

Capítulo 1: Introducción

ELO322: Redes de Computadores

Agustín J. González

Este material está basado en el material preparado como apoyo al texto *Computer Networking: A Top Down Approach*, Kurose & Ross.

¿Para qué o cuál es el objetivo de una red de computadores?

- ❑ Para compartir recursos
- ❑ Qué recursos:
 - Datos
 - Aplicaciones
 - Equipos
 - Ejemplos:
 - Cursos on-line (Massive Open Online Courses, MOOC)
 - Películas on-line (datos)
 - Aragorn.elo.utfsm.cl
 - Impresoras en línea

Módulo 1: Introducción

Objetivo

- ❑ Familiaridad con terminología
- ❑ Cada tema será cubierto en profundidad más adelante
- ❑ Estrategia:
 - Usar la Internet como ejemplo

Visión general

- ❑ Qué es la Internet?
- ❑ Qué es un protocolo?
- ❑ Red periférica; hosts, red de acceso, medios físicos
- ❑ Desempeño: pérdidas de paquetes, retardo, “throughput”
- ❑ Seguridad
- ❑ Capas de protocolos, modelos de servicio
- ❑ Historia

Introducción: temas a cubrir

1.1 ¿Qué es la Internet?

1.2 Red periférica (network edge)

- Sistemas terminales, red de acceso, enlaces

1.3 Red central (core)

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

1.4 Retardos & pérdidas en redes de paquetes conmutados

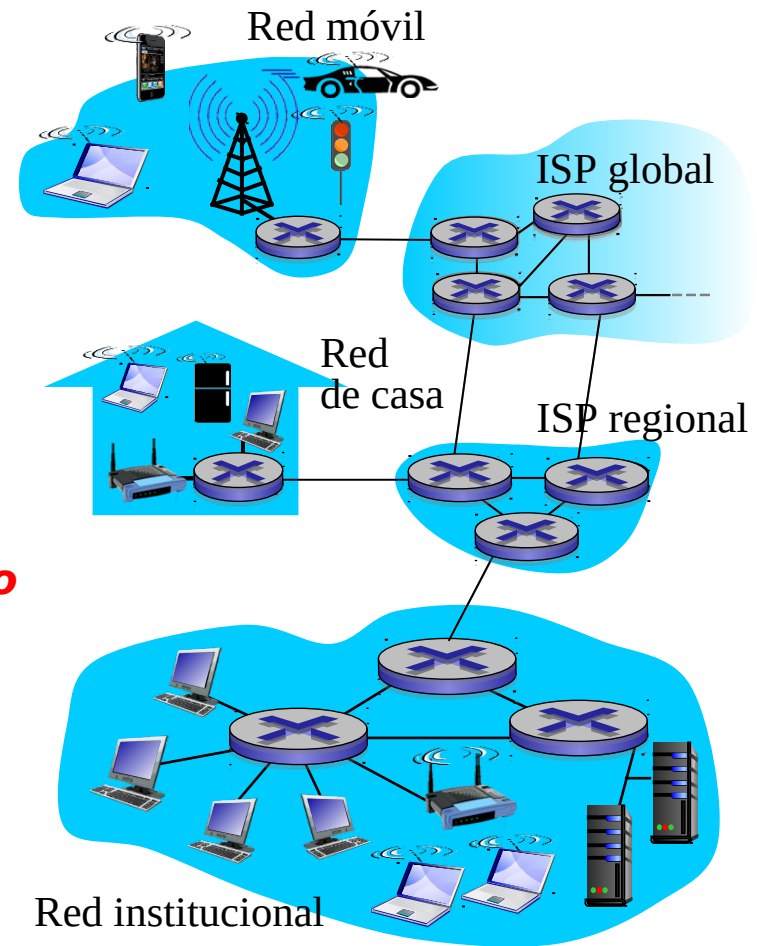
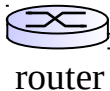
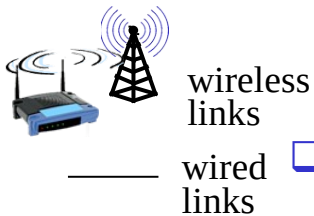
1.5 Capas de protocolos, Modelo de servicio

1.6 La red bajo ataque: seguridad

1.7 Historia (lectura personal)

¿Qué es la Internet?

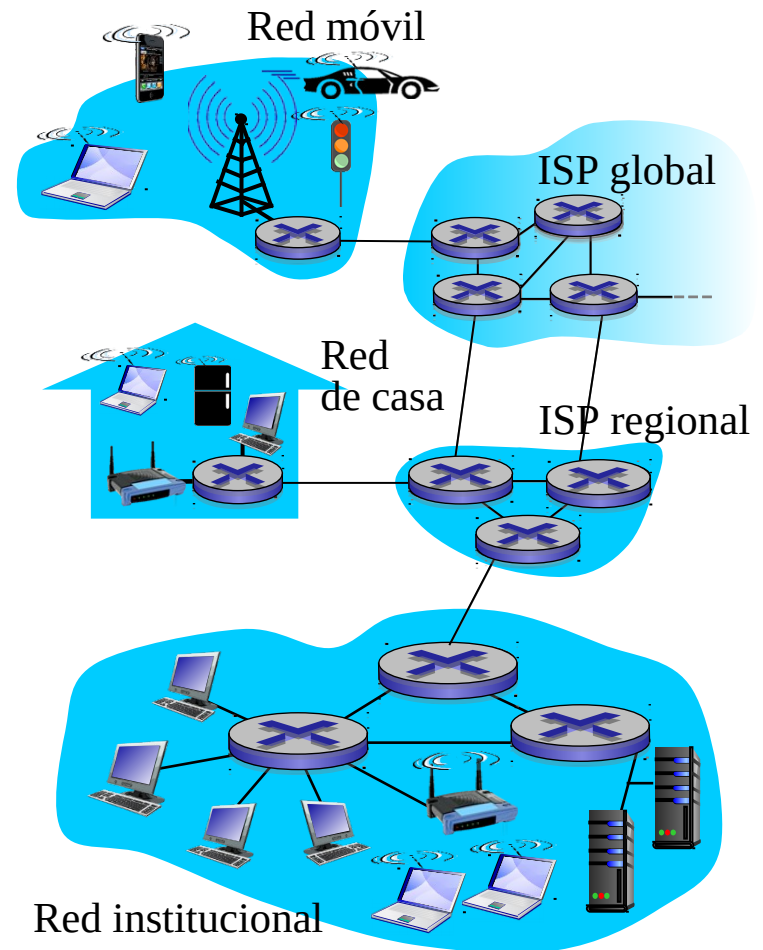
- Millones de dispositivos de cómputo conectados:
 - hosts = sistema terminal*
 - Los hosts corren las *aplicaciones de red*
- Conectados vía Enlaces de comunicaciones*
 - fibra, cobre, radio, satélite
 - Tasas de transmisión = "**ancho de banda (bandwidth)**"
- Conmutación de paquetes: reenvío de paquetes (conjunto de datos)*
 - Routers y switches:* reenvía paquetes (datos binarios)



ISP: Internet Service provider

¿Qué es la Internet?

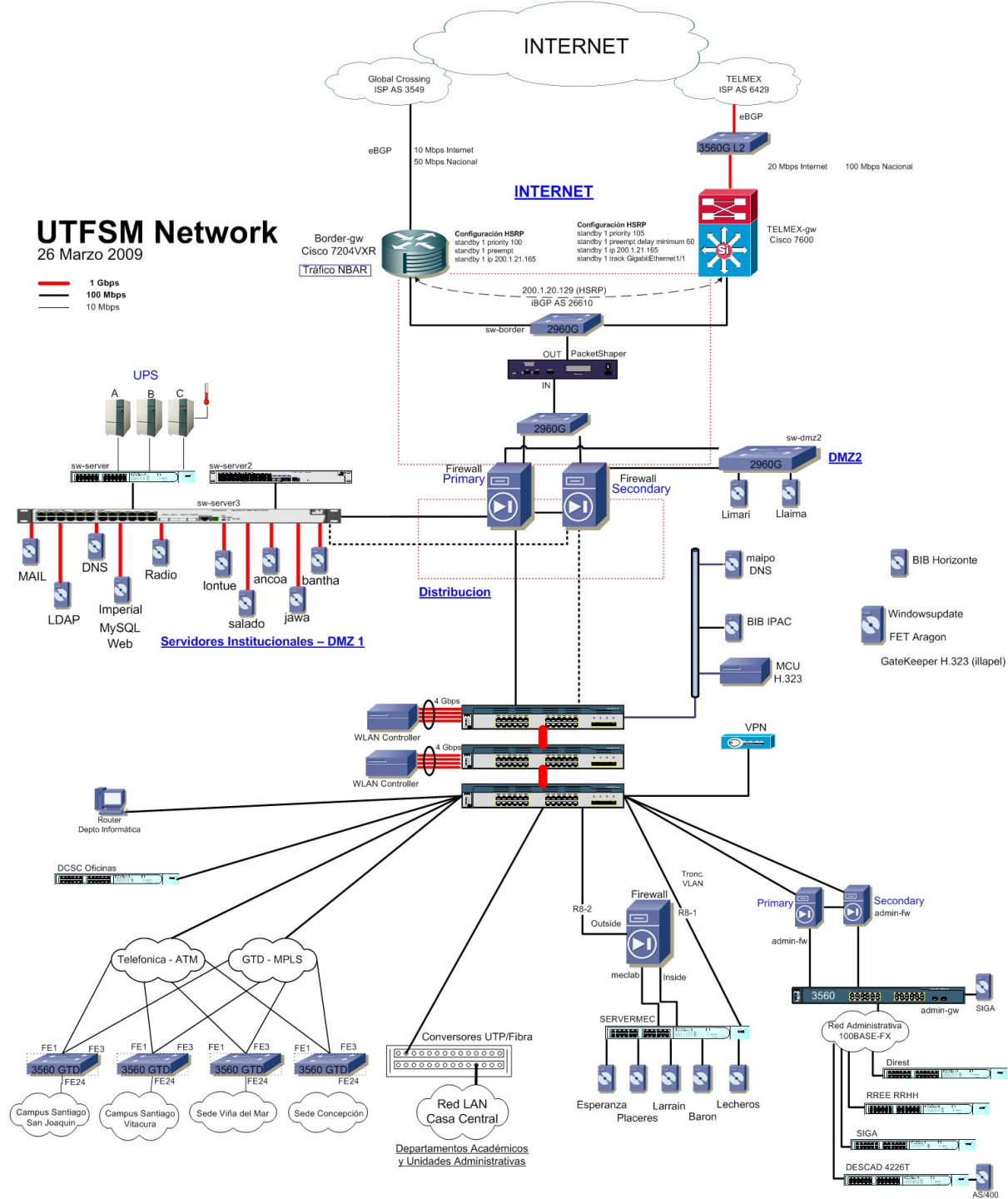
- ❑ **Internet: "Red de redes"**
 - *ISPs interconectados*
- ❑ **protocolos** controlan el envío y recepción de mensajes
 - e.g., TCP, IP, HTTP, skype, 802.11 (WiFi)
- ❑ **Estándares en Internet**
 - RFC: Request for comments (documento)
 - IETF: Internet Engineering Task Force (organización)



ISP: Internet Service provider

Red USM

Alguna vez la USM tenía esta estructura



¿Qué es la Internet?: sus servicios

- ❑ *Infraestructura que provee servicios a las aplicaciones:*
 - Web, VoIP (voz sobre IP), email, juegos, comercio electrónico, redes sociales, etc...
- ❑ *Provee interfaces de programación para las aplicaciones*
 - Son puntos para que los programas de aplicación puedan enviar y recibir mensajes puedan conectarse a Internet
- ❑ *No olvidar el propósito de las redes* es el compartir recursos (datos, acceso a máquinas, etc).

¿Cómo se estructura y estudia las redes de Computadores?

- ❑ “Dividir para conquistar”
- ❑ La arquitectura se puede subdividir en capas.
- ❑ Capas de la arquitectura de Internet:

Aplicación
Transporte
Red
Enlace de Datos
Física

¿Qué es un protocolo?

Protocolos humanos:

- ❑ “¿Qué hora es?”
- ❑ “Tengo una pregunta”
- ❑ saludos

... mensaje específico es enviado

... acción específica es tomada cuando el mensaje u otros eventos son recibidos

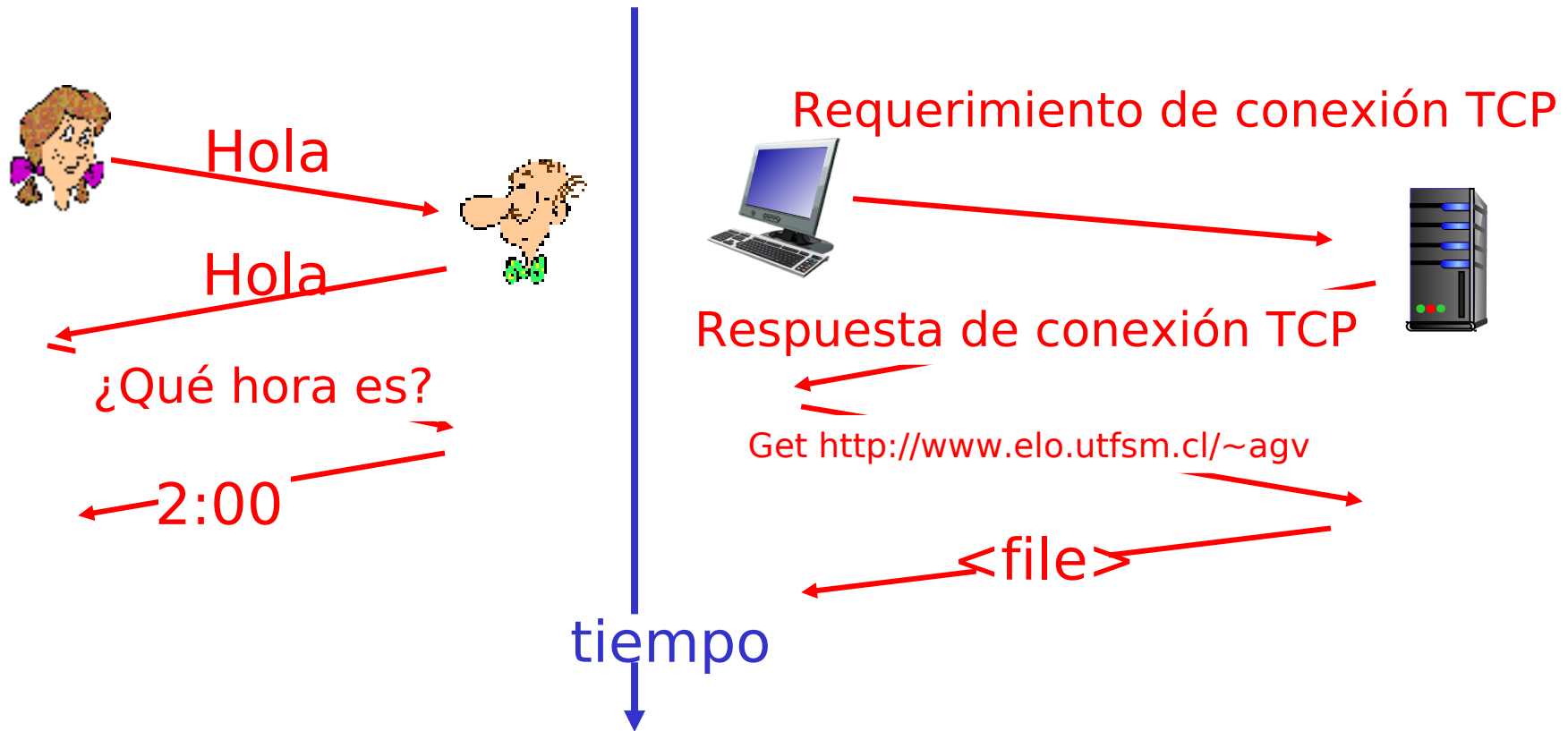
Protocolos de red:

- ❑ Máquinas en lugar de humanos
- ❑ Todas las actividades de comunicación en Internet son gobernadas por protocolos

Protocolo: conjunto de reglas que definen el formato y orden de mensajes enviados y recibidos entre entidades de la red, y las acciones tomadas al transmitir o recibir mensajes

¿Qué es un protocolo?

Un protocolo humano y un protocolo en redes de computadores.



Q: Puede mencionar otros protocolos humanos?

Introducción

1.1 ¿Qué es la Internet?

1.2 Red periférica

- Sistemas termales. Redes de acceso, enlaces

1.3 Red central (core)

1.4 Red de acceso y medios físicos

1.5 Estructura de Internet e ISPs

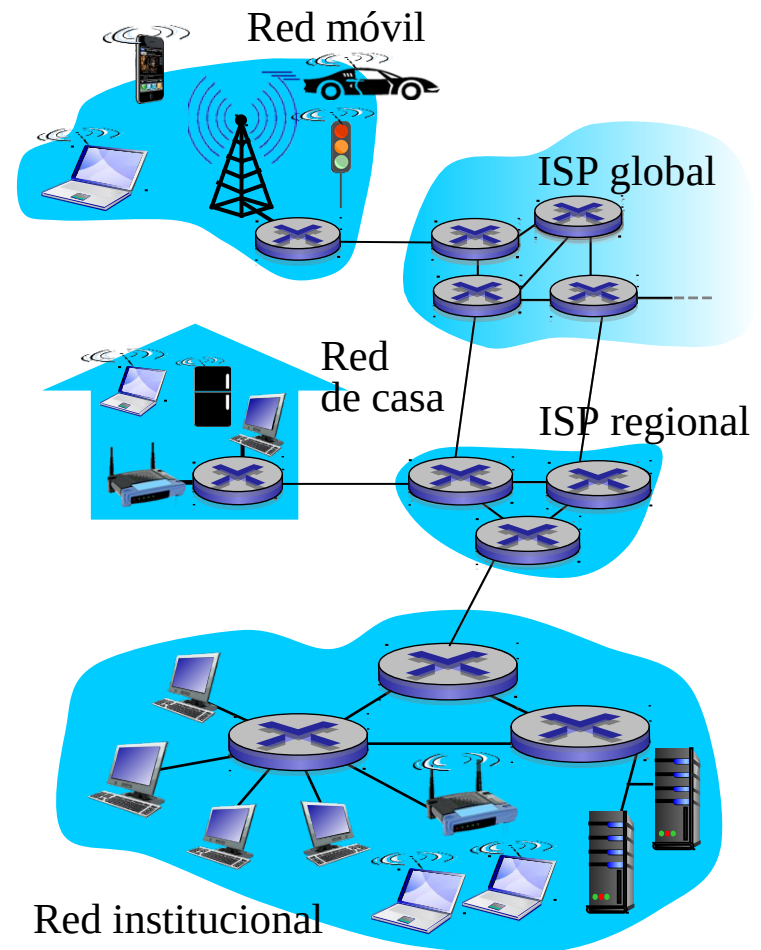
1.6 Retardos & pérdidas en redes de paquetes conmutados

1.7 Capas de protocolos, Modelo de servicio

1.8 Historia (lectura personal)

Una mirada a la estructura de la red

- ❑ **Red periférica (network edge):**
 - Hosts: clientes y servidores
 - Servidores normalmente en data centers
- ❑ **Redes de Acceso, medios de comunicación: enlaces de comunicación (Ethernet, WiFi, 3G...)**
- ❑ **Red Central (network core)**
 - Enrutadores (routers)
 - Red de redes



Móvil: Laptop, Cellphone, etc

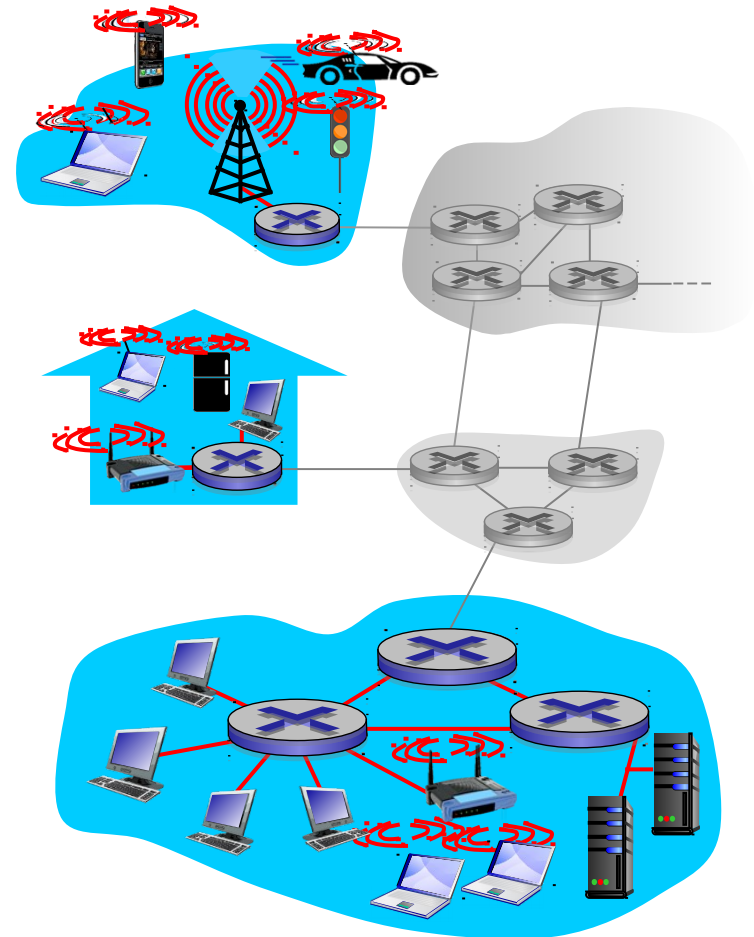
Redes de acceso y medios físicos

Q: Cómo conectar sistemas terminales a routers de borde?

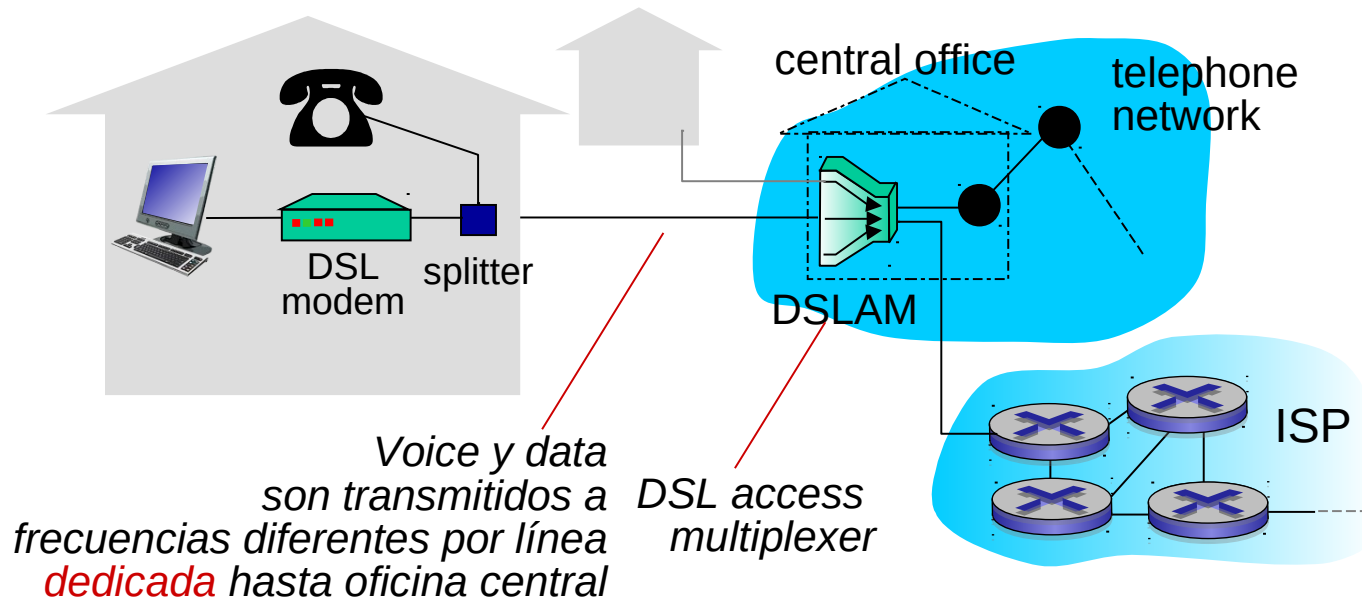
- ❑ Redes de acceso residencial
- ❑ Redes de acceso institucional (Universidad, empresa)
- ❑ Redes de acceso móvil

Poner atención a:

- ❑ bandwidth (bits per second) de la red de acceso?
- ❑ Es acceso dedicado o compartido?

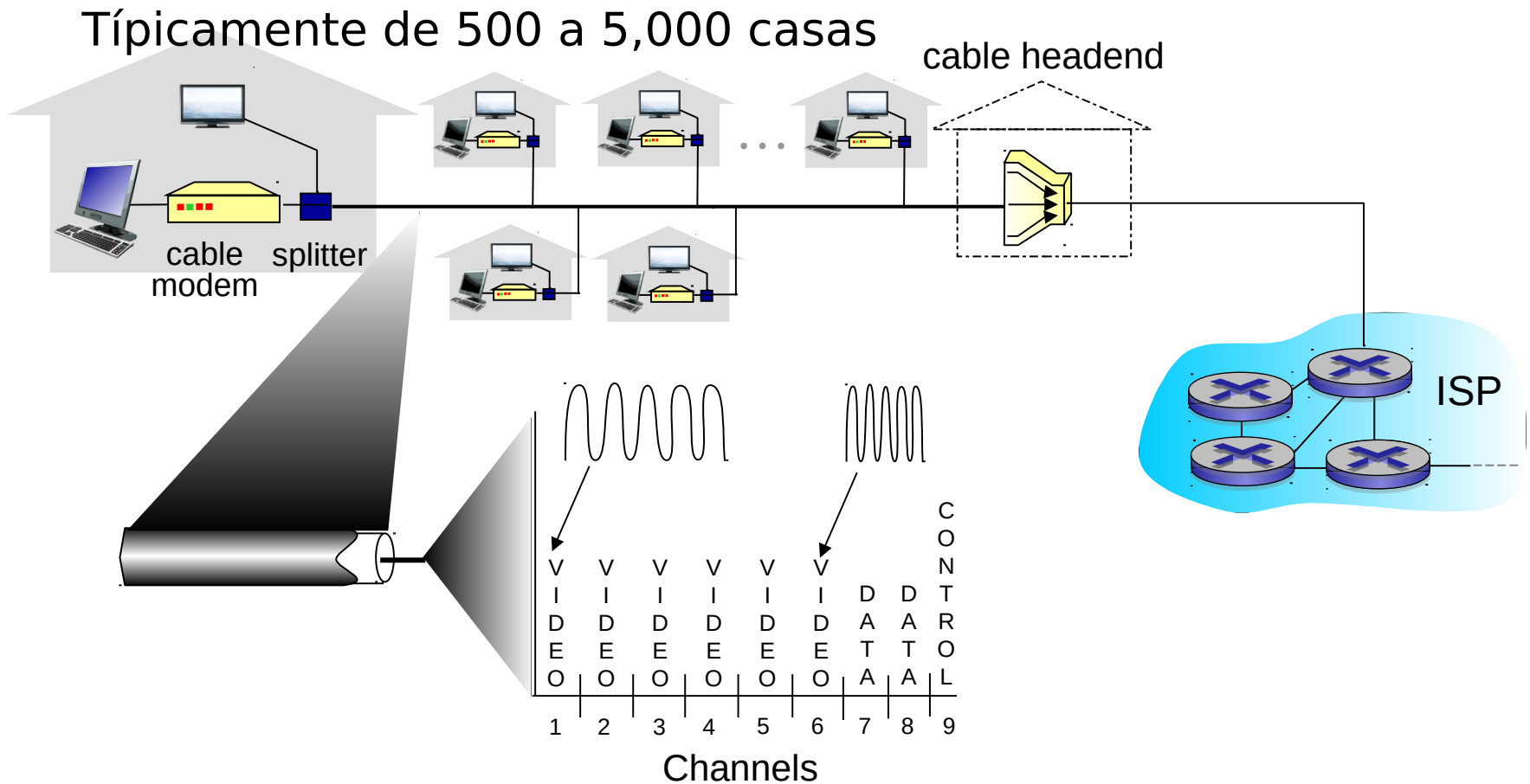


Redes de acceso: digital subscriber line (DSL)



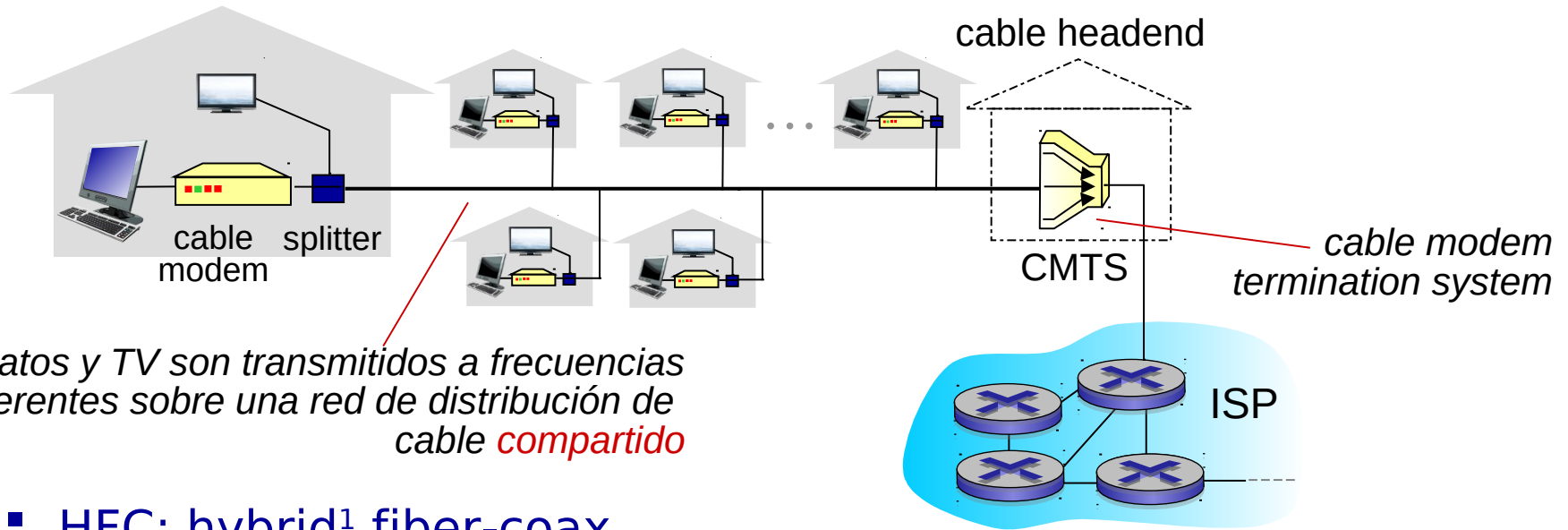
- Usa línea telefónica *existente* hasta el DSLAM de la oficina central. DSLAM separa:
 - Datos sobre línea telefónica van a Internet
 - La voz sobre la línea telefónica van a la red de telefonía
- < 2.5 Mbps tasa de transmisión de subida (común% < 1 Mbps)
- < 24 Mbps tasa de transmisión de bajada (común% < 10 Mbps)

Red de acceso: Red coaxial



Multiplexación por división de frecuencia (frequency division multiplexing, FDM): diferentes canales son transmitidos en diferentes bandas de frecuencia.

Red de acceso: cable coaxial



Datos y TV son transmitidos a frecuencias diferentes sobre una red de distribución de cable compartido

- HFC: hybrid¹ fiber-coax
 - asimétrico: hasta 30Mbps de tasa de bajada, 2 Mbps tasa de subida
- Red de cable, fibra conecta grupos de hogares al router del ISP
 - hogares *comparten red de acceso* hasta el headend
 - Se diferencia de DSL, el cual tiene acceso dedicado hasta la oficina central

[1] híbrido porque los “headends” se interconectan con fibra.

Comparación ASDL y HFC

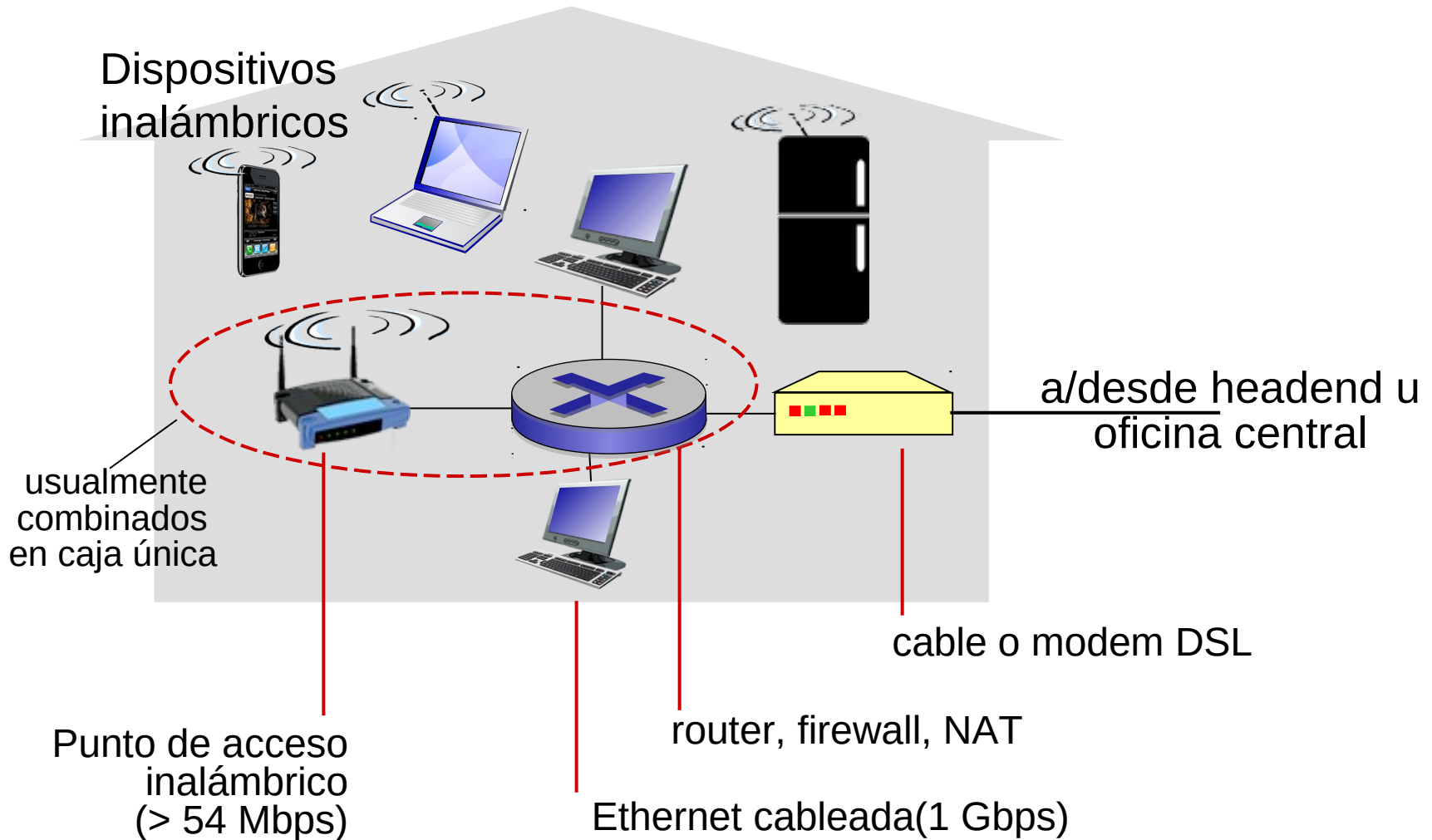
- ❑ ASDL el par telefónico es **dedicado**, en HFC el medio de bajada y el de subida son **compartidos**. Muchos usuarios simultáneos notarán una diferencia (mejor ASDL). Pocos usuarios, puede ser mejor HFC.
- ❑ En HFC el canal de subida es compartido, luego HFC requiere de un protocolo para acceder al medio común de subida (protocolo de acceso múltiple distribuido).

Fibra hasta la casa (Fiber-to-the-home FTTH)

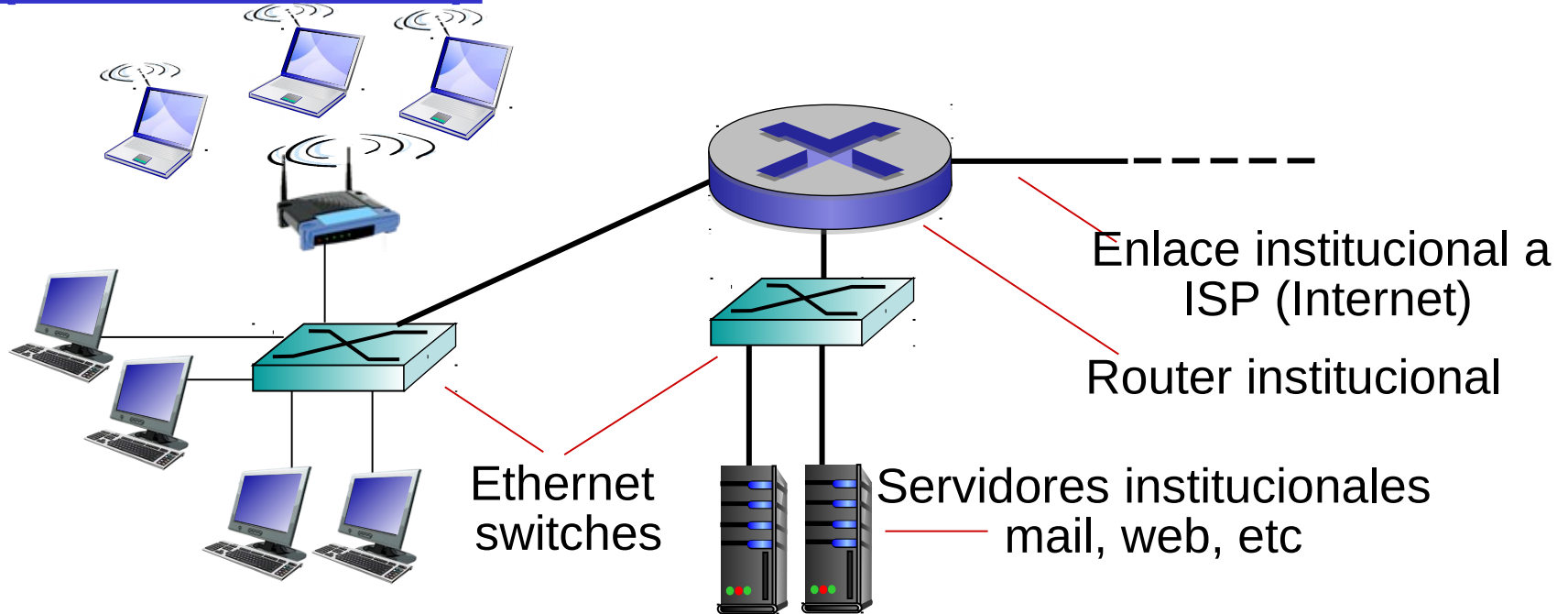
- ❑ Mucha mayor capacidad que par telefónico y cable coaxial.
- ❑ Existen varias tecnologías:
 - Fibra dedicada desde una oficina central del proveedor a cada casa.
 - Fibra compartida y luego fibras individuales al acercarse a casa.
- ❑ Tasas: Bajada 50 Mbps, subida 25 Mbps.
- ❑ Además señal de TV y telefonía.
(<http://espanol.verizon.com/enes/>)

NOTA: Las tasas reportadas aumentan con el tiempo.

Red de acceso: Red residencial



Redes de acceso empresariales (Ethernet)



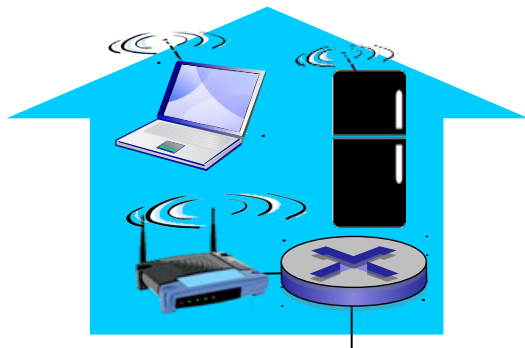
- Típicamente usadas en compañías, universidades, etc.
- Tasas de transmisión de 10 Mbps, 100Mbps, 1Gbps, 10Gbps
- Sistemas terminales típicamente conectados a switch Ethernet o punto de acceso vía WiFi.

Redes de acceso Inalámbrico

- Red de acceso inalámbrica compartida conecta los sistemas terminales a un router
 - A través de una estación base aka “access point” (aka: also known as)

wireless LANs:

- En edificios (30 [m])
- 802.11b/g/n (WiFi): tasa de transmisión de 11, 54, 450 Mbps



a Internet

Acceso inalámbrico de área amplia (wireless WAN):

- Provista por operadores “telcos” (celular), 10’s km
- Tasas entre 1 y 10 Mbps
- 3G, 4G: LTE

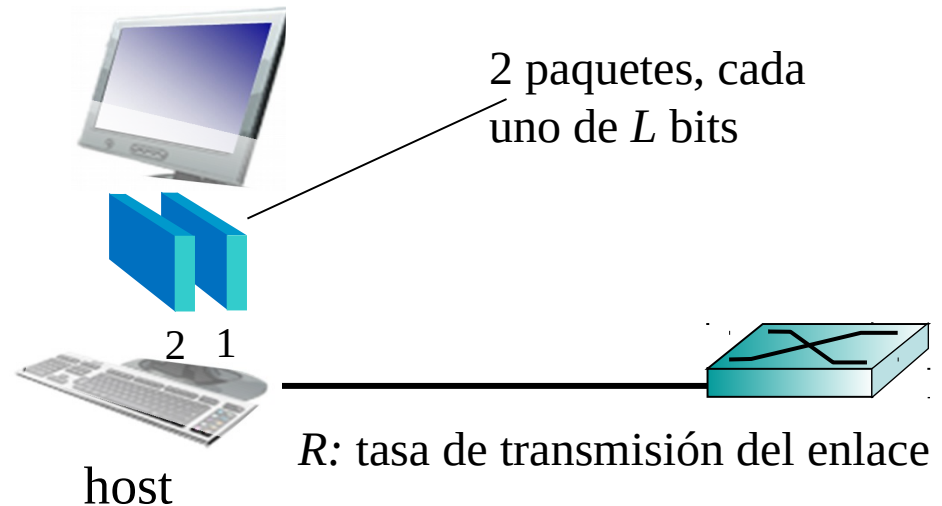


a Internet

Host: envía *paquetes* de datos

Cómo un host envía datos:

- Toma los mensajes de la aplicación
- Lo divide en porciones más pequeñas, conocidos como paquetes, de largo L bits
- transmite los paquetes por la red de acceso a una tasa de transmisión R
 - Tasa de transmisión de un enlace, aka capacidad del enlace, aka ancho de banda del enlace



$$\text{Retardo de transmisión de un paquete} = \text{Tiempo necesario para transmitir paquete de } L\text{-bit por enlace} = \frac{L \text{ (bits)}}{R \text{ (bits/sec)}}$$

Medio físico

- ❑ Encargado de propagar **bit** entre pares transmisor/receptor
- ❑ **Enlace físico**: aquello que conecta Tx y Rx adyacentes
- ❑ **Medio guiado**:
 - Señales se propagan en medio confinado: cobre, fibra, coaxial
- ❑ **Medio no-guiado**:
 - Señales se propagan libremente, e.g., radio

Tx: abreviación para transmisor, Rx: ídem Receptor



Par trenzado (TP)

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



Medios físicos: coaxial, fibra

Cable coaxial:

- ❑ Dos conductores de cobre concéntricos
- ❑ bidireccional
- ❑ Banda ancha (broadband):
 - Múltiples canales van por un cable
 - También se usa en HFC (hybrid fiber coax)



Cable de fibra óptica:

- Es un pelo de vidrio que lleva pulsos de luz, e.g cada pulso un bit
- Opera a alta tasa:
 - Es una transmisión punto a punto (e.g., tasa de transmisión de 10's-100's Gbps)
- Baja tasa de error:
 - Repetidores distantes (40 km)
 - Inmune a ruido electromagnético, ataques



Medios físicos: radio

- La señal es llevada en el espectro electromagnético
- No hay cable físico
- bidireccional
- Efectos ambientales que afectan la propagación:
 - Reflexiones (interferencia con misma señal)
 - Obstrucciones de objetos
 - Interferencia (co-uso del espectro con otra señal)

Tipos de enlaces de radio:

- **Micro-ondas terrestres**
 - e.g. canales de hasta 45 Mbps.
- **LAN (e.g., WiFi)**
 - 54 Mbps
- **Área amplia (e.g., celular)**
 - 4G celular: ~ 10 Mbps
- **satélite**
 - Canales de Kbps a 45Mbps (o múltiples canales más pequeños)
 - Retardo extremo-extremo 270 msec
 - Geoestacionarios versus de baja altitud

Introducción

1.1 ¿Qué es la Internet?

1.2 Red periférica

1.3 Red central (core)

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

1.4 Retardos & pérdidas en redes de paquetes conmutados

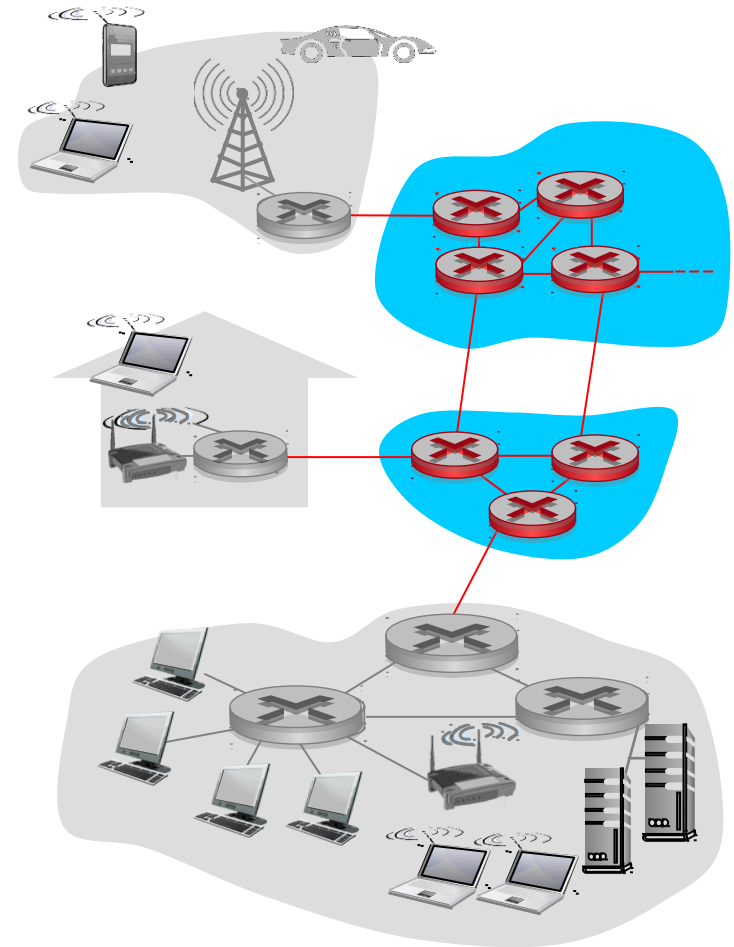
1.5 Capas de protocolos, Modelo de servicio

1.6 La red bajo ataque: seguridad

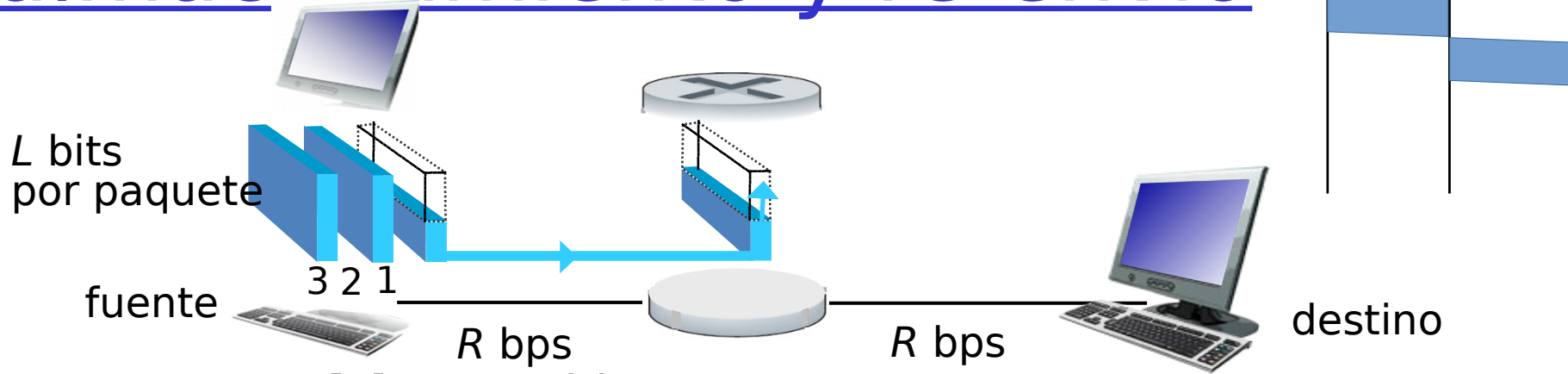
1.7 Historia (lectura personal)

Red central o interna (core)

- ❑ Malla de routers interconectados
- ❑ **Conmutación de paquetes (packet-switching):** hosts dividen mensajes de la capa aplicación en paquetes
 - Routers re-envían paquetes desde un router al próximo, a través de un camino formado por enlaces desde la fuente al destino.
 - Cada paquete es transmitido a la capacidad total del enlace.



Conmutación de paquetes: almacenamiento y re-envío



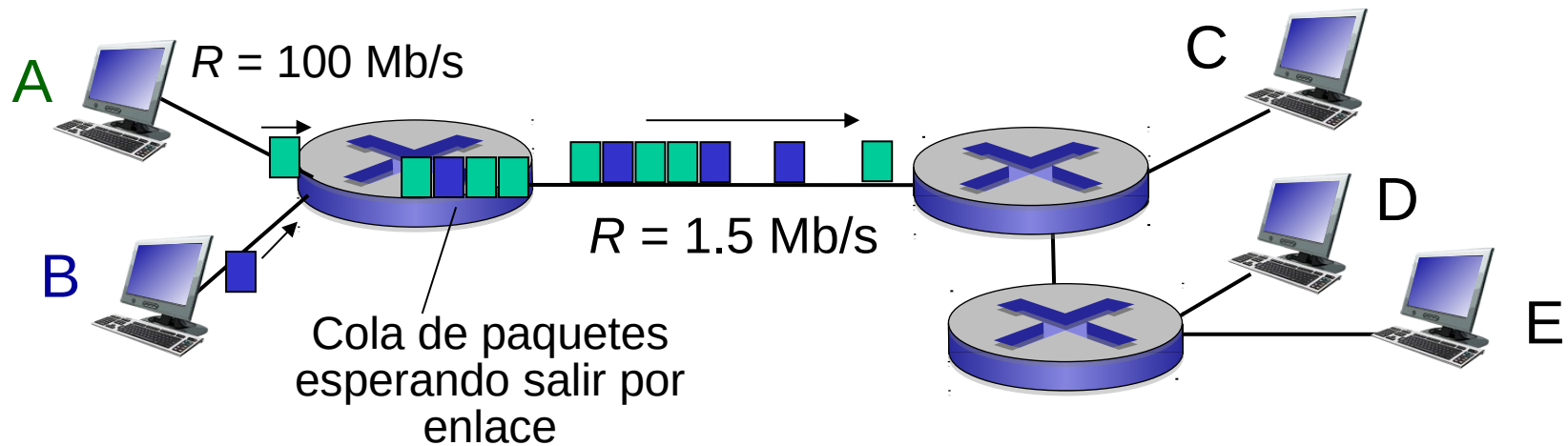
- toma L/R [s] transmitir paquetes de L -bit al enlace de R bps
- **Almacenamiento y re-envío:** el paquete completo debe llegar al router antes que pueda ser transmitido por el próximo enlace.
- Retardo extremo a extremo = $2L/R$ (suponiendo cero retardo de propagación)

Ejemplo para un salto :

- $L = 7.5$ Mbits
- $R = 1.5$ Mbps
- Retardo de transmisión por un enlace = 5 sec

Más sobre retardos luego ...

Conmutación de paquetes: retardo en cola, pérdidas



Encolamiento y pérdidas:

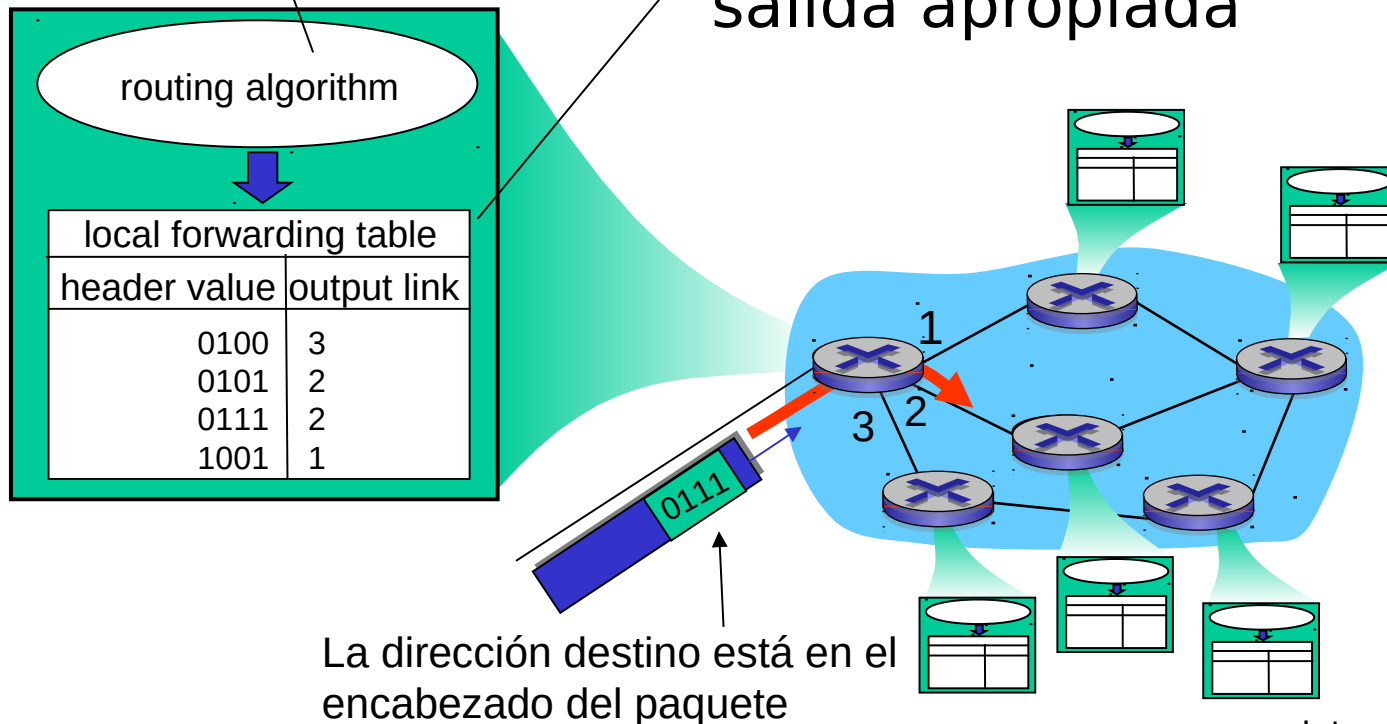
- Si la tasa de llegada (en bits) al enlace excede la tasa de transmisión del enlace por un tiempo:
 - Paquetes son encolados, esperan por su turno
 - Paquetes pueden ser descartados (perdidos) si la memoria (buffer) se llena.

Dos funciones clases de la red interna(core)

Ruteo: determina la ruta de fuente a destino a seguir por los paquetes

- *Lo hace el algoritmo de ruteo*

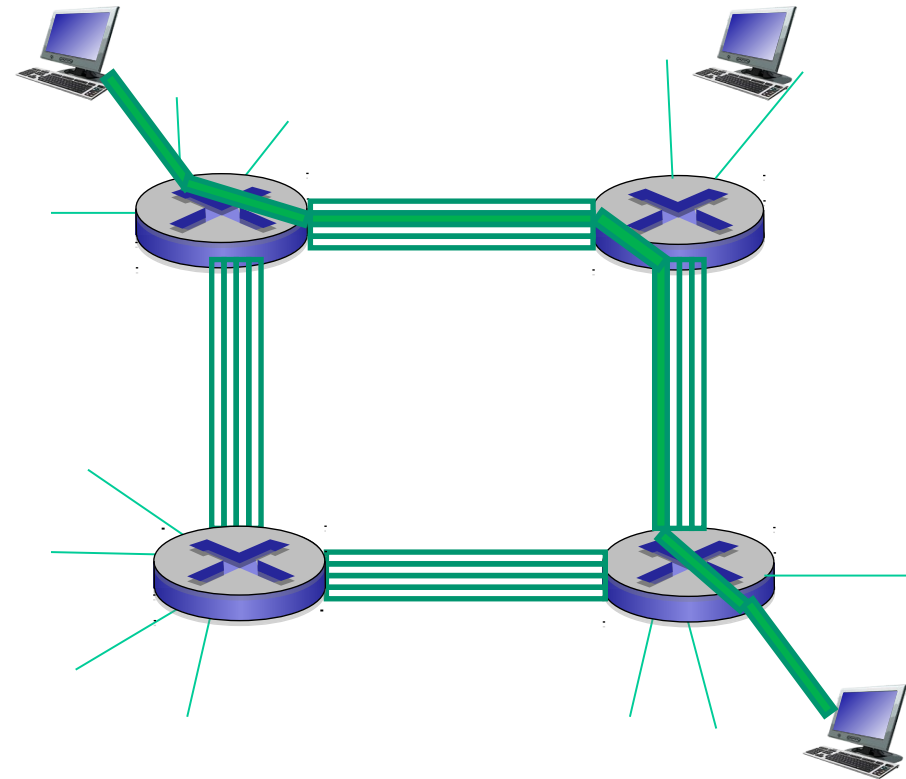
re-envío: mueve paquetes desde la entrada del router a la salida apropiada



Mecanismo alternativo a conmutación de paquetes: conmutación de circuitos

Recursos extremo-a-extremos son reservados para la “llamada” entre fuente y destino:

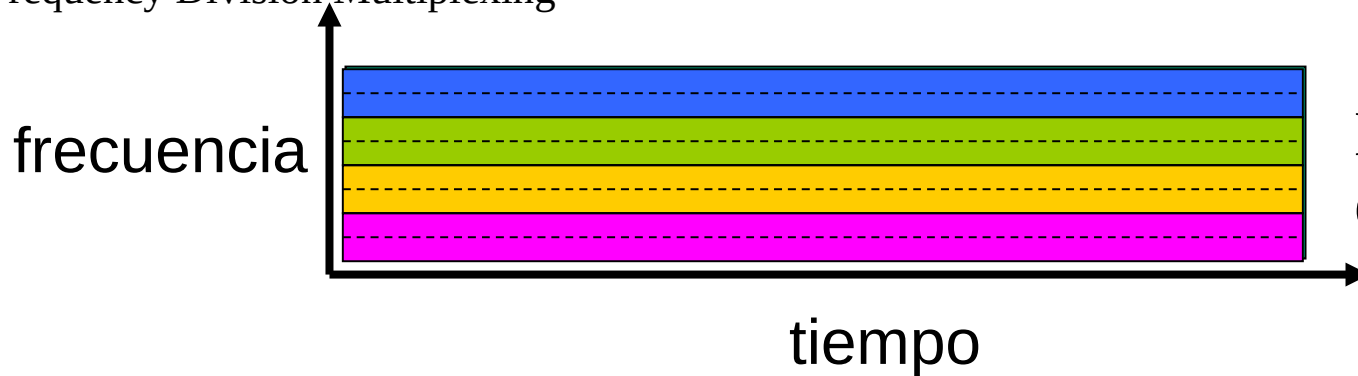
- ❑ En diagrama, cada enlace tiene 4 circuitos.
 - Llamado obtiene 2° circuito en enlace superior y 1° circuito en enlace de la derecha.
- ❑ Recursos dedicados: no compartido
 - Desempeño similar a un circuito (garantizado)
- ❑ Un segmento del circuito queda libre si no es ocupado por la llamada (*no se comparte*) (*como vía exclusiva*)
- ❑ Es comúnmente usado en redes de telefonía tradicional



Conmutación de circuitos: FDM y TDM

FDM (En redes ópticas: WDM)

Frequency Division Multiplexing



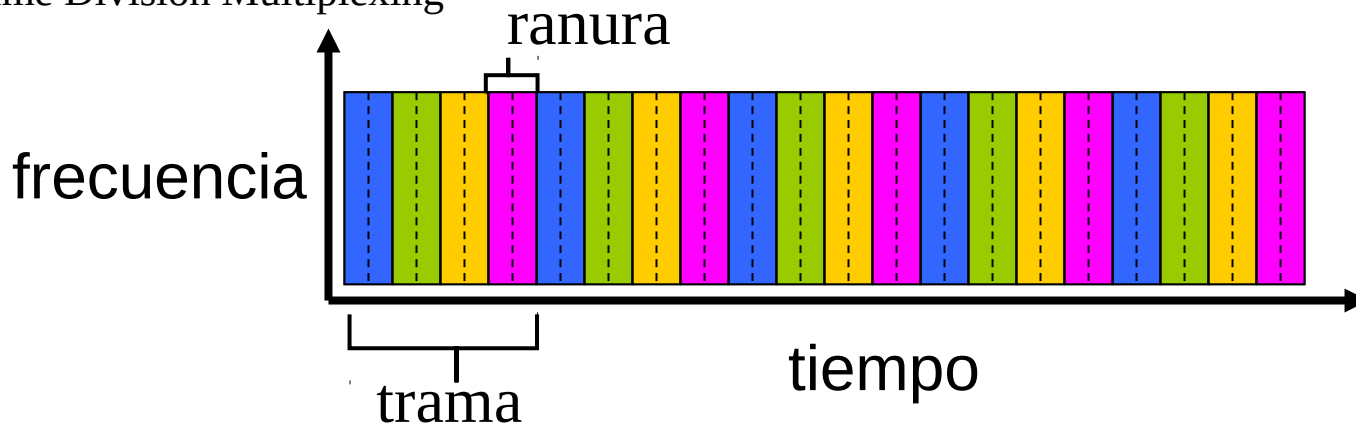
Ejemplo:

4 usuarios ■ ■ ■ ■

Ej. Radiodifusoras
Canales en WiFi

TDM

Time Division Multiplexing



Ej.

* Sala de clases

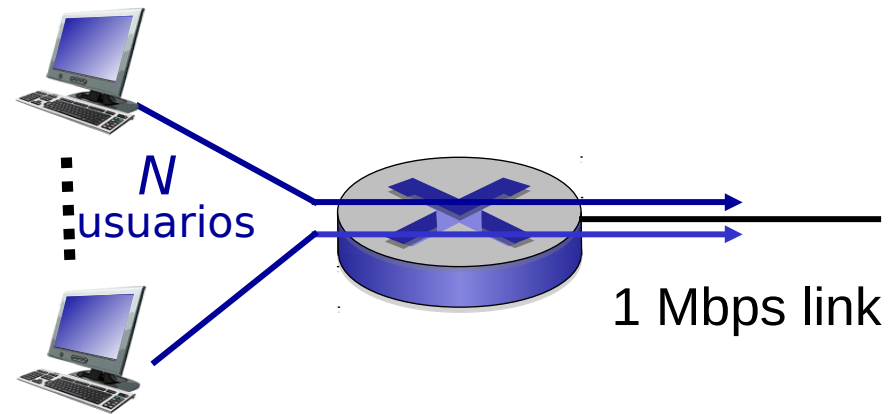
* Redes ópticas:
SONET, SDH

Conmutación de paquetes versus conmutación de circuitos

Conmutación de paquetes permite que más usuarios usen la red!

Ejemplo:

- Enlace de 1 Mb/s
- Cada usuario:
 - Usa 100 kb/s cuando está “activo”
 - Está activo 10% del tiempo
- **Conmutación de circuitos:**
 - 10 usuarios (=1Mbps/100Kbps)
- **Conmutación de paquetes:**
 - con 35 usuarios, probabilidad > 10 activos al mismo tiempo es menor que .0004 *



Q: Cómo obtuvimos el valor 0.0004?

Q: qué pasa si hay > 35 usuarios?

* Ver ejercicios online por más ejemplos: http://gaia.cs.umass.edu/kurose_ross/interactive/

Conmutación de paquetes versus conmutación de circuitos

¿Es la conmutación de paquetes un ganador?

- ❑ **Es excelente para datos en ráfagas** (de corta duración)
 - Se comparten los recursos
 - Más simple, no requiere establecimiento de llamado.
- ❑ **Ante excesiva congestión:** retardo de paquetes y pérdidas
 - Protocolos necesarios para transferencia de datos confiable y control de congestión
- ❑ **Q: ¿Cómo proveer comportamiento tipo circuito?**
 - bandwidth garantizado requerido en aplicaciones de audio y video
 - Aún un problema no resuelto (más adelante en el curso)

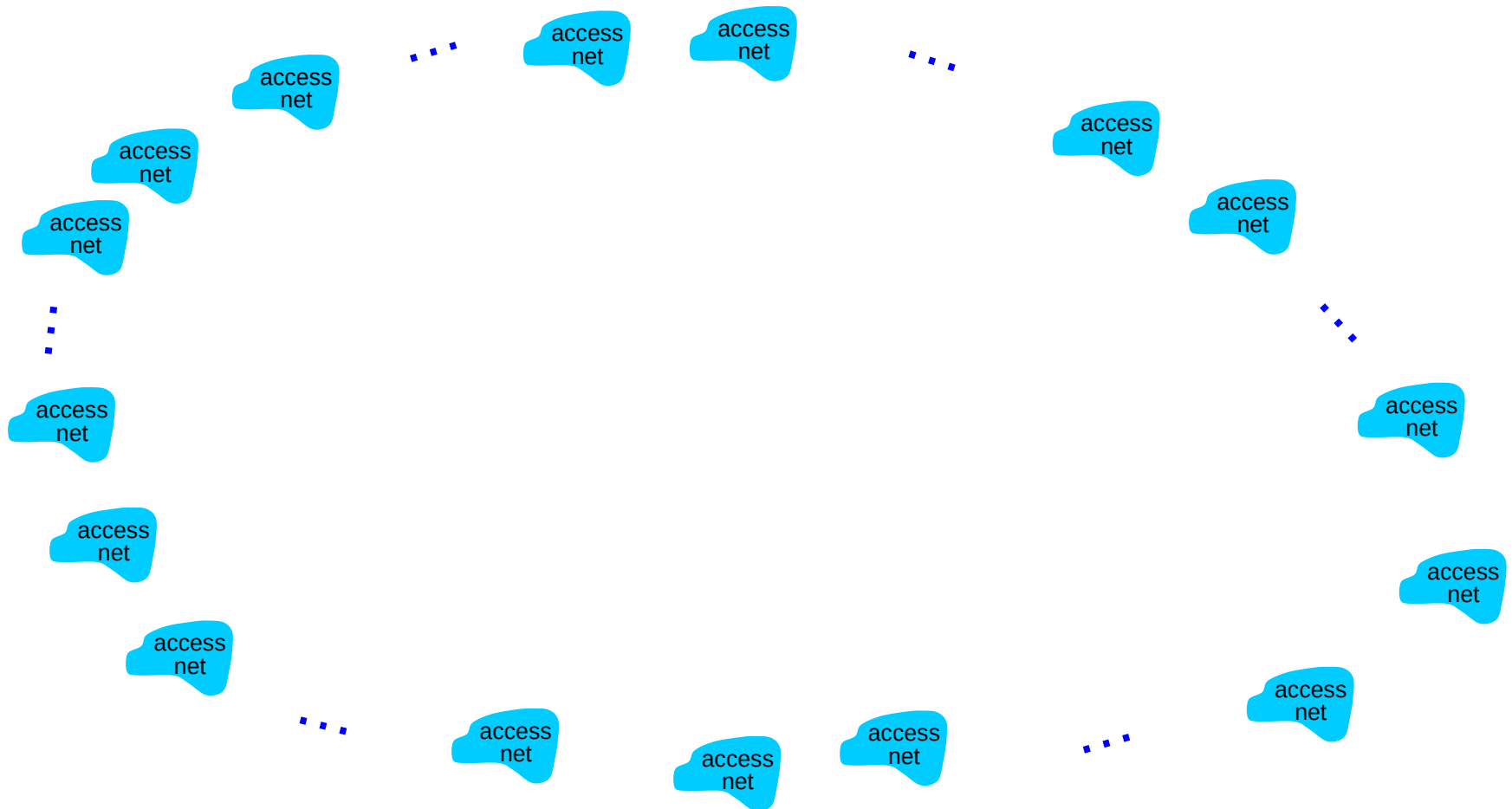
- ❑ Internet utiliza conmutación de paquetes en la gran mayoría de los enlaces
- ❑ Ahora veremos la estructura de la Internet

Estructura de Internet: red de redes

- Sistemas terminales se conectan a Internet vía **ISP** (Internet Service Providers) **de acceso**
 - ISPs residencial, compañía y universidad
- ISP de acceso también deben interconectarse.
 - Así cualquier par de hosts pueden paquetes entre sí.
- Red de redes resultante es muy compleja
 - Su evolución fue guiada por **políticas económicas y nacionales**
- Vamos paso a paso a descubrir la estructura de la Internet

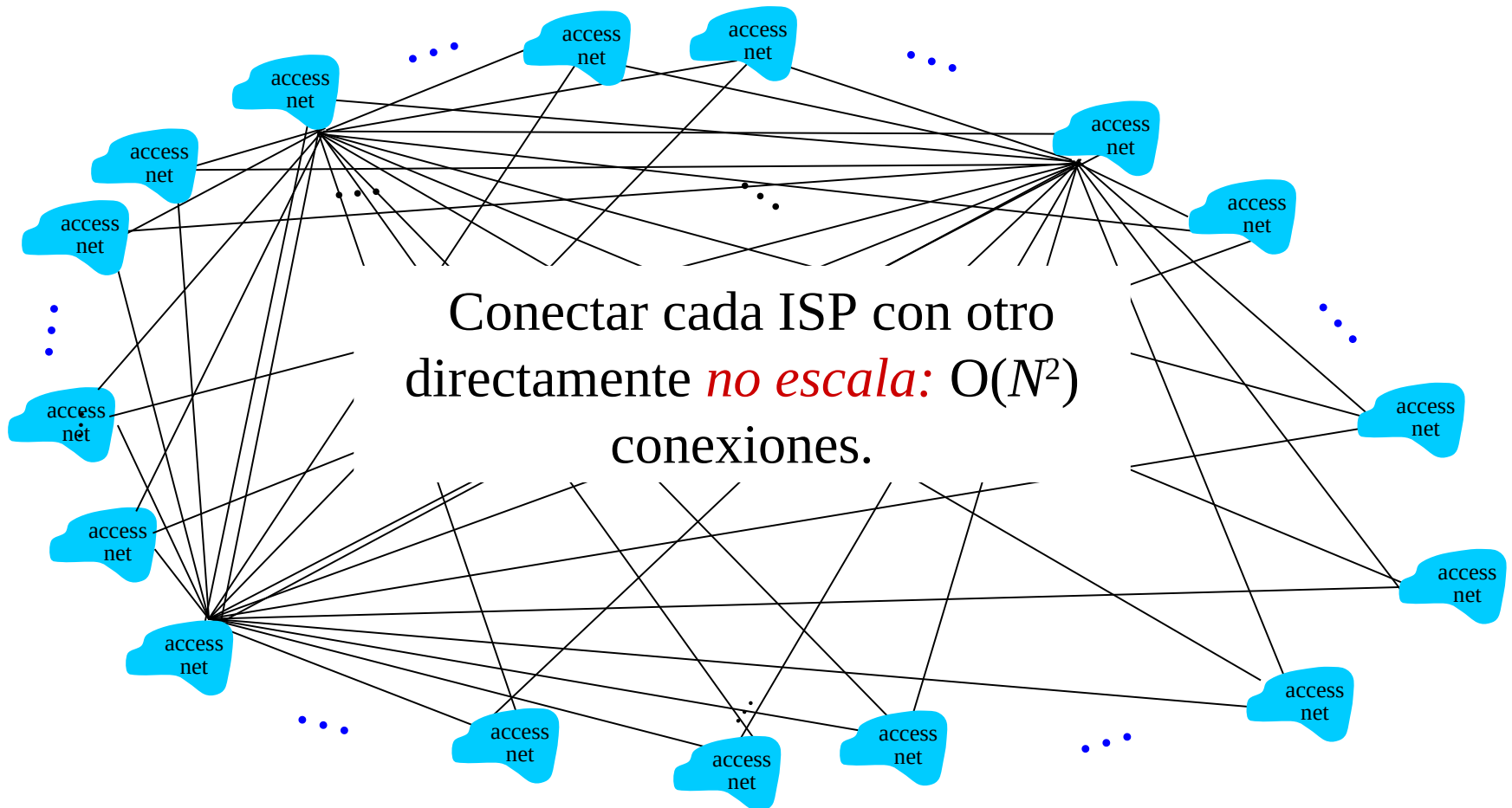
Estructura de Internet: red de redes

Pregunta: dado *millones* de ISPs de acceso, ¿cómo los conectamos juntos?



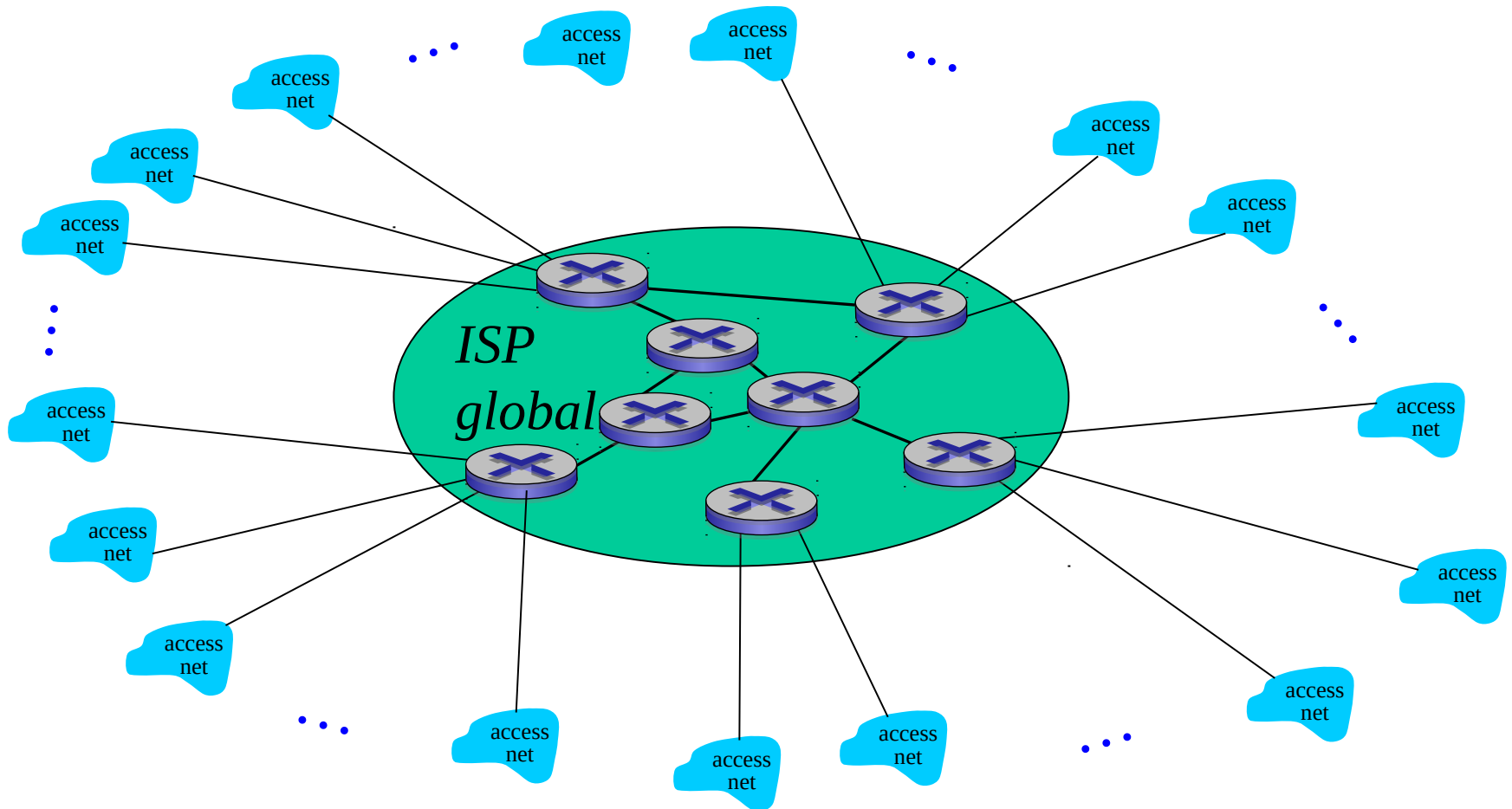
Estructura de Internet: red de redes

Opción: conectar cada ISP de acceso a todos los otros ISP de acceso?



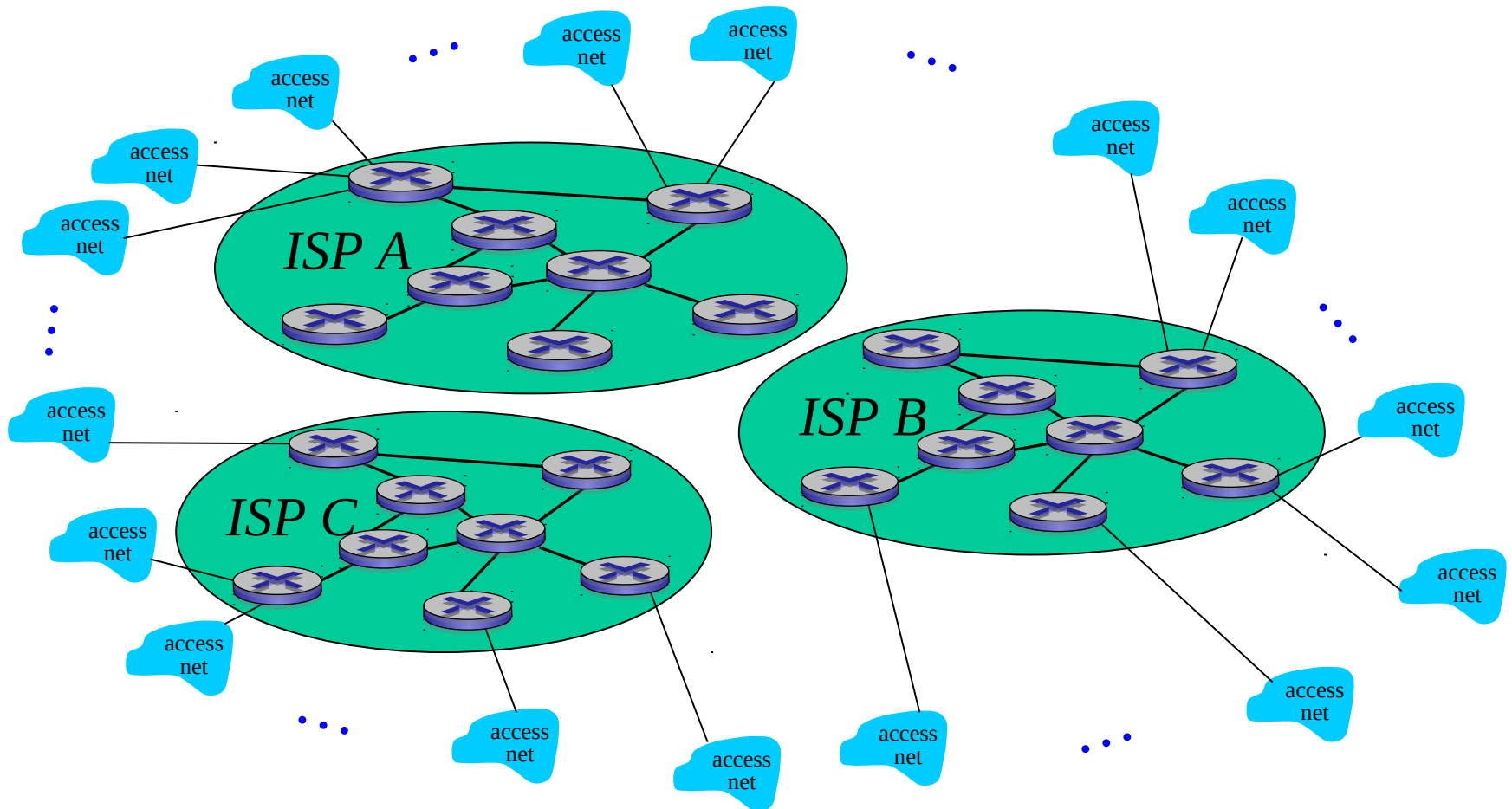
Estructura de Internet: Red de redes

*Opción: conectar cada ISP a un ISP de transito global?
ISPs **Cientes** y **proveedor** tienen acuerdo económico.*



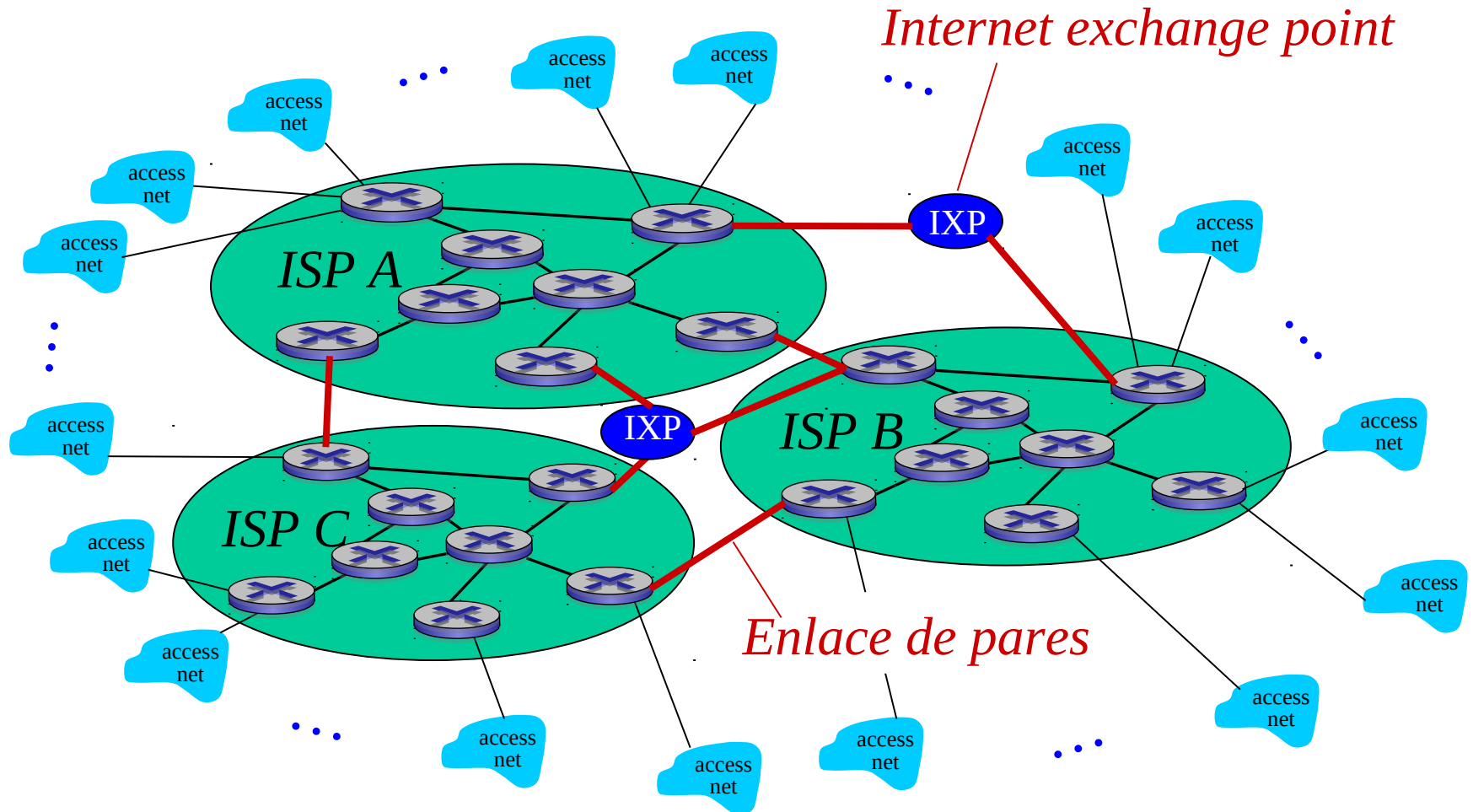
Estructura de Internet: Red de redes

Pero si un ISP global es un negocio posible, habrá otros competidores interesados ...



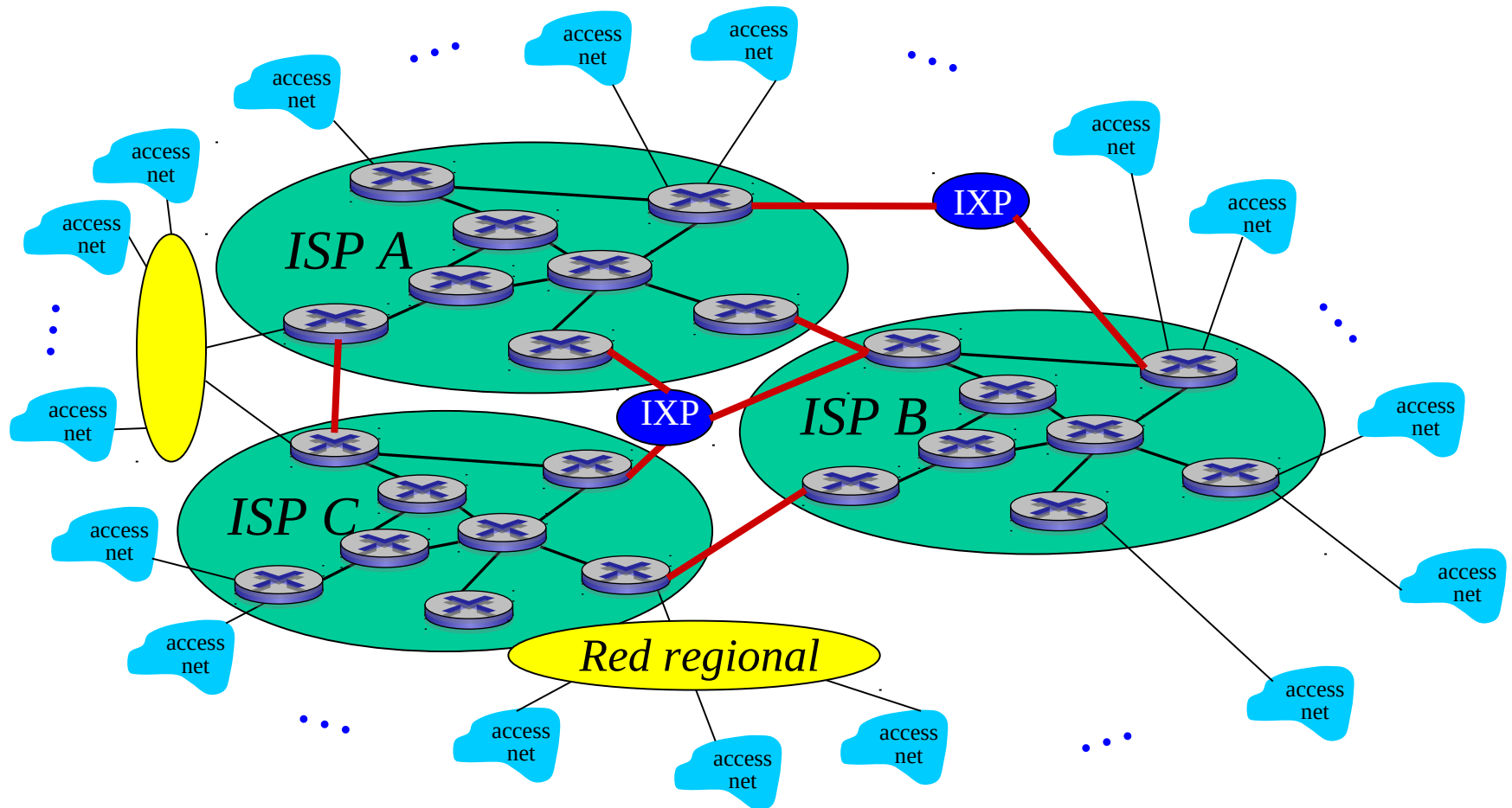
Estructura de Internet: Red de redes

Pero si un ISP global es un negocio posible, habrá competidores interesados ... que deben conectarse



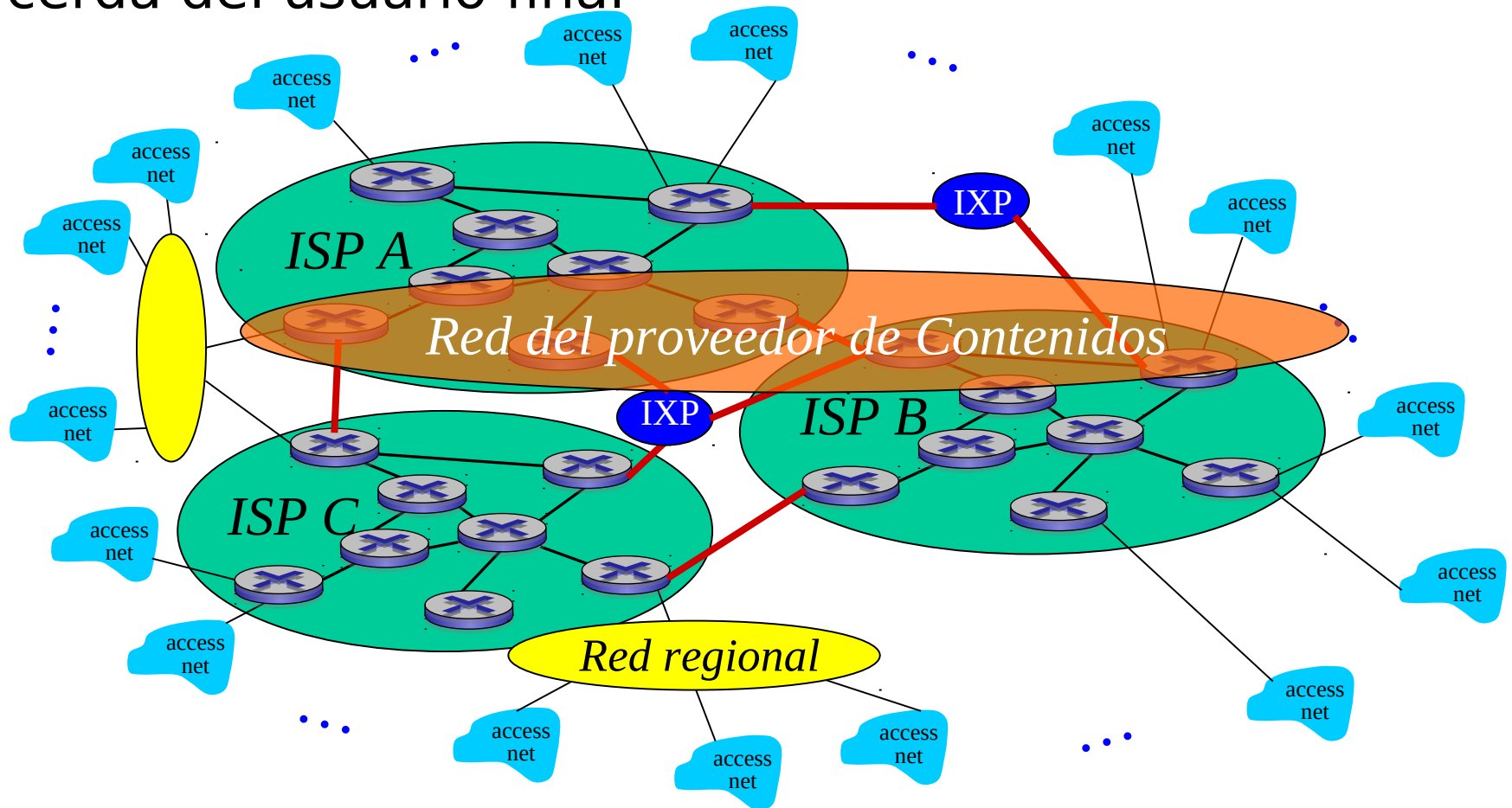
Estructura de Internet: red de redes

... y una red regional puede surgir para conectar redes de acceso a ISPs

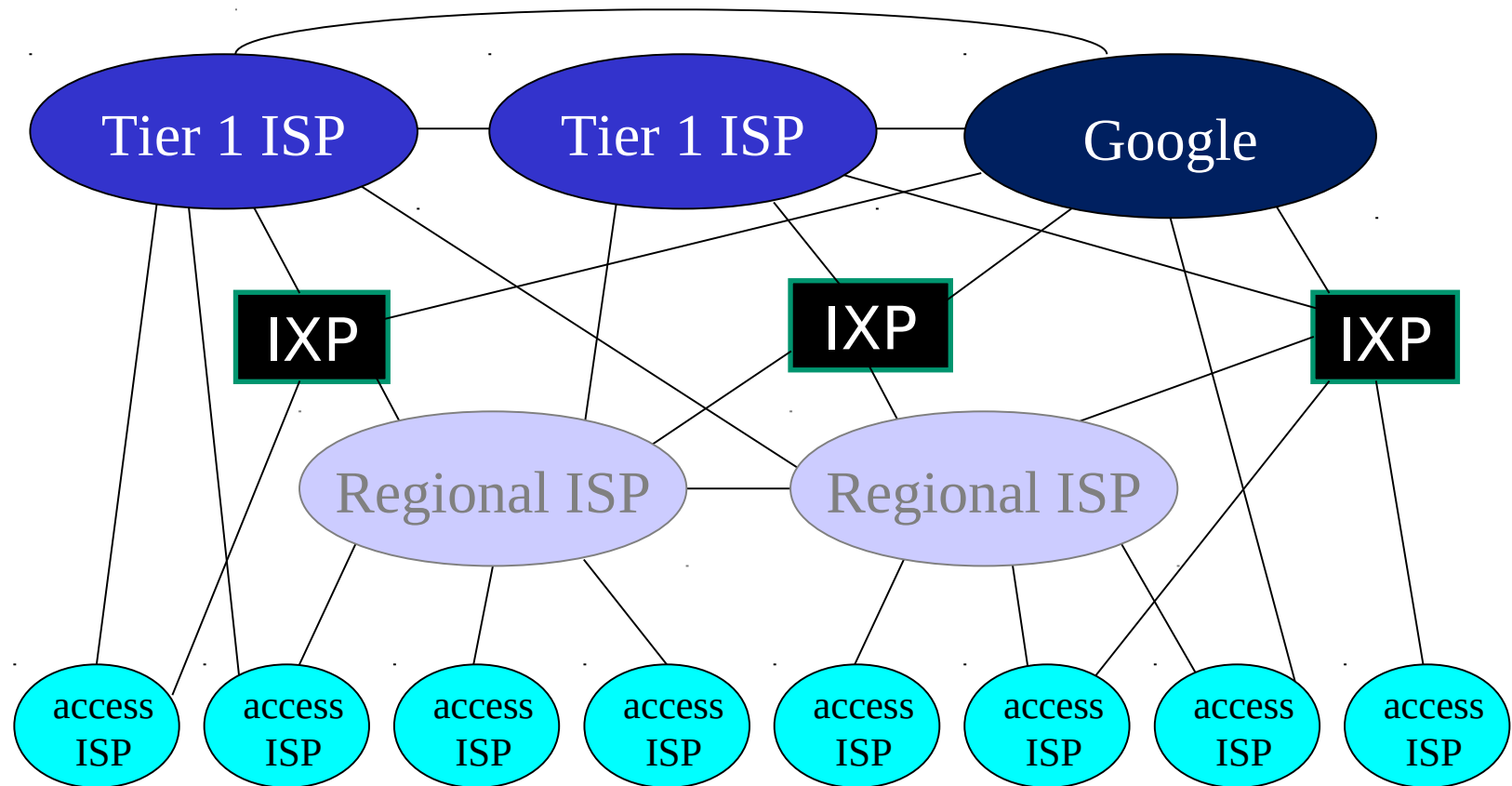


Estructura de Internet: Red de redes

... y redes de proveedores de contenidos (e.g., Google, Microsoft, Akamai) pueden correr sus propias redes, para llevar servicios y contenidos más cerca del usuario final

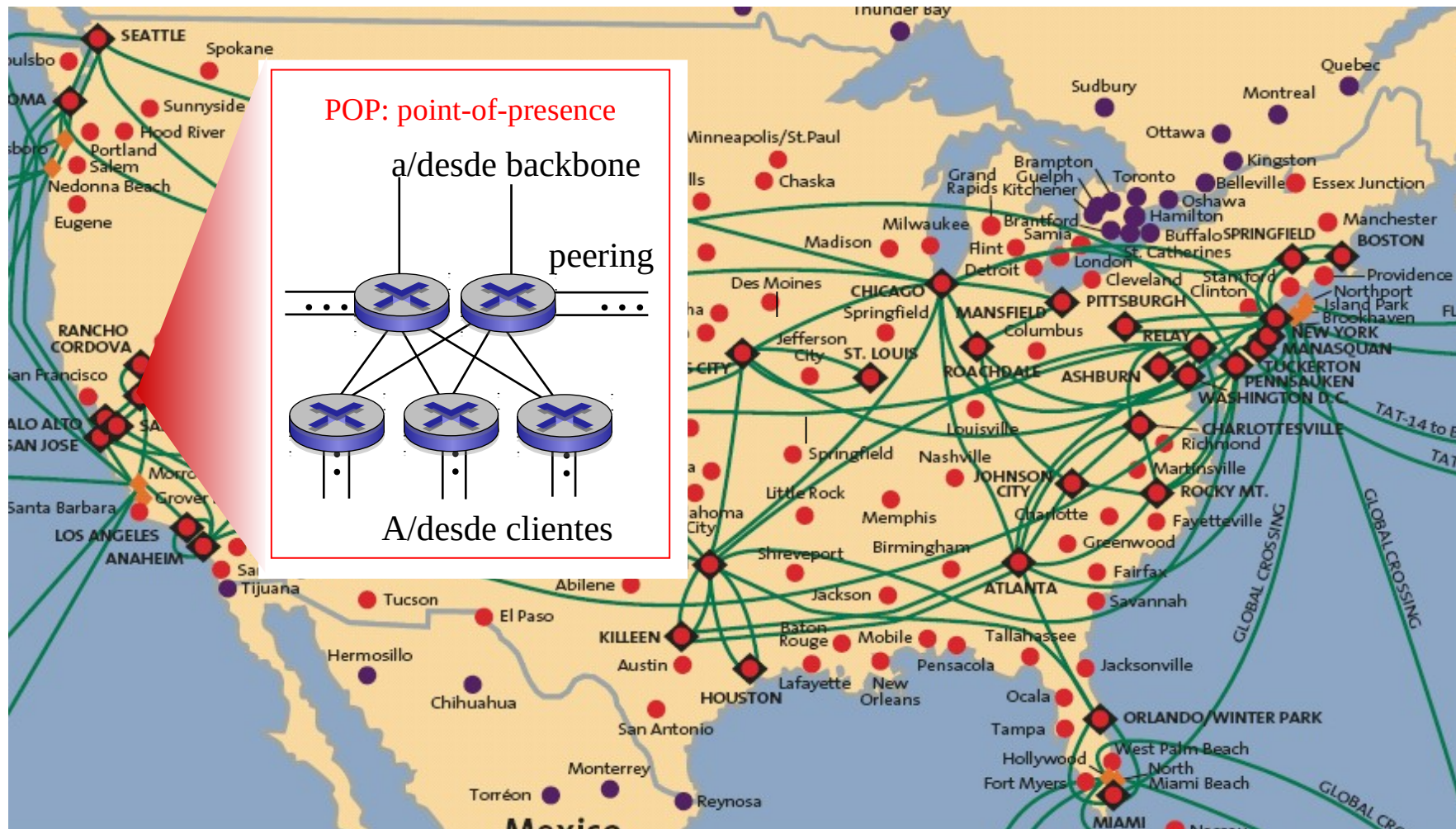


Estructura de Internet: Red de redes



- En centro: pequeño # de redes grandes bien conectadas
 - “tier-1” ISPs comercial (e.g., Level 3, Sprint, AT&T, NTT), cobertura nacional e internacional
 - Redes de proveedores de contenidos (e.g., Google): redes privadas que conectan centros de datos a Internet, a menudo saltándose IPs tier-1, regionales

ISP Tier-1: e.g., Sprint (USA)



Introducción

1.1 ¿Qué es la Internet?

1.2 Red periférica

1.3 Red central (core)

1.4 Retardos & pérdidas en redes de paquetes conmutados

1.5 Capas de protocolos, Modelo de servicio

1.6 La red bajo ataque: seguridad

1.7 Historia (lectura personal)

Pregunta tipo certamen

Liste los nombres de las capas de servicio del modelo TCP/IP ubicadas bajo la capa aplicación e indique cuál es la función de cada una de ellas.

Transporte: Llevar paquetes desde un proceso en la máquina origen a un proceso en la máquina destino.

Red: Rutear paquetes desde el computador origen al destino.

Enlace: Transferir paquetes desde un nodo a otro adyacente.

Física: Transferir bits a través de un enlace.