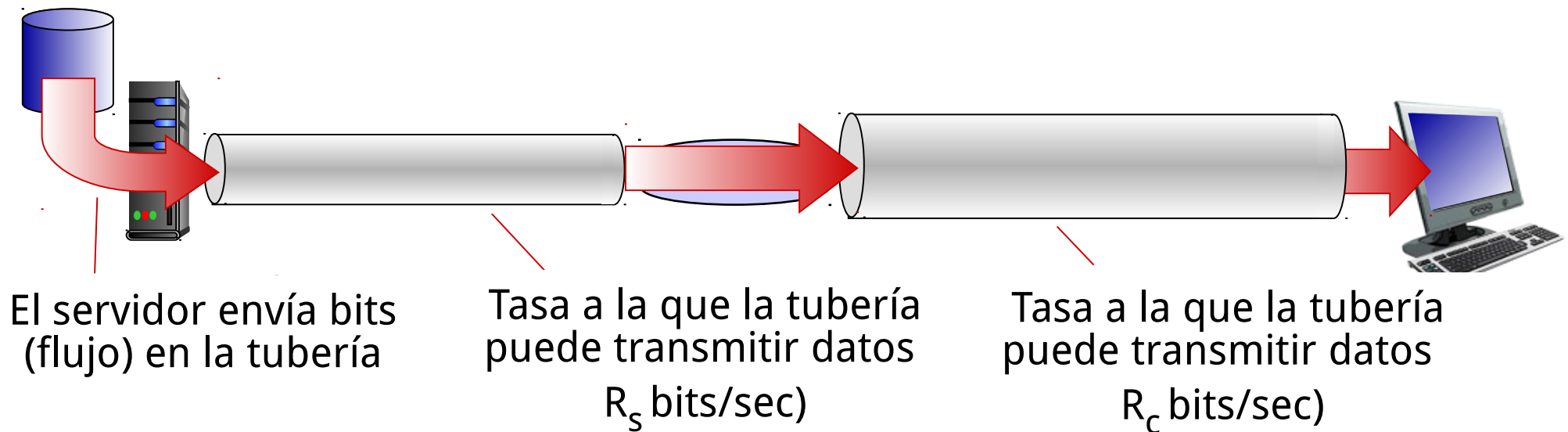
Pérdida de paquetes

- ❖ La cola (aka buffer) en un enlace tiene una capacidad finita
- ❖ Los paquetes que llegan a una cola que ya está full son descartados (aka pérdidas)
- ❖ Las pérdidas de paquetes pueden ser re-transmitidos por el nodo anterior, por el sistema fuente, o simplemente se pierden



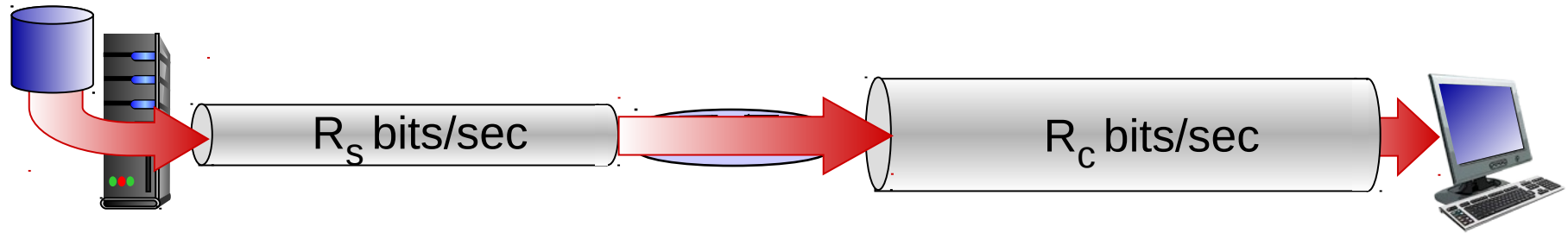
Throughput (rendimiento)

- ❖ *throughput*: tasa (unidad bits/tiempo) en la cual bits son transferidos entre el emisor y el receptor
 - *instantánea*: tasa dada en un punto en el tiempo
 - *promedio*: tasa sobre un periodo más largo de tiempo

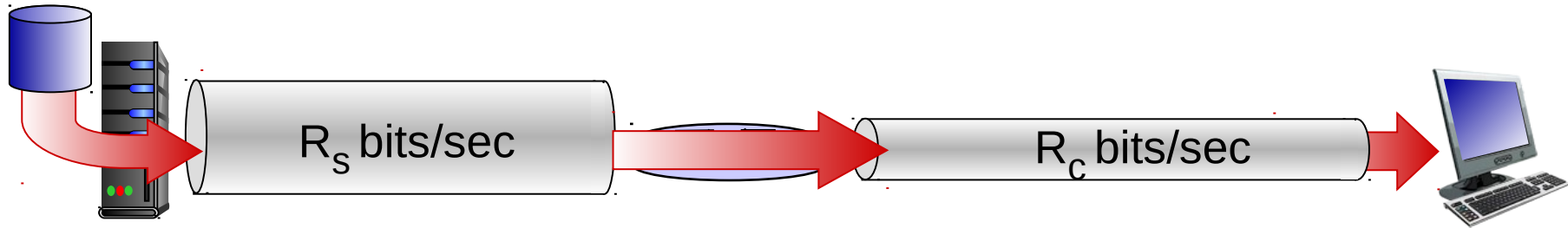


Throughput (rendimiento)

- ❖ $R_s < R_c$ Cual es el rendimiento (throughput) promedio punto a punto?



- ❖ $R_s > R_c$ Cual es el rendimiento (throughput) promedio punto a punto?

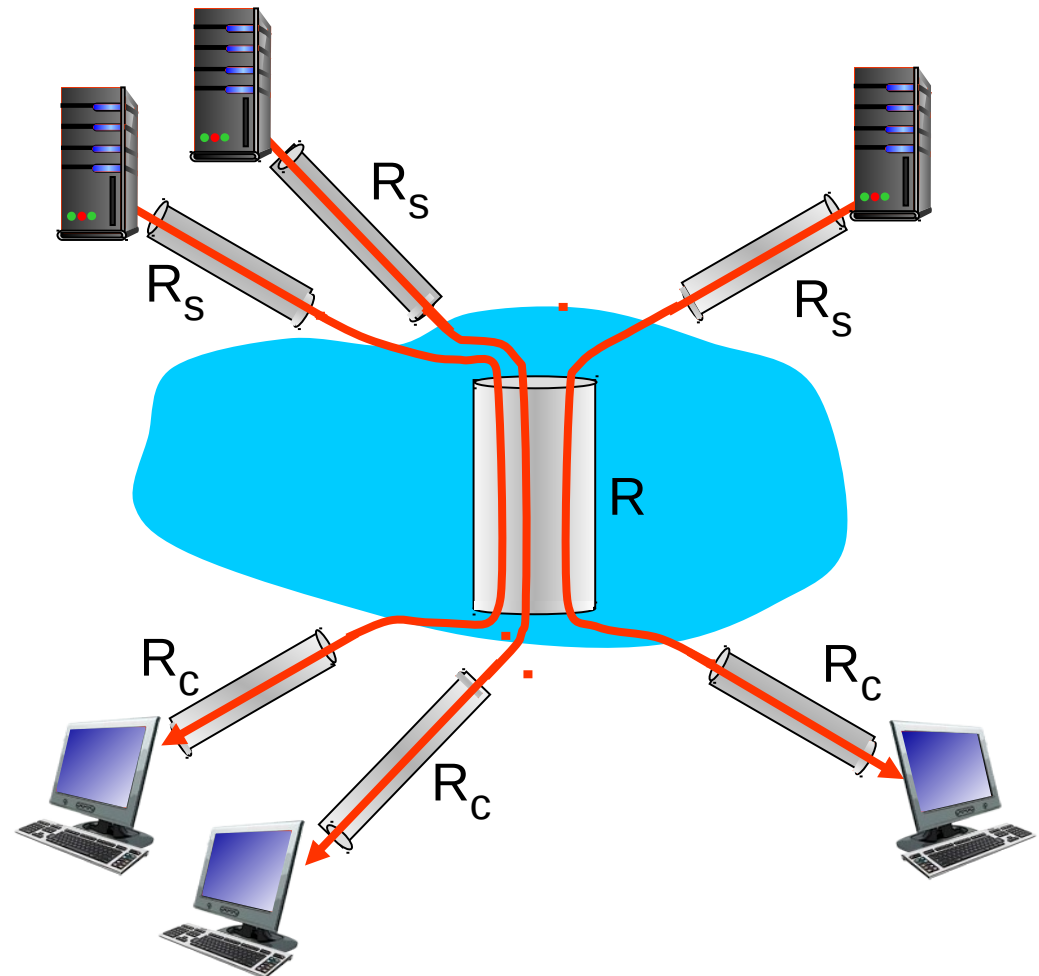


Enlace cuello de botella

El enlace en el camino o ruta que restringe el rendimiento punto a punto

Throughput: Escenario en Internet

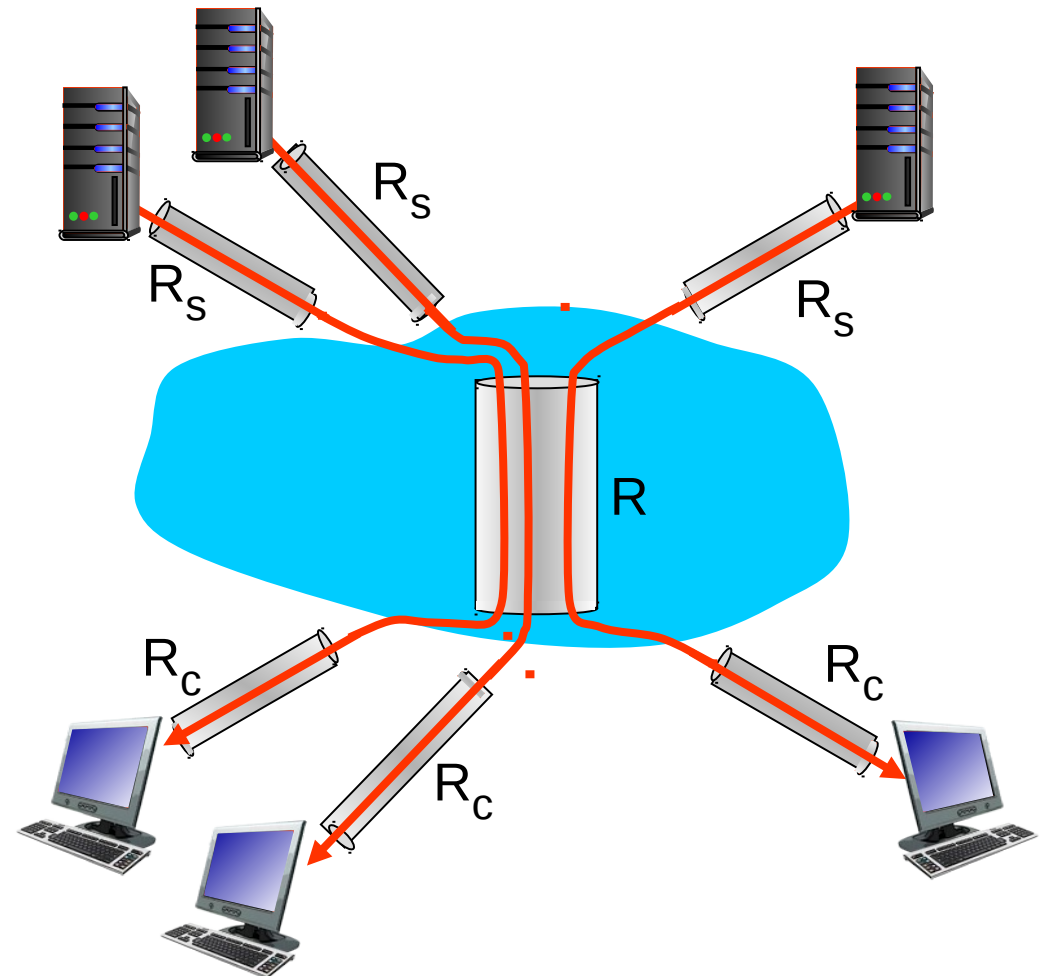
- ❖ Por conexión rendimiento (throughput) punto a punto:
 $\min(R_c, R_s, R/10)$
- ❖ En la práctica: R_c o R_s son los cuellos de botella



10 conexiones comparten el backbone y
pueden generarse un enlace cuello de botella
 R bits/sec

Throughput: Escenario en Internet

- ❖ Por conexión rendimiento (throughput) punto a punto:
 $\min(R_c, R_s, R/10)$
- ❖ En la práctica: R_c o R_s son los cuellos de botella



10 conexiones comparten el backbone y
pueden generarse un enlace cuello de botella
 R bits/sec

Capítulo 1: la ruta

1.1 ¿Qué es la Internet?

1.2 Red de acceso

Equipos finales, redes de acceso, enlaces

1.3 Red troncal

Conmutación de paquetes, conmutación de circuitos, estructura de la red

1.4 Retardo, pérdidas, rendimiento de la red

1.5 Capas de protocolos, modelos de servicio

1.6 Redes bajo ataque: seguridad

1.7 Historia

“Capas” del protocolo

Las redes son complejas y compuestas por muchas piezas:

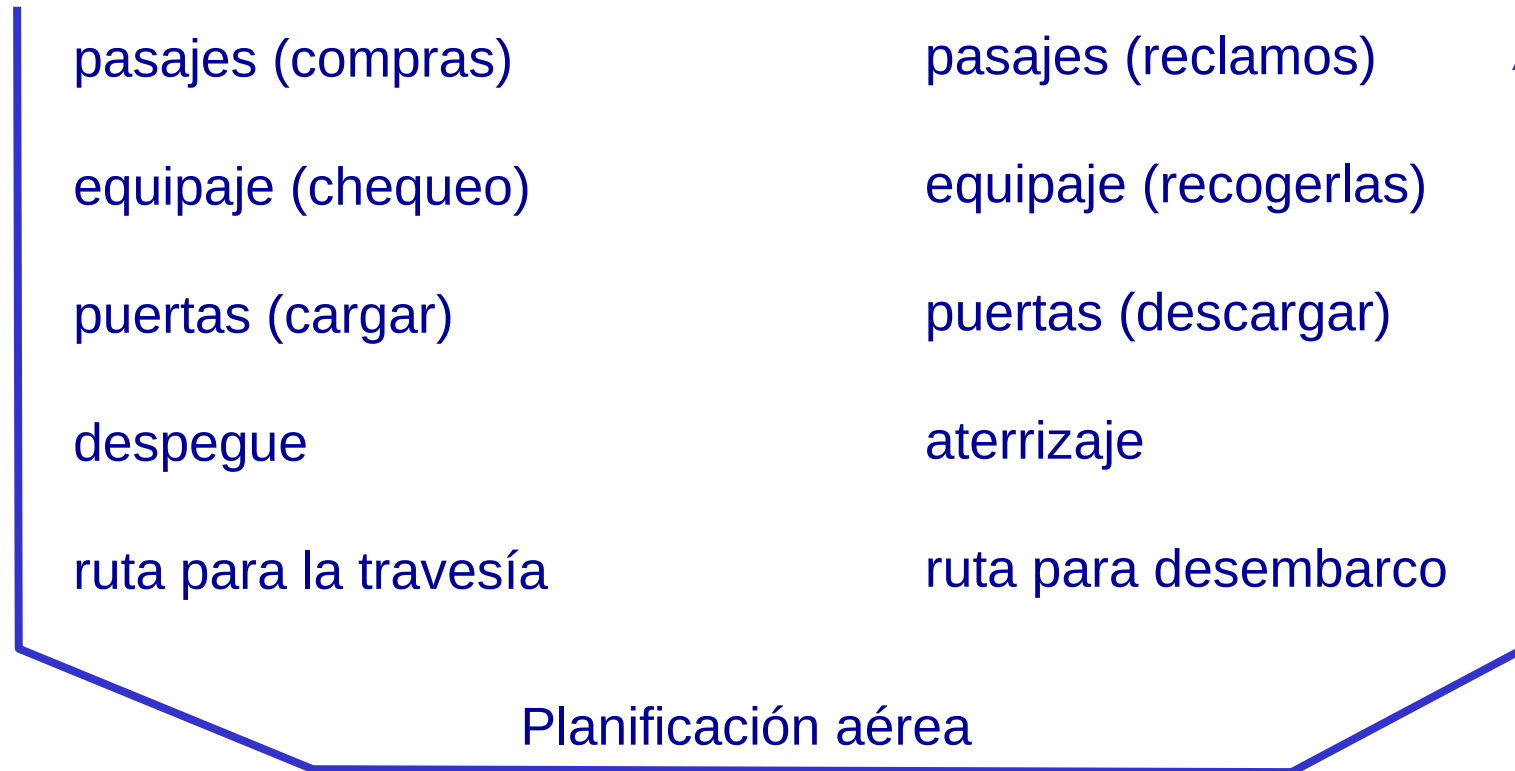
- Equipos (hosts)
- Enrutadores
- Enlaces de varios medios
- Aplicaciones
- Protocolos
- Hardware y software

Pregunta:

Hay alguna esperanza en organizar una estructura de red?

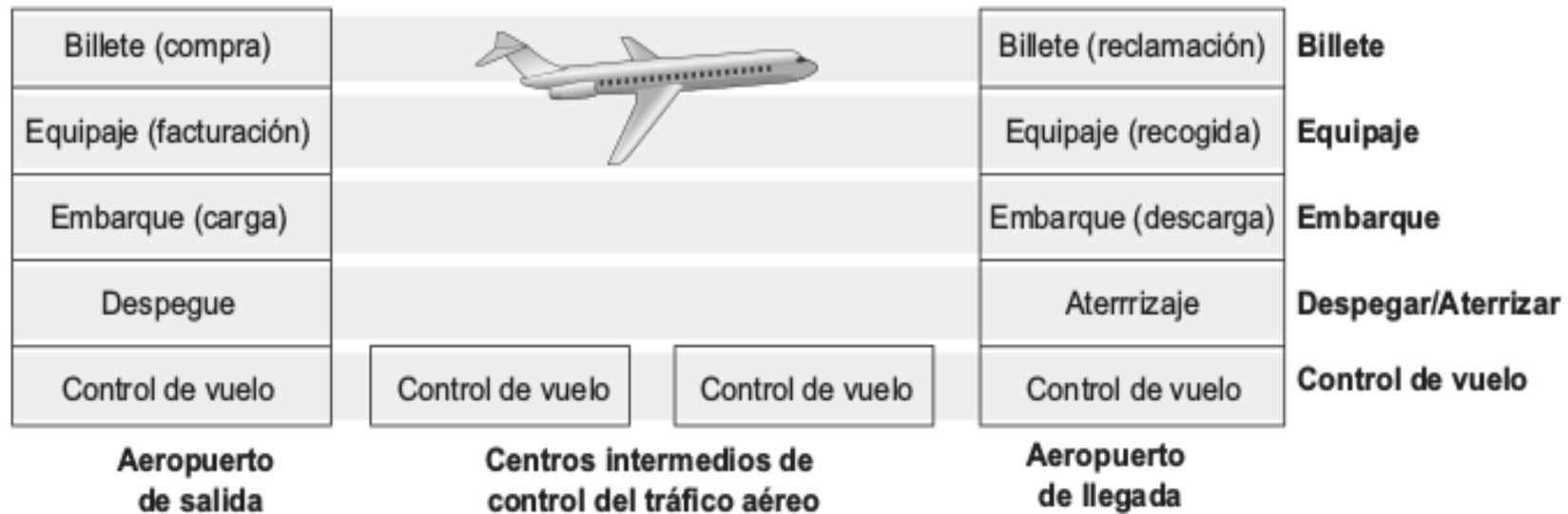
...veamos como se organizan tantas cosas a la vez...

Organizando el espacio aéreo



❖ Muchos pasos involucrados al igual que en la red

Transformando en capas las funciones de una aerolínea



Capas: cada capa implementa un servicio

- Usando sus propias interacciones entre capas
- Confiando en los servicios provistos de la capa inferior

¿Por qué dividir en capas?

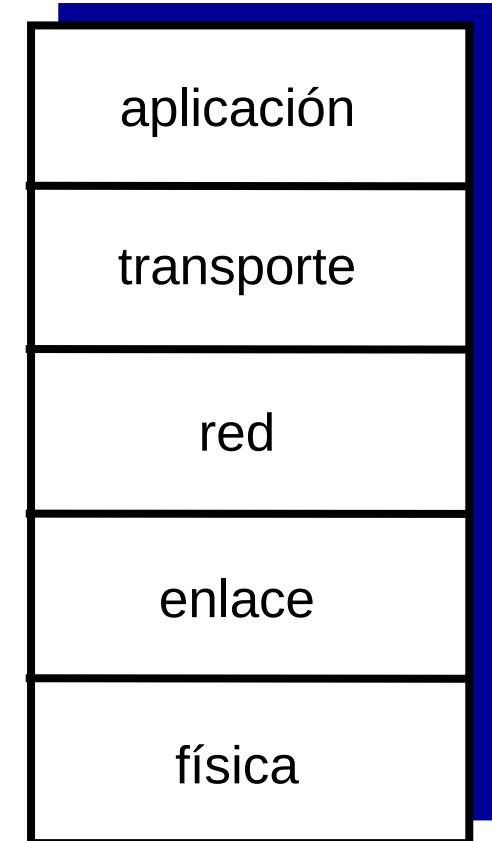
Tratando con sistemas complejos:

- ❖ Estructuras explícitas permiten la identificación, relaciones complejas, partes de cada sistema
- ❖ La modularización permite un fácil mantenimiento, actualización y modificación del sistema
 - Los cambios pueden implementarse en capas de servicio de forma transparente al resto del sistema
 - Por ejemplo: un cambio en un procedimiento de carga de pasajeros en una puerta no tiene porque afectar el resto del sistema

P: ¿Qué aspectos pueden ser nocivos al dividir el sistema en capas?

El apilamiento en Internet

- ❖ *Aplicación*: aplicaciones de apoyo a la red
 - FTP, SMTP, HTTP
- ❖ *Transporte*: procesamiento de la transferencia de datos
 - TCP, UDP
- ❖ *Red*: Enrutamiento de los datagramas desde la fuente hasta el destino
 - IP, routing protocols
- ❖ *Enlace*: transferencia de datos entre elementos vecinos de la red
 - Ethernet, 802.111 (WiFi), PPP
- ❖ *Física*: bits “en el cable”

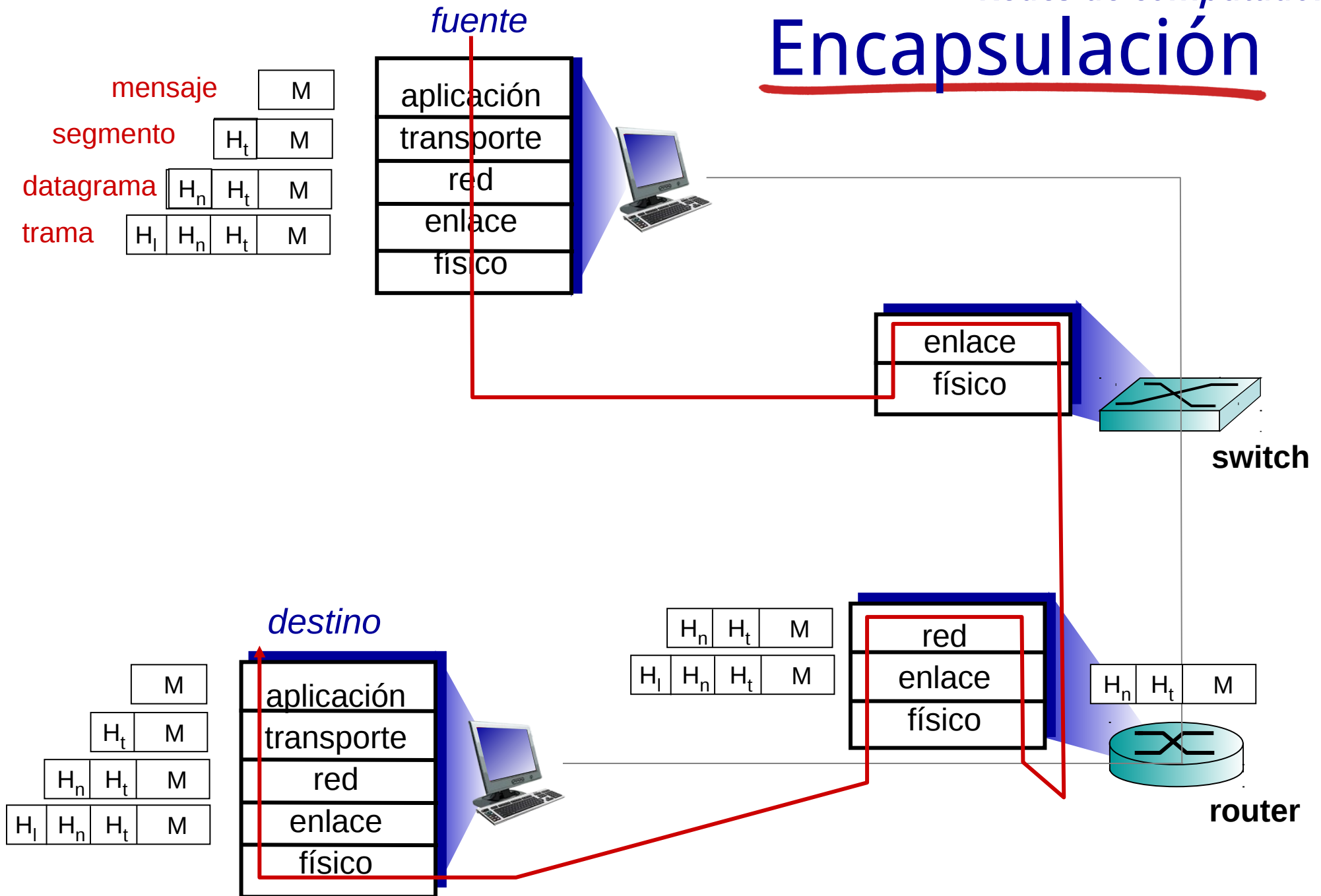


Modelo de referencia ISO/OSI

- ❖ *Presentación*: permite a la aplicación interpretar los datos, e.g., cifrado, compresión, convenciones específicas de hardware
- ❖ *Sesión*: sincronización, chequeo, recuperación en el intercambio de datos
- ❖ La pila de Internet tiene “perdidas” estas capas!
 - Estos servicios, si se necesitan, deben ser implementados en la capa de aplicación
 - ¿necesarias?



Encapsulación



Capítulo 1: la ruta

1.1 ¿Qué es la Internet?

1.2 Red de acceso

Equipos finales, redes de acceso, enlaces

1.3 Red troncal

Conmutación de paquetes, conmutación de circuitos, estructura de la red

1.4 Retardo, pérdidas, rendimiento de la red

1.5 Capas de protocolos, modelos de servicio

1.6 Redes bajo ataque: seguridad

1.7 Historia

Seguridad en la red

- ❖ El campo de la seguridad de redes estudia:
 - Cómo los tipos malos atacan redes y equipos
 - Cómo pueden establecerse medidas de defensa a los ataques
 - Cómo diseñar arquitecturas que minimicen los ataques
- ❖ Hay que tomar en cuenta que la Internet no fue diseñada originalmente tomando en cuenta los aspectos de seguridad que hoy la afectan
 - *La visión original:* “un grupo usuarios que confían entre ellos y que están conectados entre sí a red “transparente”” 😊
 - A los diseñadores de protocolos de Internet les ha tocado jugar “catch-up” con los temas de seguridad
 - Cada capa de la red tiene que tomar en cuenta aspectos de seguridad!

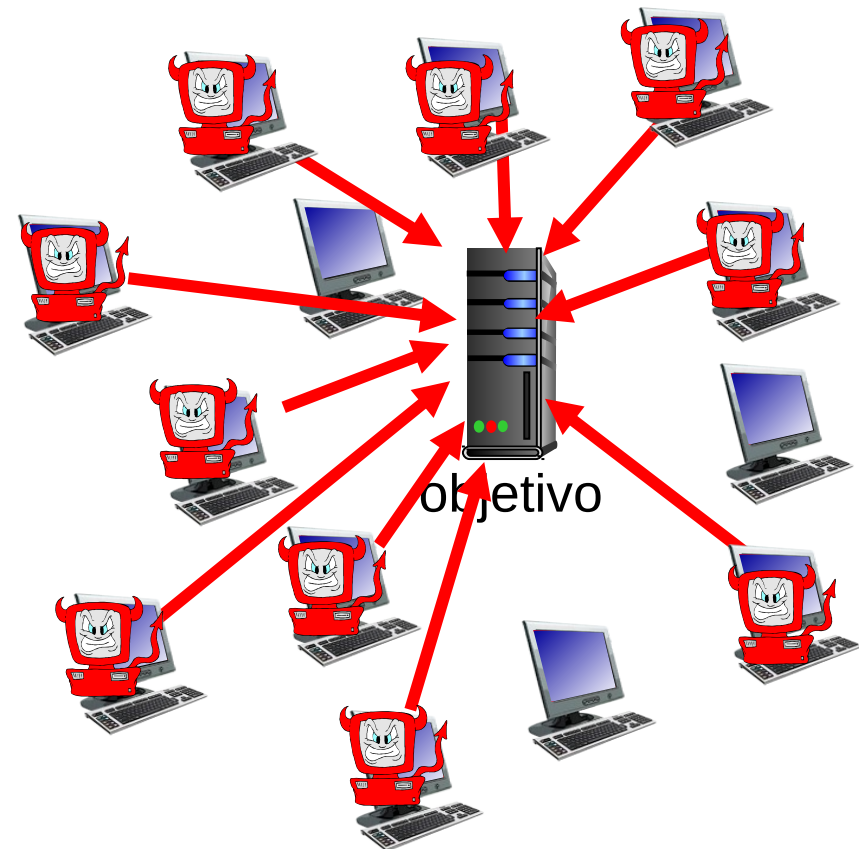
Los tipos malos: poniendo malware en equipos via Internet

- ❖ El malware puede llegar al equipo desde:
 - *virus*: infección que se replica a si misma mediante la recepción/ejecución de objetos (e.g., anexo en un correo)
 - *gusano*: infección que se replica a si misma mediante la recepción pasiva de objetos que se auto ejecutan sin la necesidad de que el usuario los active
- ❖ *spyware malware* puede registrar lo que escribes, los sitios web que visitas, subir información de tu equipo a un servidor de recolección
- ❖ Los equipos infectado son utilizados en una *botnet*, para el envío de spam, ataques de denegación de servicios distribuidos (DDoS)

Los tipos malos: ataque a servidores, desde la red

Denegación de servicio (DoS): los atacantes logran tomar control de los recursos (servidor, ancho de banda) y dejar desconectados los recursos a los usuarios legítimos

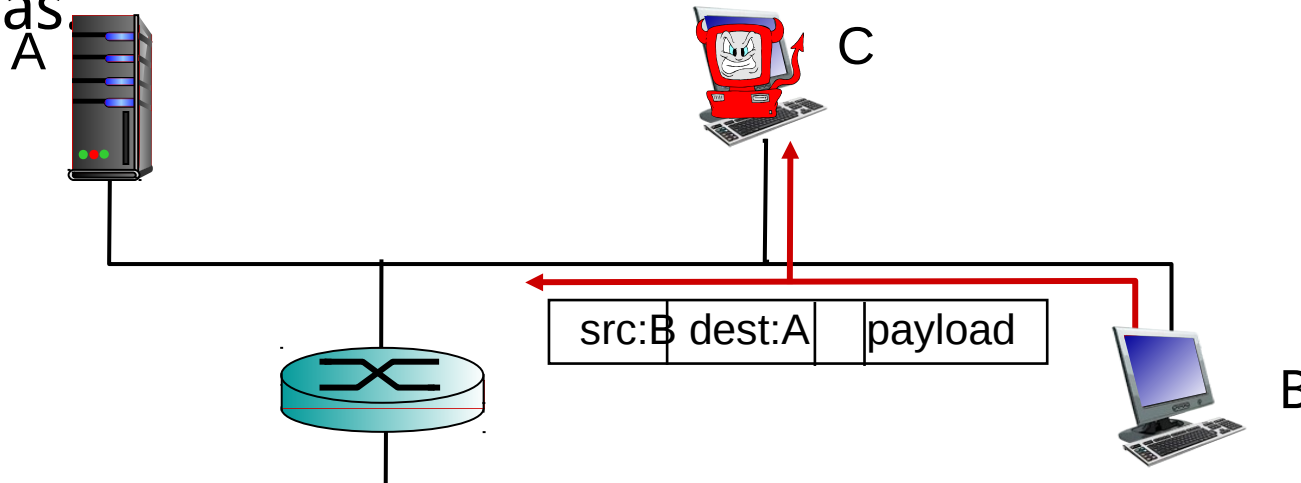
1. Seleccionan un objetivo
2. Entran en equipos alrededor del objetivo (botnet)
3. Envían paquetes desde los equipos comprometidos al objetivo



Los tipos malos pueden inspeccionar (sniff) los paquetes

“sniffing” olisqueo de paquetes:

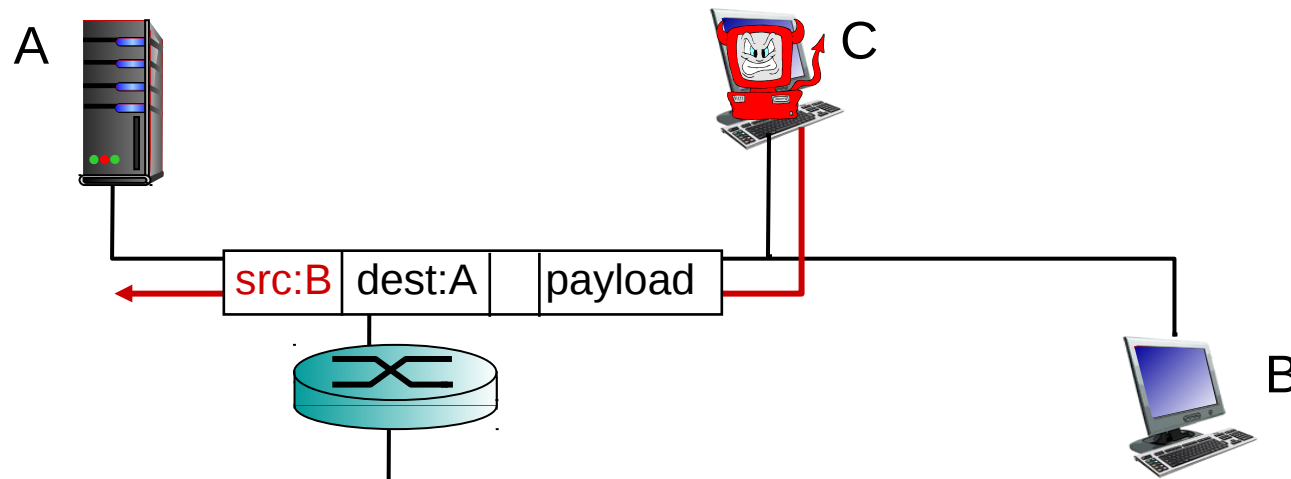
- Medios de difusión (ethernet compartido, inalámbrico)
- Interfaces de redes promiscuas leen/registran todos los paquetes (incluyendo contraseñas!) que pasen a través de ellas



El programa wireshark es utilizado para hacer sniffing y lo vamos a usar en las prácticas para comprender los paquetes pasan por la red

Los tipos malos pueden usar direcciones falsas

IP spoofing: envía paquetes con direcciones fuente falsas



... vamos a ver mucho más sobre seguridad más adelante en el capítulo 8

Capítulo 1: la ruta

1.1 ¿Qué es la Internet?

1.2 Red de acceso

Equipos finales, redes de acceso, enlaces

1.3 Red troncal

Conmutación de paquetes, conmutación de circuitos, estructura de la red

1.4 Retardo, pérdidas, rendimiento de la red

1.5 Capas de protocolos, modelos de servicio

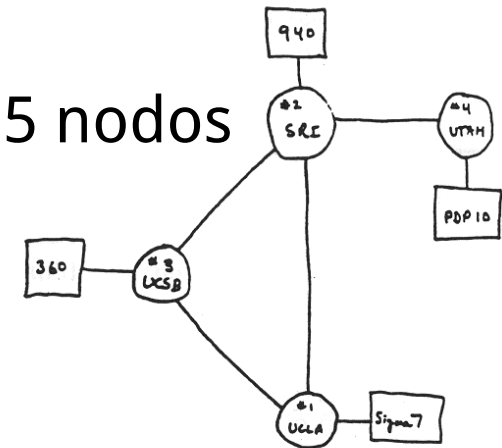
1.6 Redes bajo ataque: seguridad

1.7 Historia

Historia de Internet

1961-1972: Principios tempranos de la conmutación de paquetes

- ❖ **1961:** la teoría de colas de Kleinrock prueba ser efectiva para la conmutación de paquetes
- ❖ **1964:** Se utilizan el modelo de conmutación de paquetes de Baran en redes militares
- ❖ **1967:** Es concebida la agencia para el desarrollo de proyectos avanzados ARPAnet
- ❖ **1969:** primer nodo operativo de ARPAnet
- ❖ **1972:**
 - Primera demostración pública de ARPAnet
 - Primer protocolo equipo a equipo NCP (Network Control Protocol)
 - Primer programa de correo electrónico
 - ARPAnet tiene 15 nodos



THE ARPA NETWORK

Historia de Internet

1972-1980: interconexión, nuevas y redes propietarias

- ❖ 1970: red satelital en Hawii, ALOHAnet
- ❖ 1974: Cerf and Kahn – definen arquitectura para la interconexión de redes
- ❖ 1976: Ethernet y Xerox PARC
- ❖ late70's: arquitecturas propietarias: DECnet, SNA, XNA
- ❖ late 70's: conmutación de paquetes de longitud fija (precursor de ATM)
- ❖ 1979: ARPAnet tiene 200 nodos

Principios de interconexión de Cerf y Kahn's:

- minimalismo, autonomía - no hay que realizar cambios internos para lograr la interconexión de redes
- Modelo de servicio del mejor esfuerzo (best effort)
- Enrutadores independientes
- Control descentralizado

Define la arquitectura del Internet de hoy

Historia de Internet

1980-1990: nuevos protocolos, y proliferación de redes

- ❖ 1983: Despliegue de TCP/IP
- ❖ 1982: se definen los protocolos smtp, e-mail
- ❖ 1983: Se define el protocolo DNS para la traducción de direcciones IP a nombres
- ❖ 1985: Se define el protocolo ftp
- ❖ 1988: Se define el protocolo de control de congestión de TCP
- ❖ Nuevas redes nacionales en EUA: Csnet, BITnet, NSFnet, Minitel
- ❖ 100,000 equipos conectados a través de redes confederadas

Historia de Internet

1990, 2000's: comercialización, la Web, aplicaciones basadas en Internet

- ❖ Comienzos de los 90's:
desmantelamiento de ARPAnet
- ❖ 1991: NSF levanta las restricciones sobre el uso comercial de la NSFnet (desmantelada, 1995)
- ❖ Comienzos de los 90's: Web
 - Hipertexto [Bush 1945, Nelson 1960's]
 - HTML, HTTP: Berners-Lee
 - 1994: Mosaico, luego se convierte en Netscape (primer navegador)
 - Finales de los 90's: comercialización de la Web
- Finales de los 90's – comienzo de los 2000's:
 - ❖ Más aplicaciones basadas en Internet: mensajería instantánea, intercambio de archivos P2P
 - ❖ Seguridad en la red comienza a ser una preocupación
 - ❖ Se llega a más de 50 millones de equipos y más de 100 millones de usuarios
 - ❖ La columna vertebral (backbone) con capacidad de Gbps

Historia de Internet

2005-presente

- ❖ ~750 millones de equipos conectados
 - Teléfonos inteligentes, tabletas, drones, IoT
- ❖ Desarrollo agresivo del acceso de banda ancha y Fibra hasta la casa
- ❖ Incremento de la ubicuidad en el acceso inalámbrico a banda ancha
- ❖ Las redes sociales emergentes y cada vez más instantáneas:
 - Facebook: ya sobre el billón de usuarios
- ❖ Proveedores de servicios (Google, Microsoft, Amazon) creando más redes propias
 - Creando atajos a Internet, facilitando acceso “instantáneo” a búsquedas, correos, ítems para comprar, etc.
- ❖ Comercio electrónico, universidades, grandes empresas administrando sus propios servicios en la “nube” (eg, Amazon EC2)

Resumen de la introducción

Hemos visto mucho material en poco tiempo!

- ❖ Una visión de Internet
- ❖ ¿Qué es un protocolo?
- ❖ Red a nivel de núcleo, distribución y acceso
 - Conmutación de paquetes versus conmutación de circuitos
 - La estructura de Internet
- ❖ Comportamiento: pérdida, retardo, rendimiento
- ❖ capas, modelos de servicio
- ❖ Un abre-boca sobre seguridad
- ❖ Algo de historia

Ahora que viene?:

- ❖ Contexto, usos, más sobre cómo utilizar las redes
- ❖ Más profundidad en cada punto que tratamos, detalles de técnicas de cada uno!