

Módulo 01

Introducción a las Redes de Computadoras



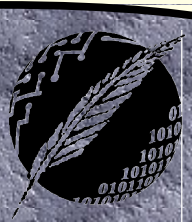
Redes de Computadoras
Depto. de Cs. e Ing. de la Comp.
Universidad Nacional del Sur



Copyright

- Copyright © **2010-2019** A. G. Stankevicius
- Se asegura la libertad para copiar, distribuir y modificar este documento de acuerdo a los términos de la **GNU** Free Documentation License, versión 1.2 o cualquiera posterior publicada por la Free Software Foundation, sin secciones invariantes ni textos de cubierta delantera o trasera
- Una copia de esta licencia está siempre disponible en la página <http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>
- La versión transparente de este documento puede ser obtenida de la siguiente dirección:

<http://cs.uns.edu.ar/~ags/teaching>



Contenidos

- ¿Qué es internet?
- Concepto de protocolo
- Frontera y núcleo de una red
- Conmutación de circuitos y de paquetes
- Latencia y ancho de banda
- Redes de área local y de área amplia
- Modelos de referencia **ISO/OSI** y **TCP/IP**
- La red bajo constante amenaza



Red de computadoras

- Según Tanenbaum & Wetherall:
 - Un conjunto interconectado de computadoras autónomas
- La definición es deliberadamente poco específica... ¿por qué será?
- Esta definición abarca:
 - Los **dispositivos** interconectados
 - Los **enlaces** que los interconectan
- No se trata de un sistema distribuido



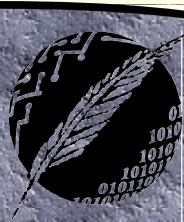
¿Para qué sirven?

● En el hogar:

- Permite compartir recursos
- Constituye un medio de comunicación
- Posibilita nuevos tipos de aplicaciones
- Brinda acceso a innumerables fuentes de información

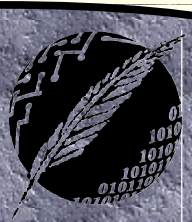
● En la industria se considera a las redes de computadoras un **bien estratégico**

- La interrupción de la red puede comprometer o incluso detener las operaciones comerciales



¿Qué es internet?

- Sin duda el ejemplo de red de computadoras más conocido en la actualidad
 - ➔ Se compone de miles de millones de dispositivos que al conectarse entre sí forman un grafo conexo, que soportan la ejecución de aplicaciones de red
- Para ser más exactos es una **red de redes**
 - ➔ Se considera internet la parte pública de la red, es decir, dejando por fuera las intranets privadas
- Llegó para quedarse... ¿se imaginan si un día nos quedamos sin **Google** o sin **WhatsApp**?



¿Qué es internet?

- Millones de dispositivos...

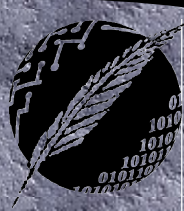
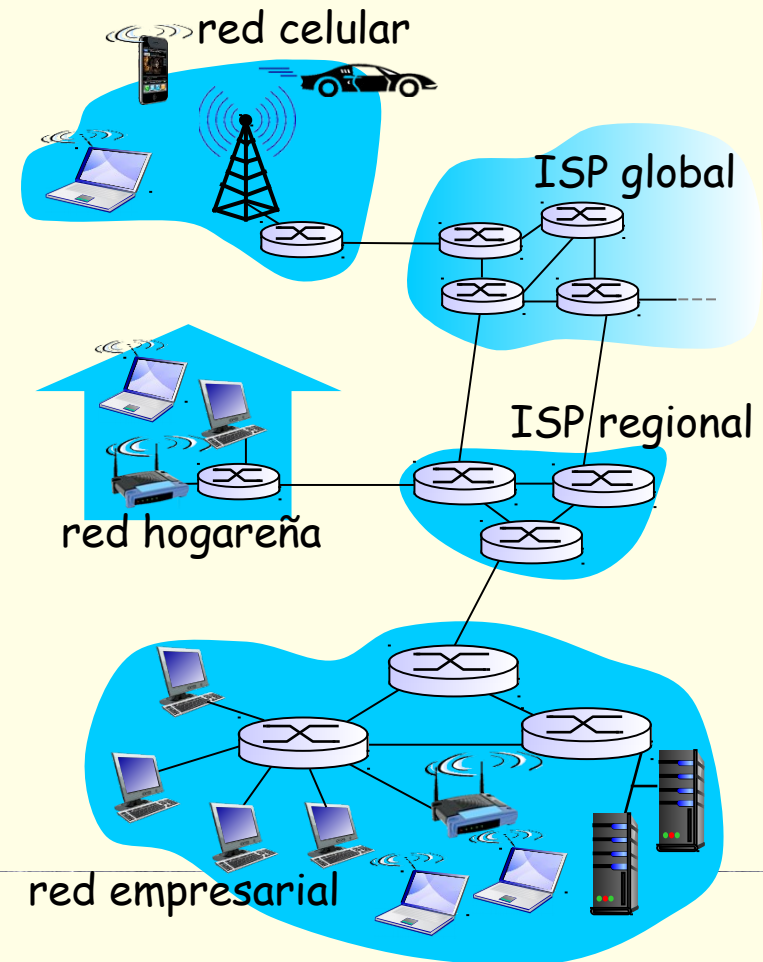
- ➔ Computadoras
- ➔ Servidores
- ➔ Smartphones

- Conectados...

- ➔ Por fibra óptica
- ➔ Por cable de cobre

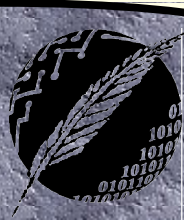
- Y tras bambalinas...

- ➔ Routers



¿Para qué sirve?

- Podemos ensayar una respuesta analizando qué servicio nos brinda a nosotros los usuarios:
 - ➔ Internet provee un conjunto de servicios a las aplicaciones de red
 - ➔ Especifica una **API**, es decir, una interfaz clara y precisa a través de la cual estos programas pueden enviar y recibir información de la red
 - ➔ Este modelo de servicio se lo suele contrastar con el provisto por los servicios postales y de logística



Electrodomésticos bizarros



portaretrato digital
pasa tus fotos desde
un pendrive o desde
instagram o facebook



tweet-a-watt
te tuitea en tiempo real
el consumo de corriente
de lo que le enchufes



tostadora hipersmart
te tira el pronóstico
del clima en...
ilas tostadas!

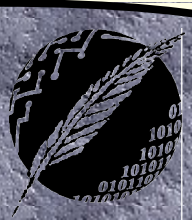
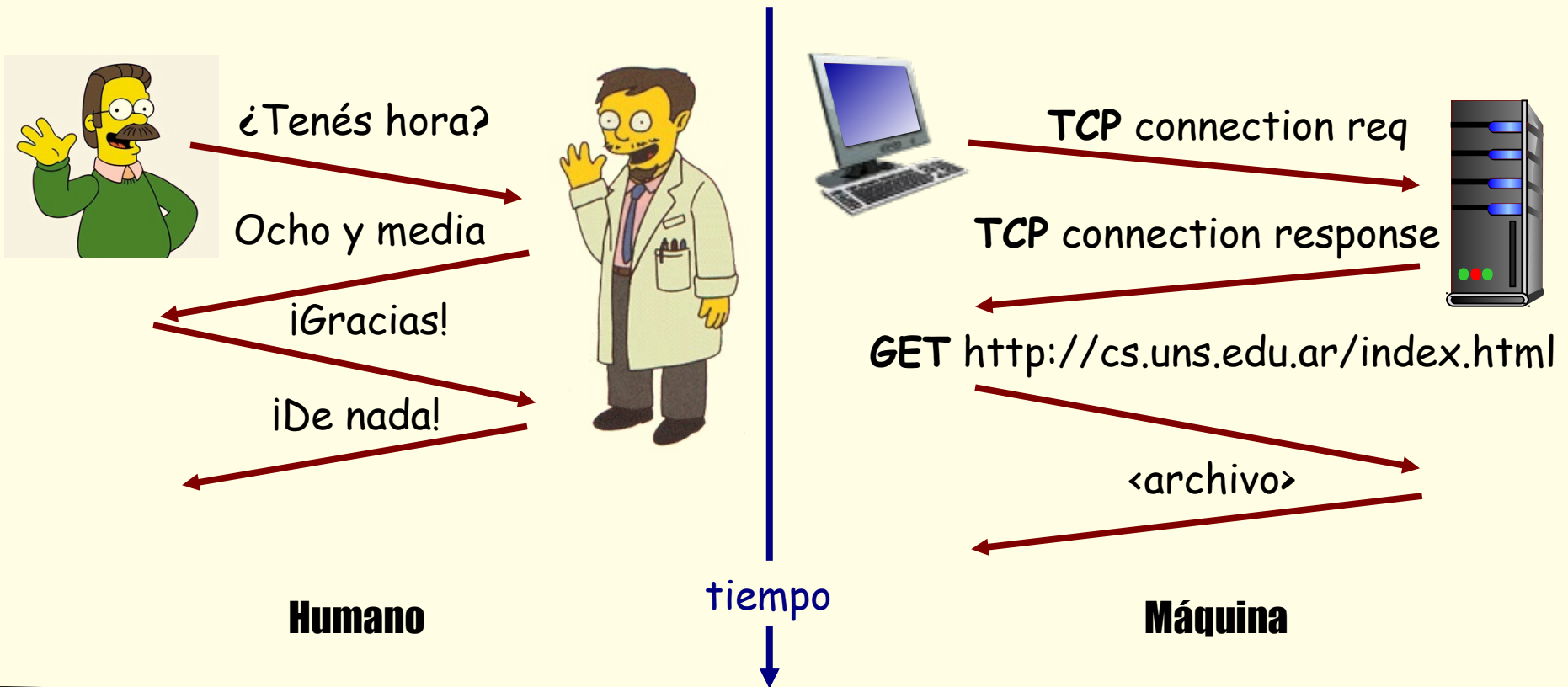
(I kid you not!)

cafetera wifi

programá la cafetera en
tu casa desde una app
del celu



¿Qué es un protocolo?



¿Qué es un protocolo?

- Protocolo humano:

- ➔ Se manda un mensaje específico y se realizan ciertas acciones específicas al recibir uno de estos mensajes

- Protocolo máquina:

- ➔ Define el formato y el orden de los mensajes enviados y recibidos entre las entidades, así como las acciones asociadas al envío y recepción de estos mensajes

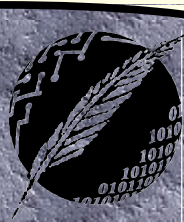
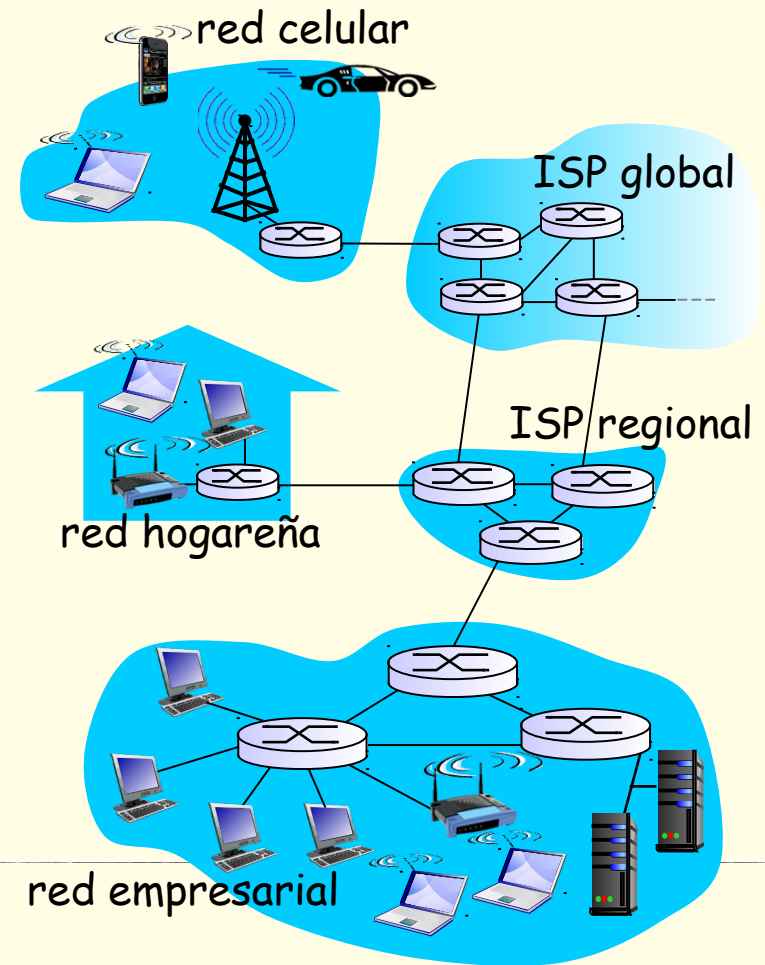
- En internet, **toda forma de comunicación** se lleva adelante a través de protocolos



Frontera y núcleo

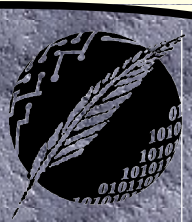
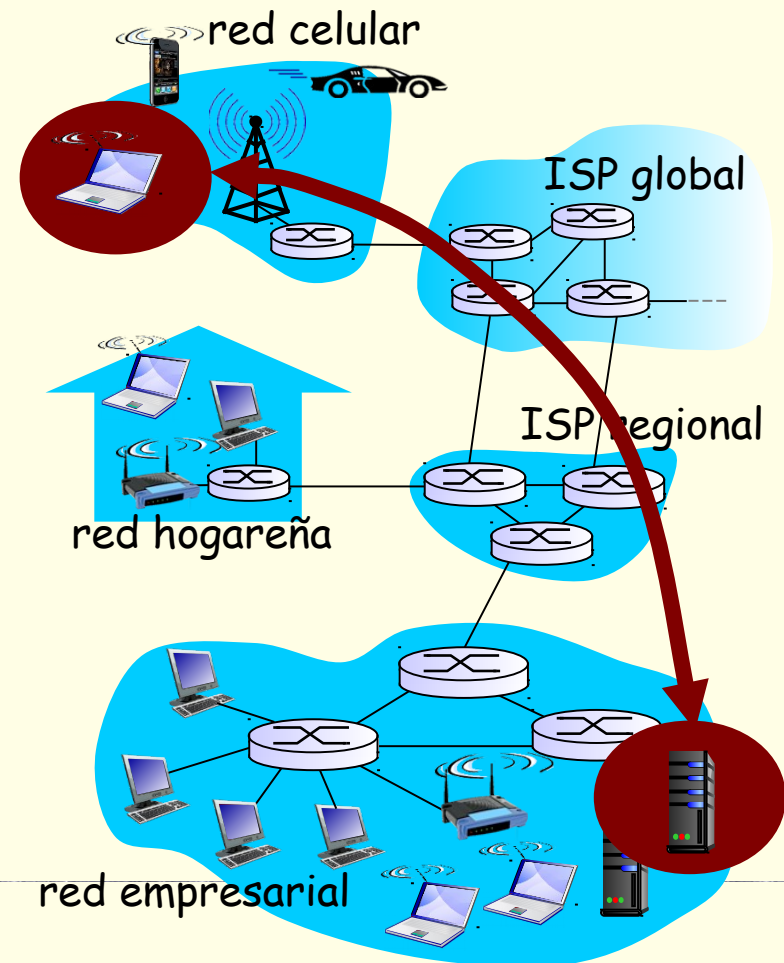
De acuerdo a la definición elegida para red, sus nodos se clasifican en:

- La **frontera** de la red, compuesta por las computadoras de los usuarios y por los servidores
- El **núcleo** de la red, compuesto por los routers y los enlaces que los conectan



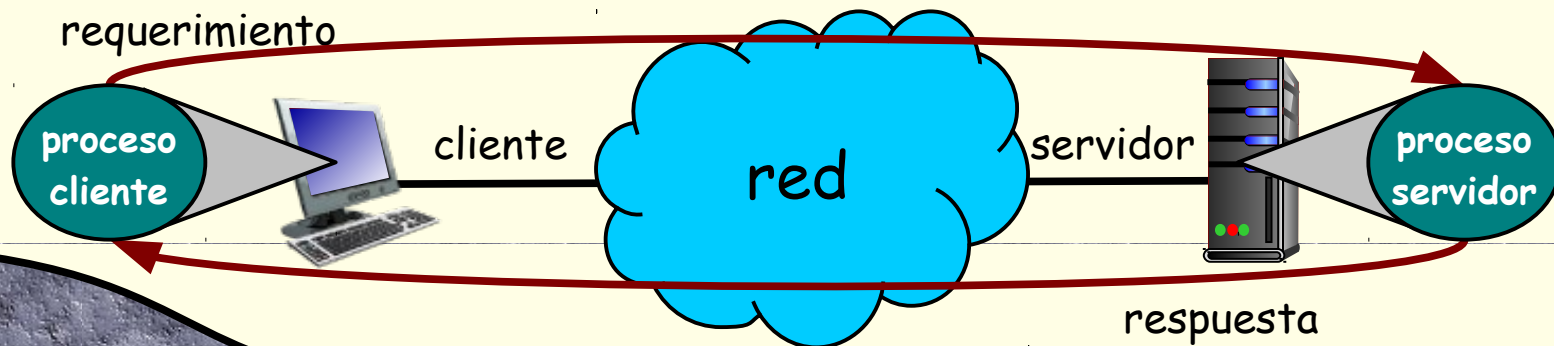
Frontera de red

- Las computadoras en la frontera de la red corren programas de red
 - ➔ Por caso, un navegador utilizado para acceder a una página web
- Internet posibilita hacer uso tanto del modelo **cliente-servidor** como del modelo **par-a-par**



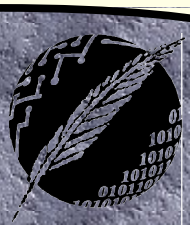
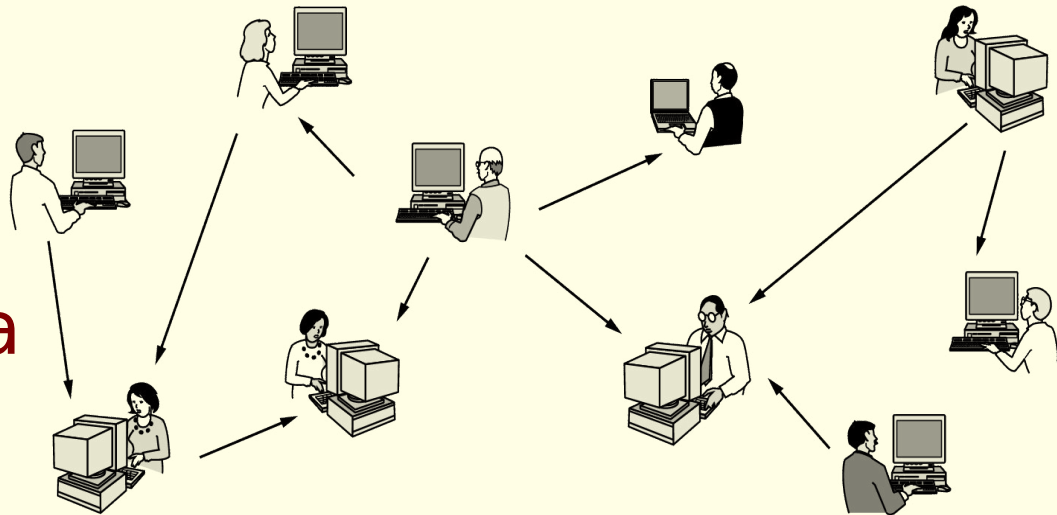
Modelo cliente-servidor

- El modelo **cliente-servidor** es un estilo arquitectónico para aplicaciones distribuidas
 - Evolucionó en paralelo a las propias redes
- En este modelo existe una clara separación de las tareas:
 - Los clientes solicitan servicios
 - Los servidores atienden estas solicitudes



Modelo par-a-par (p2p)

- El modelo **par-a-par** se diferencia del modelo anterior en que no distingue entre clientes y servidores
 - En cierta forma, todos los nodos de la red son tanto clientes como servidores
- Fue propuesto para atacar un problema inherente al modelo anterior: **la compleja escalabilidad**



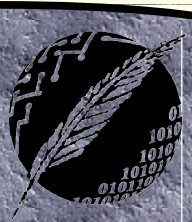
¿Qué servicios brinda la red?

- En la frontera de la red, los usuarios necesitan poder usar sus programas de aplicación
- A su vez, los programas de aplicación necesitan poder **enviar y recibir información por la red**
- La red provee esencialmente dos servicios que acometen ese objetivo:
 - Establecer una **comunicación orientada a la conexión**
 - Establecer una **comunicación sin conexión**



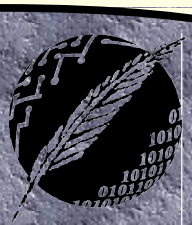
Orientado a la conexión

- La comunicación orientado a la conexión tiene por objeto transferir información entre las computadoras en la frontera de red
 - Requiere un **acuerdo inicial**
 - Su **existencia queda asentada** en origen y destino
- Por ejemplo, en internet este servicio es implementado por el protocolo **TCP**:
 - Asegura la **transmisión confiable y ordenada** de un flujo de bytes
 - Implementa **control de flujo y gestión de congestión**



No orientado a la conexión

- La comunicación no orientada a la conexión tiene por objeto transferir información entre las computadoras en la frontera de red
 - No requiere acuerdo inicial, por lo que tampoco queda asentado en destino
- Por ejemplo, en internet este servicio es implementado por el protocolo **UDP**:
 - No asegura la transmisión confiable
 - No implementa control de flujo ni gestión de la congestión



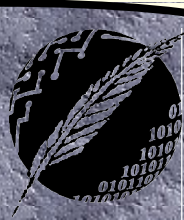
Ejemplos prácticos

- Comunicación orientada a la conexión:

- El protocolo **HTTP** de la web
- Los protocolos **SMTP**, **POP** e **IMAP** para acceder al correo electrónico

- Comunicación no orientada a la conexión:

- El protocolo **DNS** para acceder a los servidores de dominio
- Los protocolos para transportar audio y/o video en tiempo real (por caso, Skype o WhatsApp)
- Los protocolos de los juegos en línea



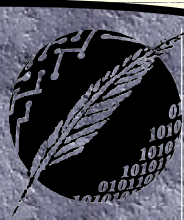
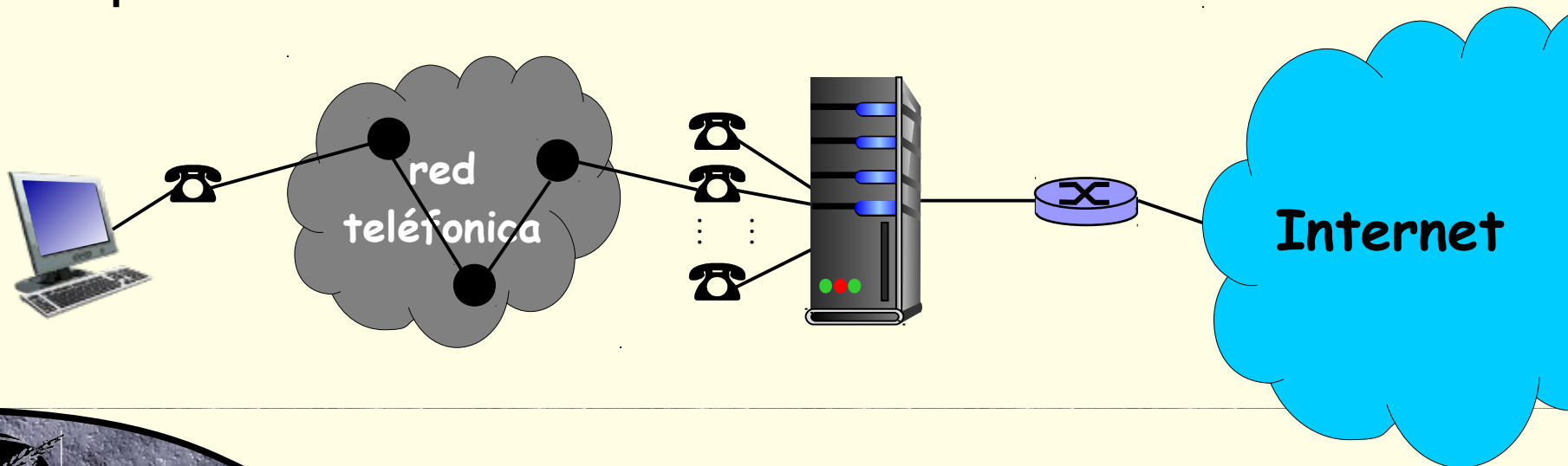
Accediendo a internet

- La pregunta que se impone es cómo logramos acceder a esta maravilla de la tecnología
- La forma usualmente varía en función del tipo de red que queramos sumar a internet
 - ➔ Redes residenciales u hogareñas
 - ➔ Redes institucionales, empresas, universidades, clubes, etc.
 - ➔ Redes que requieran estar conectado desde cualquier lado, por caso cadetería, transporte, logística, etc.



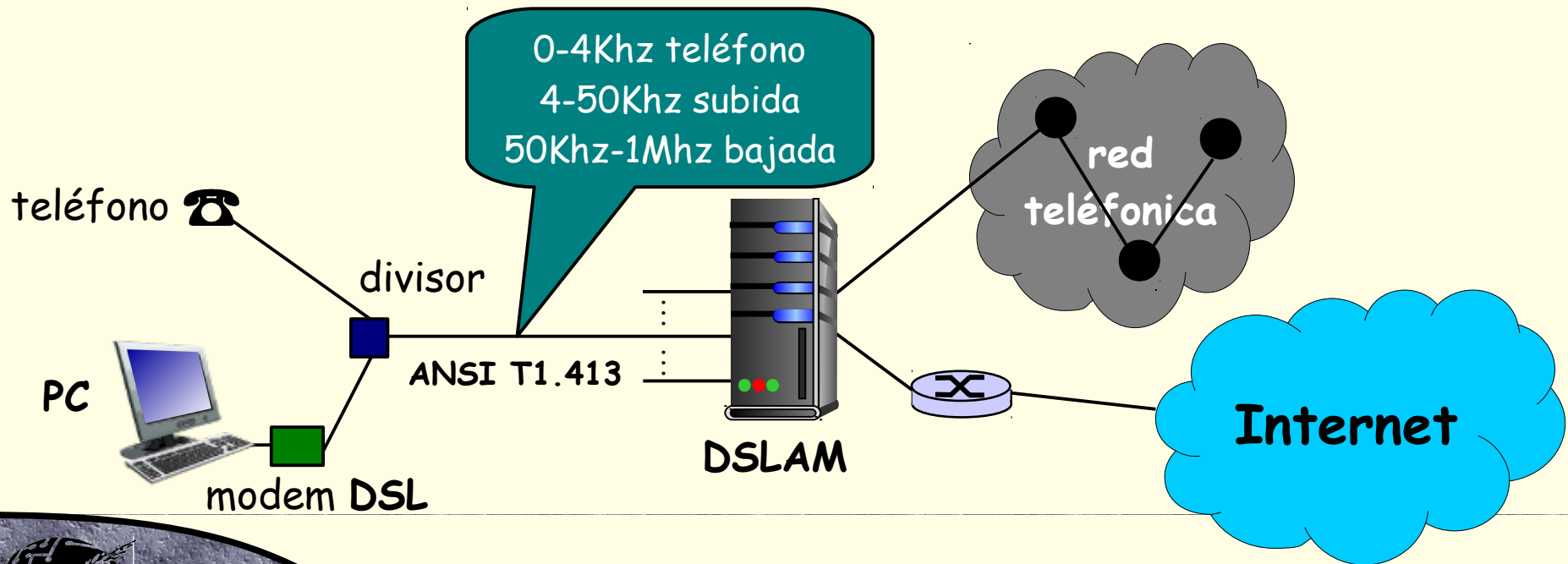
Conexión telefónica

- Hace uso de la infraestructura telefónica
 - ➔ Cualquier hogar que tenga teléfono cuenta con un cable que lo conecta directamente a la central
- Hasta **56Kbps** (usualmente mucho menos)
- Ocupa exclusivamente la línea



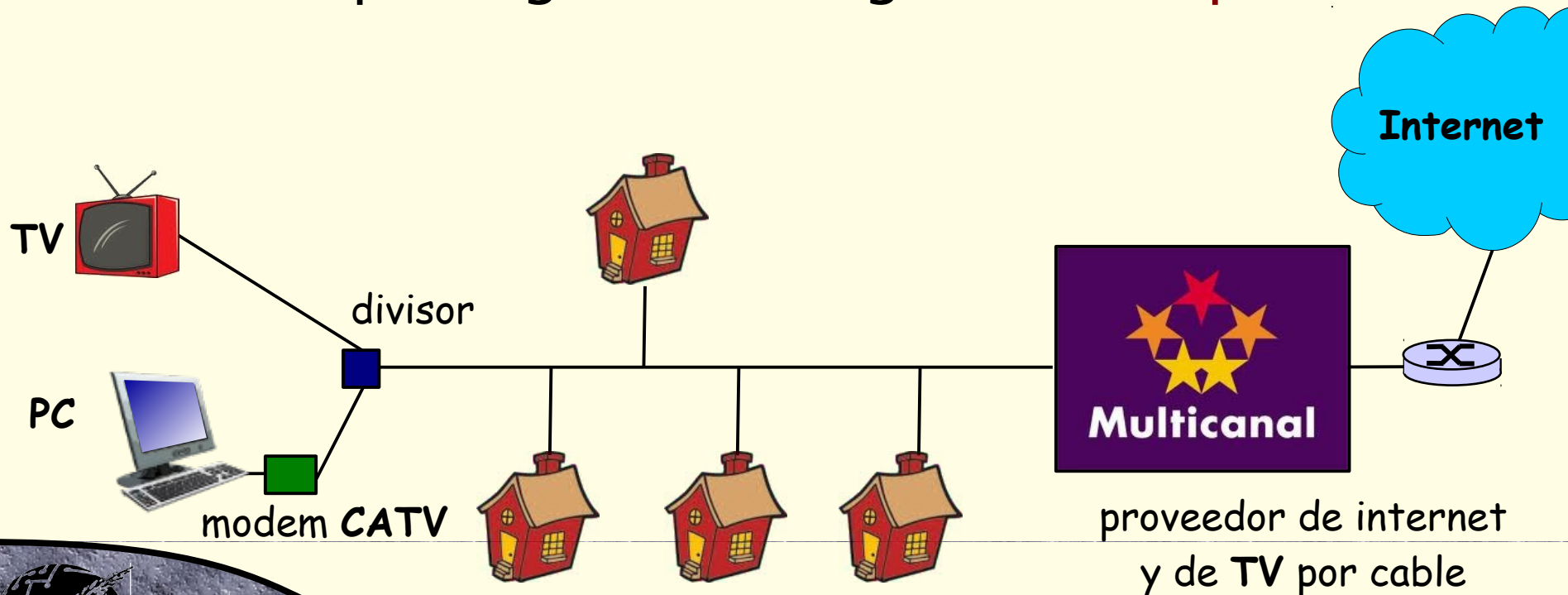
Conexión tipo DSL

- Hace uso de la infraestructura telefónica
- Hasta **3.3Mbps** de subida y **24Mbps** de bajada
- No ocupa exclusivamente la línea



Conexión por CATV

- Hace uso de la infraestructura de TV por cable
- Hasta **10Gbps** de subida y **10Gbps** de bajada
- El cable que ingresa al hogar es **compartido**

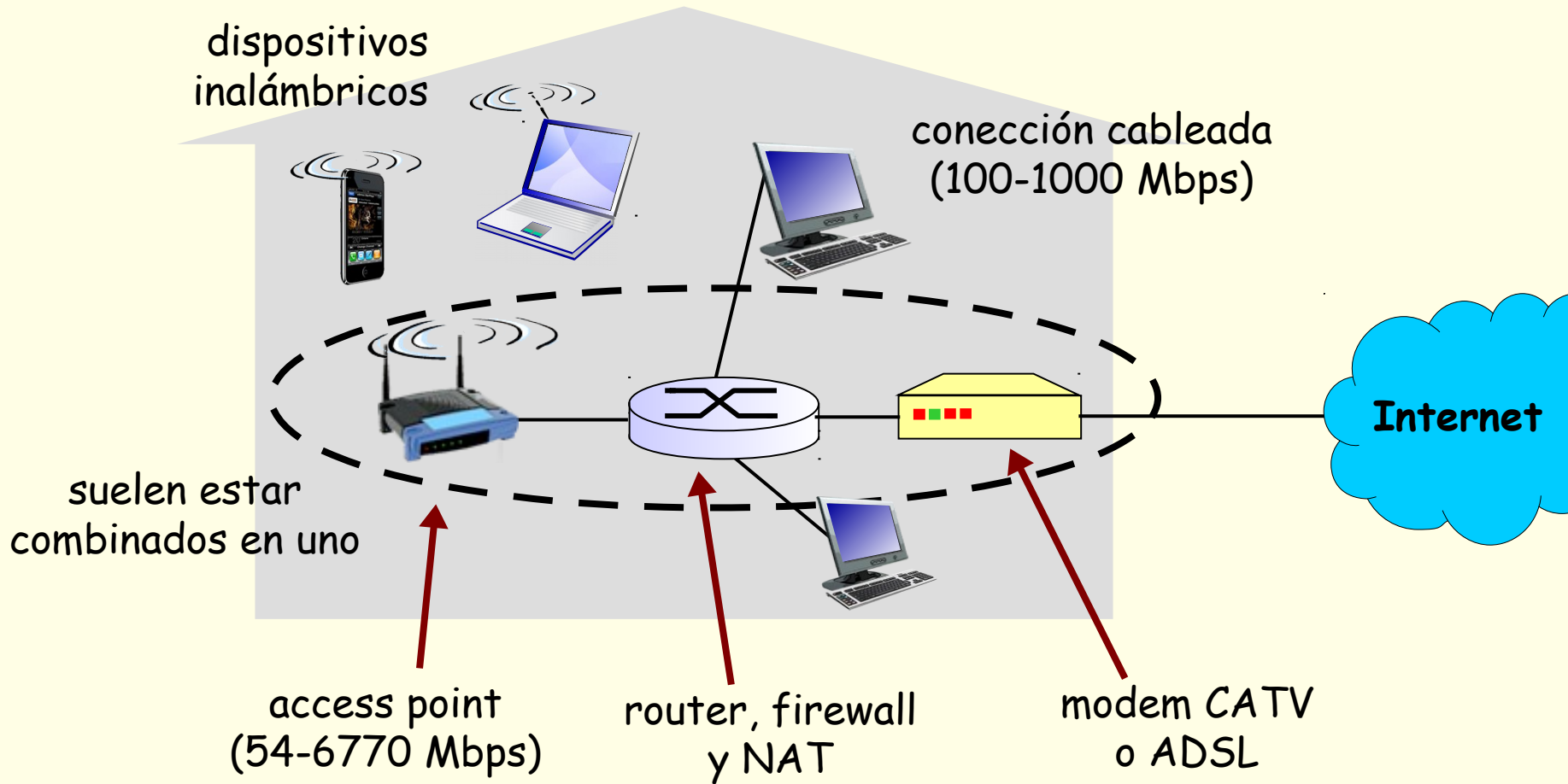


Conexión por fibra

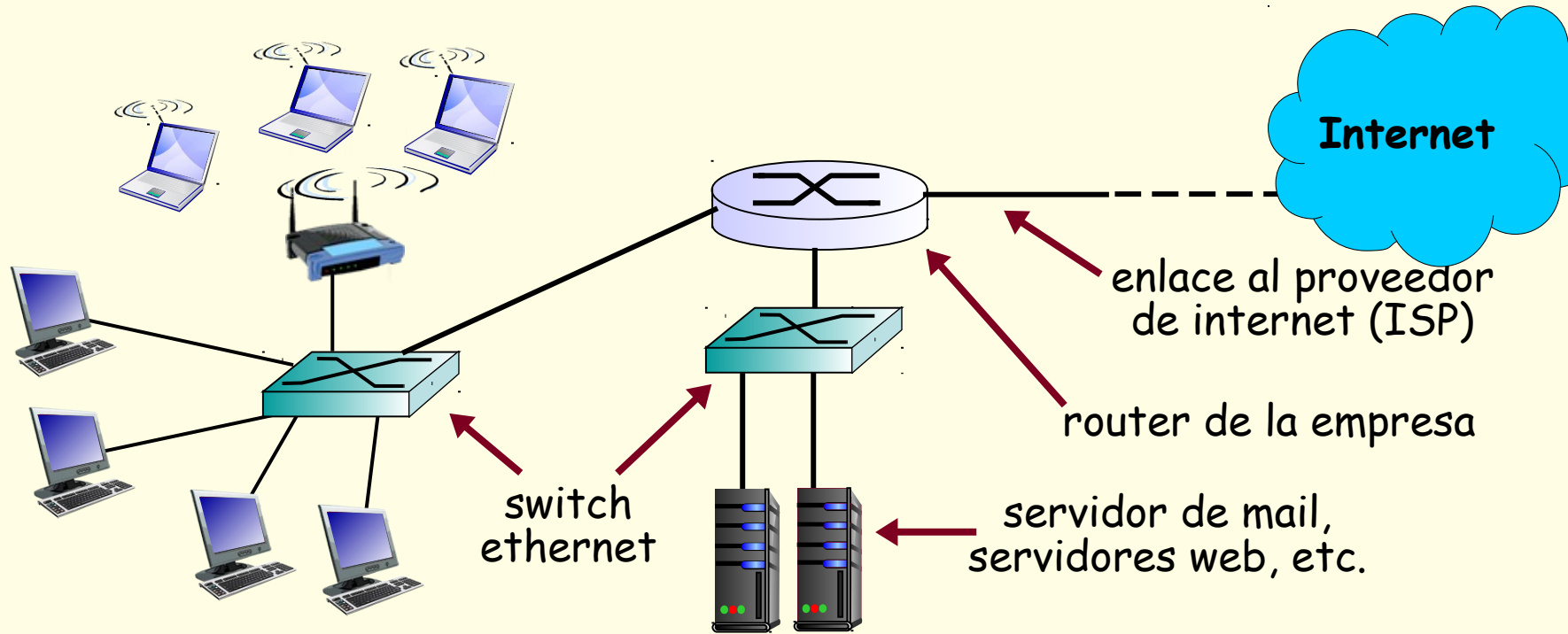
- En la actualidad se está reemplazando el sistema telefónico tradicional por tendidos estilo “fibra óptica hasta la premisa” (**FTTP**)
 - ➔ La fibra óptica permite llegar más lejos y más rápido que los otros medios de transporte de datos
- Esta tendencia posibilita que los usuarios residenciales o comerciales se conecten a internet sin tener que usar modem alguno
 - ➔ La principal ventaja es la velocidad que se alcanza
 - ➔ Permite combinar múltiples servicios (triple play)



Red hogareña



Red empresarial



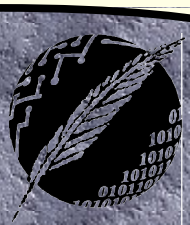
Configuración típica de la red de una empresa
(puertas adentro desde 100 Mbps a 10Gbps, y puertas afuera
de 10 Mbps a 1 Gbps, generalmente simétrico)



Taxonomía de redes

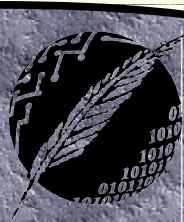
● Clasificación según su tamaño:

Distancias involucradas	Ubicación de la máquina destino	Denominación del tipo de red
1m	Uno mismo	Personal Area Network (PAN)
10m	Habitación	Local Area Network (LAN)
100m	Hogar	Local Area Network (LAN)
1km	Campus	Local Area Network (LAN)
10km	Ciudad	Metropolitan Area Network (MAN)
100km	País	Wide Area Network (WAN)
1000km	Continente	Wide Area Network (WAN)
10000km	Planeta	Internet
>100000km	Sistema solar	Interplanetary Internet (IPN)



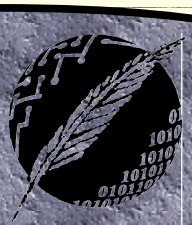
Redes de área local

- Según la **IEEE**, una **LAN** es un sistema de comunicación de información que permite que un número de dispositivos independientes se comuniquen entre sí directamente, en el marco de un área geográfica de tamaño moderado y a través de un canal de comunicaciones de capacidad también moderada
- ➔ Abarca **pocos kilómetros**, posee una **alta velocidad** ($>1\text{Mb/s}$), permite **acceso simultáneo** a varios usuarios y **posibilita el compartir** de diversas cosas (hardware, software, ideas, etc.)



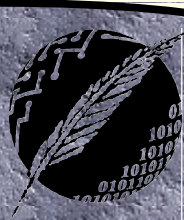
Topología de una red

- La topología de una red describe la distribución espacial de sus componentes
- Se ha ensayado con distintas topologías:
 - ➔ Barra (bus)
 - ➔ Anillo (ring)
 - ➔ Estrella (star)
 - ➔ Malla (mesh)
 - ➔ Híbrida o jerárquica



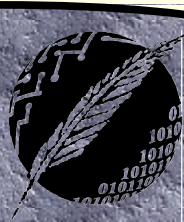
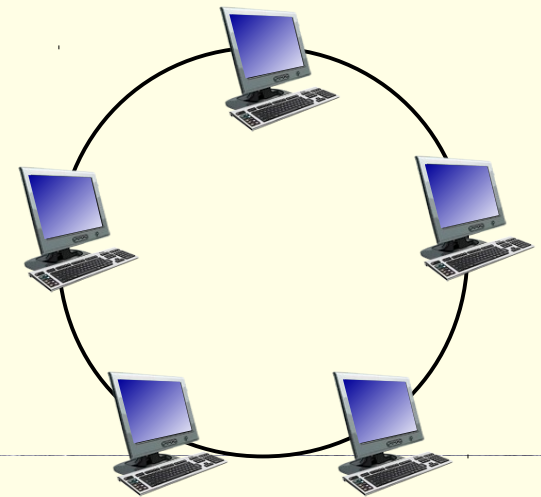
Topología barra

- En una topología barra todas las estaciones de trabajo están conectadas entre sí a través de un medio en común
- Requiere que se arbitre adecuadamente el **acceso al medio compartido**
- De producirse un **conflicto**, se está perdiendo ancho de banda



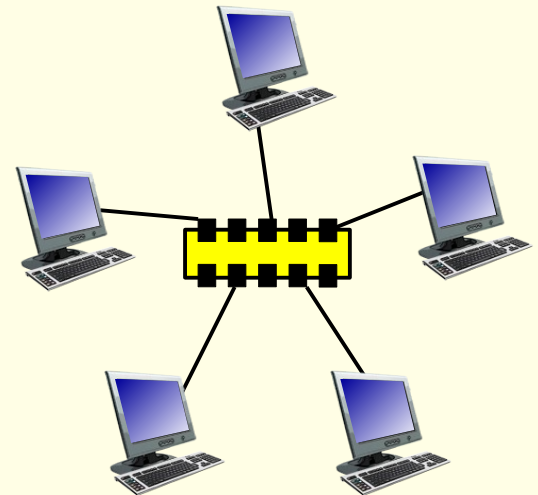
Topología anillo

- En una topología anillo cada nodo está conectado sólo con los vecinos inmediatos
- El último nodo se conecta al primero, cerrando el anillo
- Soluciona el problema señalado en la topología barra
- Puede **eleva**r la **latencia** entre nodos no adyacentes



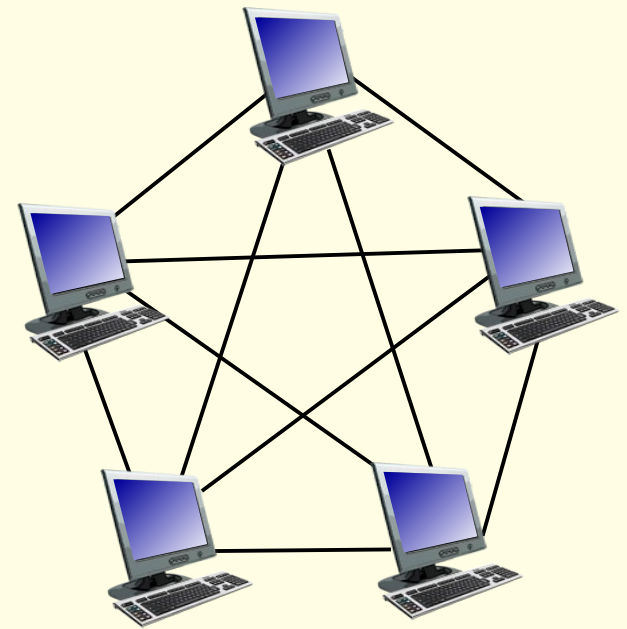
Topología estrella

- En esta topología cada nodo cuenta con un enlace directo a una locación central
- Las tecnologías modernas de red suelen adoptar esta configuración
- Más simple de cablear que la topología barra
- Cada nodo cuenta, por así decir, con su barra de uso exclusivo



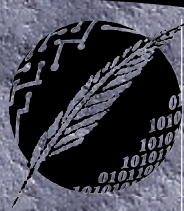
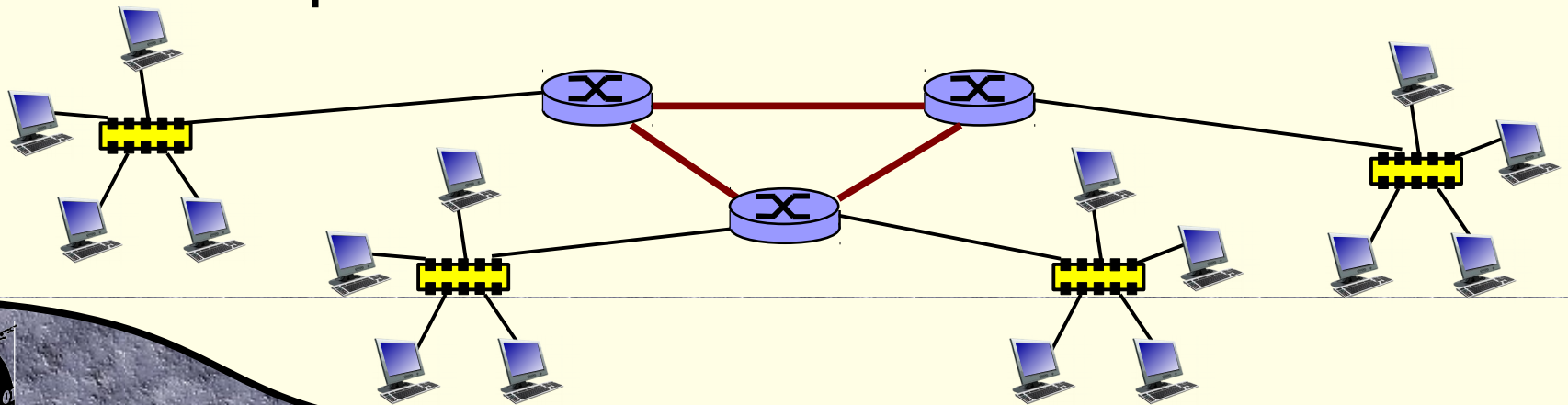
Topología malla

- En una topología malla cada nodo está conectado directamente a otros nodos
- Se denomina **malla completa** cuando cada nodo es adyacente a todo otro
- Excelente desempeño y confiabilidad
- Costo prohibitivo para redes de muchos nodos
 - ➔ ¡Para **n** nodos, casi **$n^2/2$** enlaces!



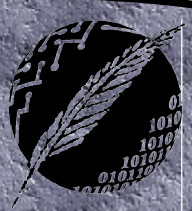
Topología híbrida

- En una topología híbrida la red se organiza en capas, dónde cada capa adopta una topología en particular
 - ➔ Por esta razón, también se la conoce como **jerárquica**
- Eligiendo adecuadamente las topologías a combinar se puede obtener una distribución que se adapte al dominio en consideración



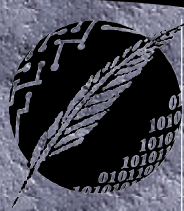
Tipos de enlaces

- Los enlaces entre los dispositivos de una red se clasifican en dos grandes grupos
- En primer lugar están los **enlaces guiados**, en los cuales los bits son encauzados a través de un medio sólido que los conduce
 - ➔ Por caso, usando un cable de cobre o una fibra óptica
- Por otra parte, también existen **enlaces no guiados**, donde los bits se dispersan en todas direcciones a través de un medio intangible
 - ➔ Por caso, usando ondas infrarrojas o de radio



Tipos de enlaces

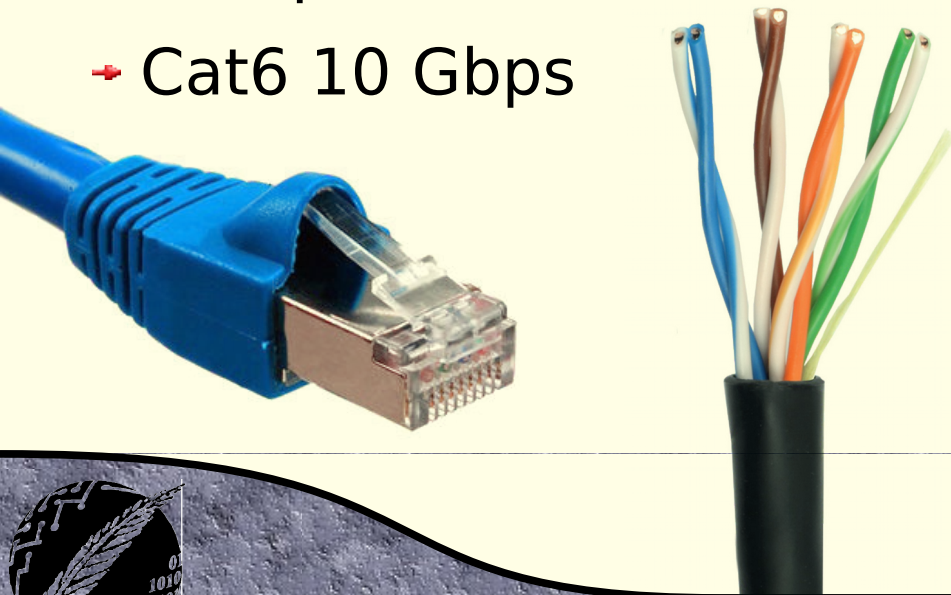
- Otra alternativa para clasificar enlaces es considerar cómo será usado el enlace
- En los enlaces punto a punto el medio físico es compartido sólo entre los dos dispositivos que conecta
 - ➔ Por caso, el cable **USB** de un smartphone
- En contraste, en los enlaces denominados difusión (broadcast), el medio físico está compartido entre gran cantidad de dispositivos
 - ➔ Por caso, la señal de la **TDA** en nuestra ciudad



Enlaces alámbricos

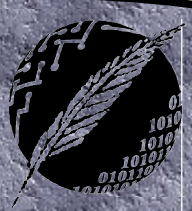
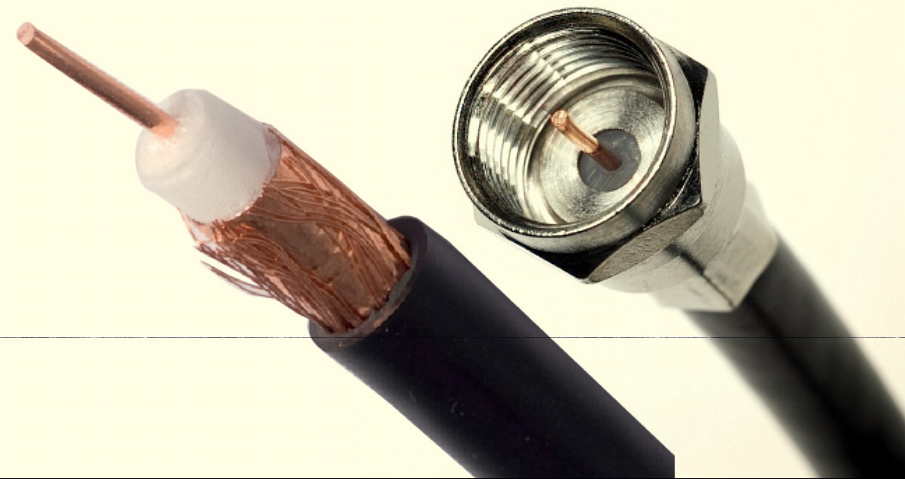
● Par trenzado (TP):

- Dos cables de cobre aislados que se entrecruzan entre sí
- Cat5 100 Mbps y 1 Gbps
- Cat6 10 Gbps



● Cable coaxil (coax):

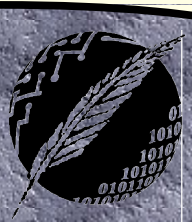
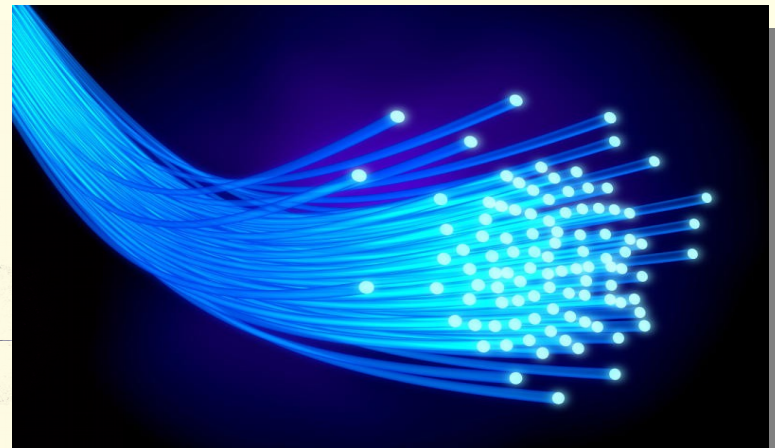
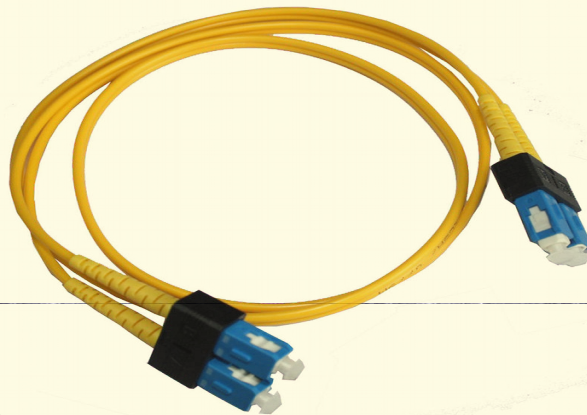
- Dos cables de cobre concéntricos
- Brinda una conexión bidireccional
- Buen ancho de banda



Enlaces alámbricos

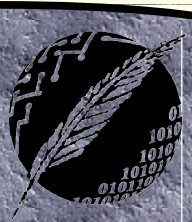
● Fibra óptica (fiber):

- Consiste de un fibra de vidrio flexible capaz de transportar pulsos de luz que codifican información
- Habilita una operación punto a punto de muy alta velocidad (de decenas a centenas de Gbps)
- Casi inmune a la interferencia electromagnética, fuente número uno de errores en la transmisión



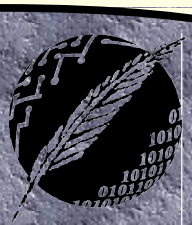
Enlaces inalámbricos

- En este tipo de enlace la información es transportada es una señal electromagnética
 - ➔ No requiere de cables, ni de agujeros en las paredes
 - ➔ La conexión es usualmente bidireccional
 - ➔ Es posible de ser afectada por cuestiones relativas a la propagación de la señal o cuestiones ambientales
 - La señal rebota en distintas superficies
 - Puede ser atenuada por distintos factores
 - Por último, si se distorsiona lo suficiente puede tornarse irrecuperable



Enlaces inalámbricos

- Redes de área personal inalámbricas:
 - Bluetooth
- Redes de área local inalámbricas:
 - WiFi, familia de variantes del estándar **IEEE 802.11**
- Redes de área amplia inalámbricas:
 - WiMAX, para cubrir ciudades
 - LTE, para brindar conectividad a los celulares
 - El estándar **4G** puede hacer uso de ambas



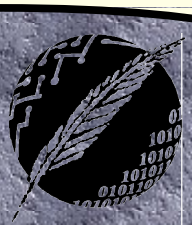
Wired vs. Wireless

● Ventajas:

- Facilidad de cableado
- Configuración y puesta en marcha simplificada

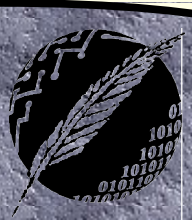
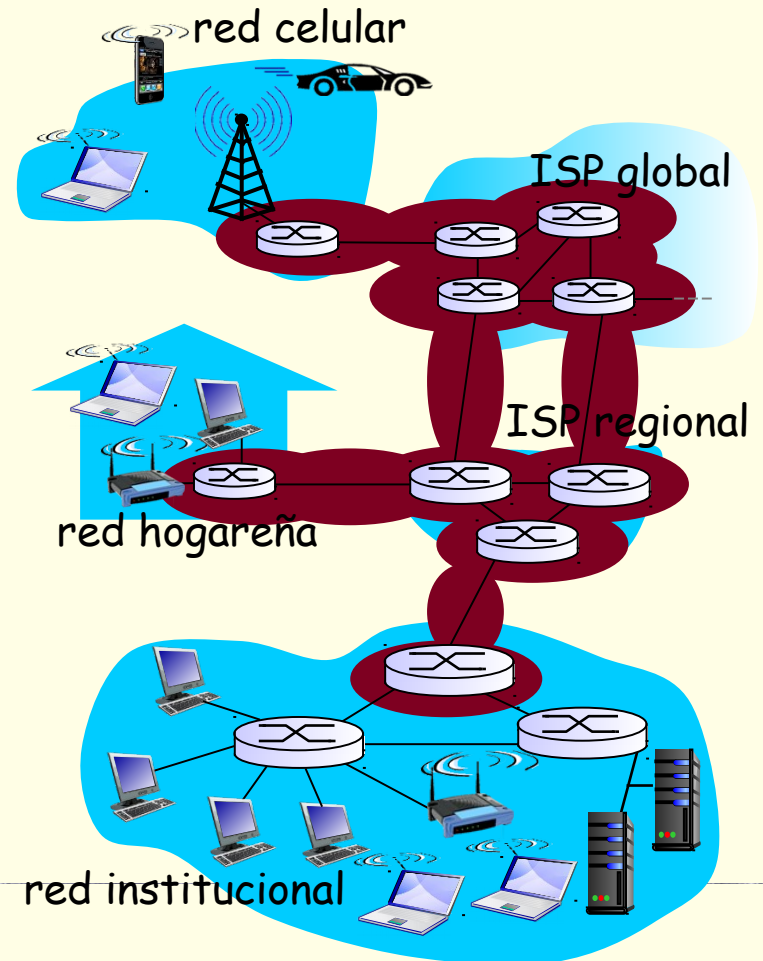
● Desventajas:

- Seguridad
- Privacidad
- Ancho de banda
- Tecnológicamente más complicadas que las redes tradicionales (puede resultar más costoso)



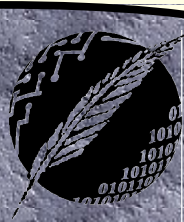
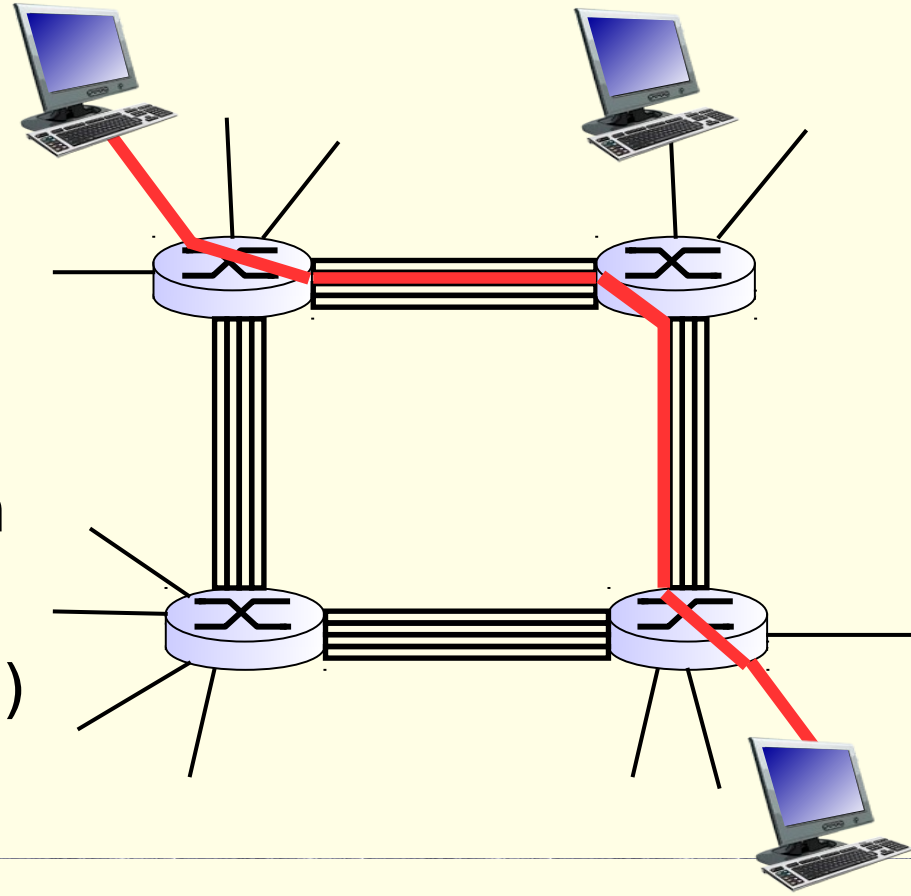
Núcleo de red

- El núcleo de la red es un **reticulado de routers**
- La pregunta del millón:
 - ➔ ¿Cómo hacer para transferir datos a través de la red?
- A lo largo del tiempo se ensayaron dos soluciones:
 - ➔ La **conmutación de circuitos**
 - ➔ La **conmutación de paquetes**



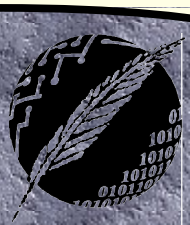
Conmutación de circuitos

- El ejemplo clásico es el viejo sistema telefónico
 - Crea un circuito físico entre los teléfonos
- Se reservan recursos de punta a punta:
 - Uso **exclusivo** de los recursos, no se comparten
 - **Desempeño garantizado** (similar a tener un circuito)
 - Requiere inicialización



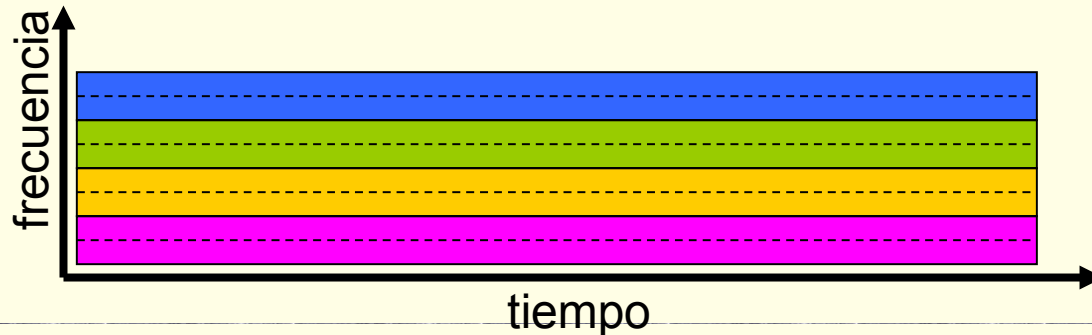
Conmutación de circuitos

- Los recursos de la red deben dividirse en pequeñas porciones que luego serán asignadas a los distintos usuarios
 - Cada porción es asignada a una “llamada” diferente
- El **ancho de banda** de los enlaces (esto es, su capacidad para transportar información) debe poder cortarse en pequeñas porciones:
 - Multiplexado por **división de frecuencia**
 - Multiplexado por **división de tiempo**



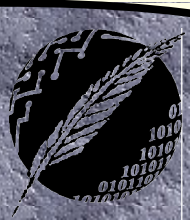
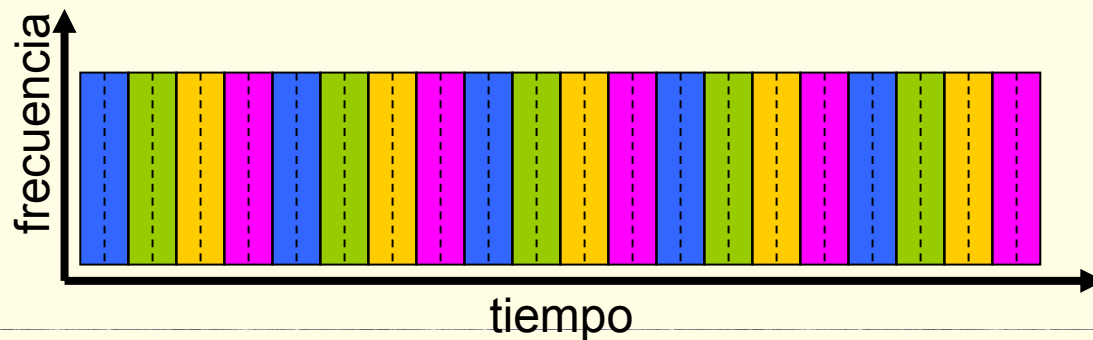
División por frecuencia

- El multiplexado por división de frecuencia (**FDM**) consiste en asignar una frecuencia diferente a cada usuario
- Gráficamente, para cuatro usuarios:



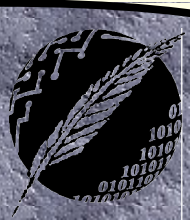
División por tiempo

- El **multiplexado por división de tiempo (TDM)** consiste en asignar una porción de tiempo diferente a cada usuario, de manera cíclica
- Gráficamente, para cuatro usuarios:



Ejemplo

- Supongamos que se desea transmitir un documento de **640.000 bits** por una red de conmutación de circuitos
 - La velocidad de todos los enlaces es de **1,536 Mbps**
 - Los enlaces usan multiplexado **TDM** de **24 slots**
 - Asumir que el establecimiento de la conexión insume **500ms**
- En este contexto, ¿cuánto tiempo tarda la transmisión del documento?
 - A sacar la calculadora, el celular o si no el ábaco...



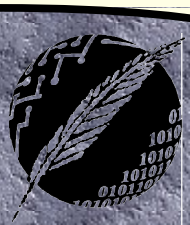
Conmutación de paquetes

- Se observó que los usuarios hacen un uso muy particular de la red:
 - Usualmente la red está **totalmente ociosa**, si bien esporádicamente aparece una **ráfaga de uso intenso**
- En este escenario, la conmutación de circuitos **desaprovecha ancho de banda**
- La solución obvia es permitir compartir los enlaces de una manera más eficiente:
 - Cortar los datos en pequeños pedazos (llamados **paquetes**) y conmutar en cambio esos paquetes



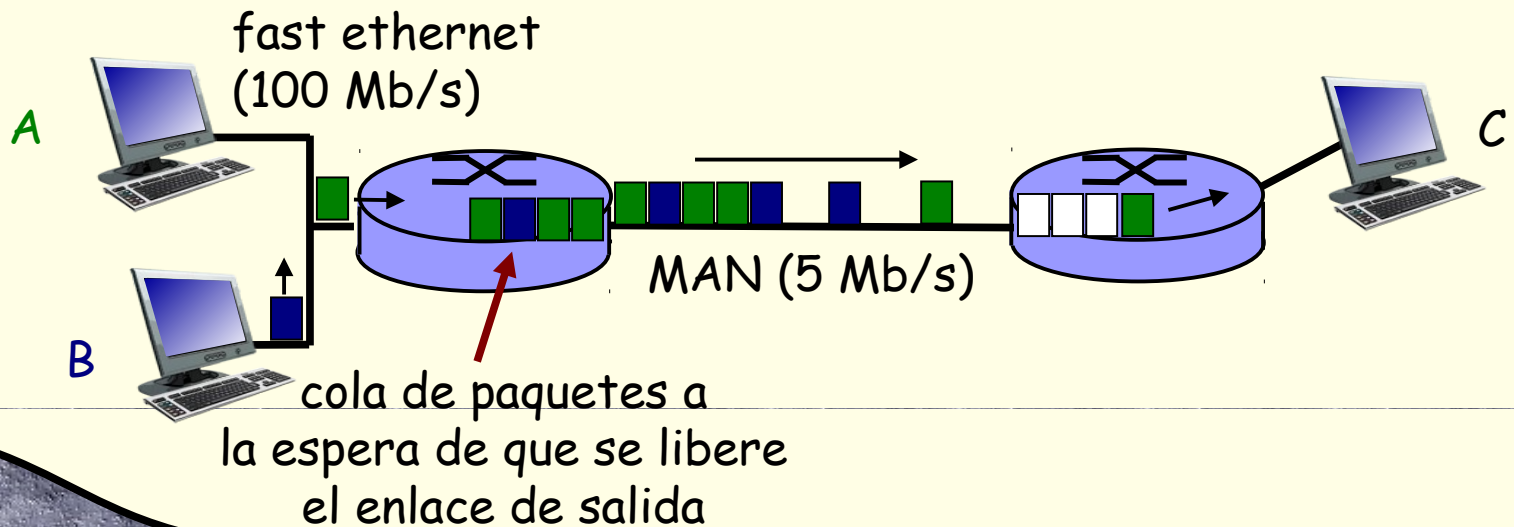
Conmutación de paquetes

- La clave de la conmutación de paquetes es que los enlaces no son más exclusivos, los usuarios ahora pueden compartirlos
 - Cuando un usuario tiene un paquete para enviar, **hace uso de la totalidad del ancho de banda**
 - Los recursos son asignados según hagan falta
 - No es necesario reservar previamente recursos ni acordar cómo dividir el ancho de banda
 - Puede haber contención en el uso de los recursos, lo que resulta en una **congestión de tráfico**



Paquetes vs. TDM

- La conmutación de paquetes parece adoptar una estructura análoga al multiplexado por división de tiempo
- No obstante, existe una diferencia fundamental en este caso, pues la conmutación **no configura un patrón cíclico preestablecido**:



Circuitos vs. Paquetes

- Supongamos un conjunto de usuarios con las siguientes características:
 - Cada uno requiere **1Mb/s** cuando está activo
 - Están activos usando la red el **10%** del tiempo
- ¿Qué es más conveniente conmutar si cuento con un enlace de **5Mb/s**?
 - Si conmutamos circuitos, con 5 usuarios **se agota el ancho de banda**
 - Si conmutamos paquetes, con 20 usuarios el **99.12%** del tiempo hay 6 o menos usuarios activos



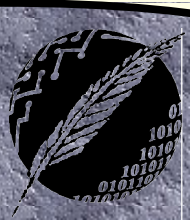
Circuitos vs. Paquetes

- A la luz de la evidencia, la conmutación de paquetes surge como claro ganador... ¿o no?
 - ➔ La conmutación de paquetes es ideal para tráfico de tipo ráfaga
 - ➔ Se comparten los recursos de red y no requiere inicialización de antemano
- No obstante, ino todo lo que brilla es oro!
 - ➔ Se puede dar una congestión y los protocolos también deben contemplar la eventual pérdida de paquetes
 - ➔ No permite asegurar la calidad del servicio



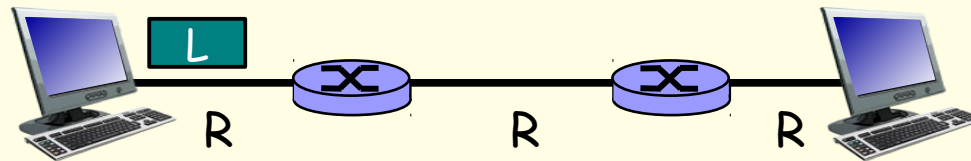
Ancho de banda y latencia

- Al considerar la calidad de un enlace el primer parámetro que notamos es su **ancho de banda**
 - En computación, denominaremos ancho de banda a la capacidad ideal de transferencia de información por unidad de tiempo de un determinado enlace o dispositivo
- Sin embargo, la conmutación paquetes puede causar congestiones por lo que también debemos tener en cuenta la **latencia**
 - Denominaremos latencia al tiempo que le toma a un cierto dato en atravesar la red



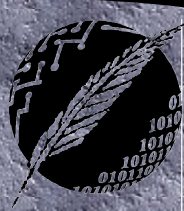
Store and forward

- Nótese que hacen falta L/R segundos para empujar los L bits de un paquete dentro de un enlace con un ancho de banda R
- A su vez, el paquete tiene que ser recibido completamente antes de comenzar a ser enviado a través del próximo enlace
 - Esta operatoria se denomina “store and forward”



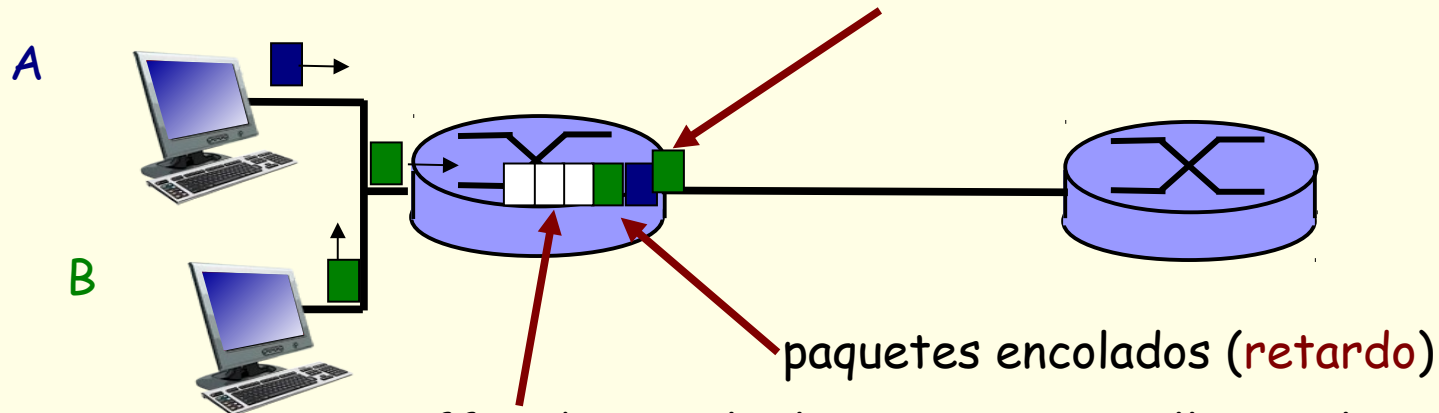
retardo total: $3L/R$

(ignorando otras fuente de retardo)



Pérdidas y retardos

- Los paquetes en tránsito a veces terminan encolados en los buffers de los routers
 - Llegan más paquetes de los que podemos enviar por el enlace de salida
 - Los paquetes deben esperar que les toque su turno
- paquete que está siendo transmitido (**retardo**)

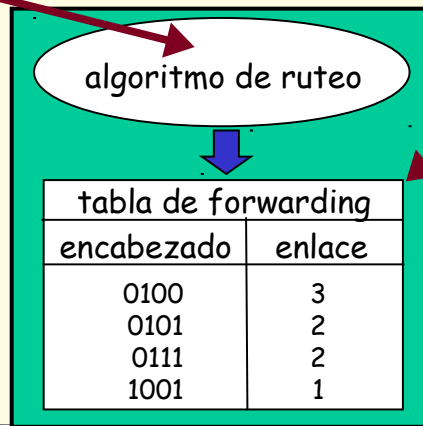


buffer disponible: los paquetes que llegan al router son descartados al agotarse el buffer disponible (**pérdida**)

Dos funciones esenciales

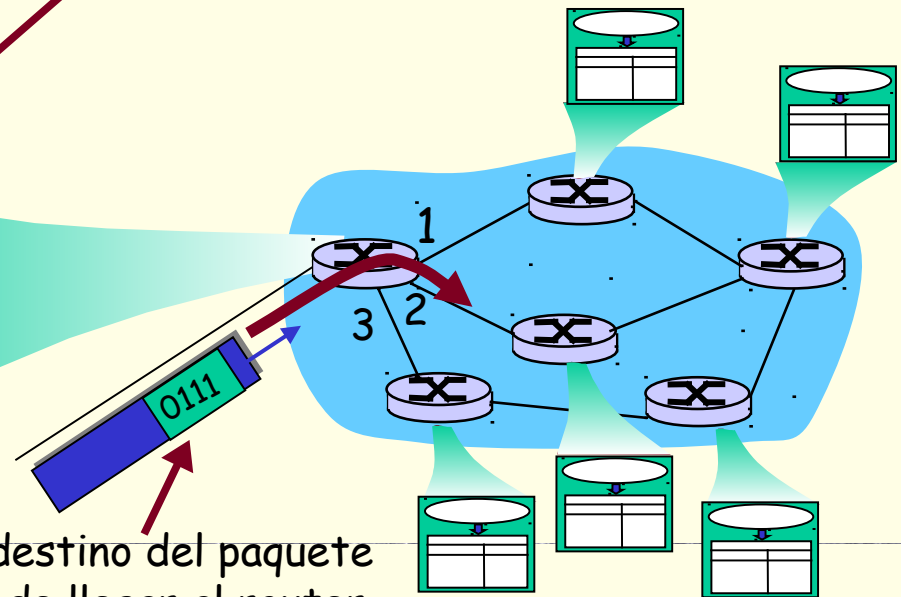
● Ruteo:

- Consiste en encontrar el camino del origen al destino
- Para esto se usan los algoritmos de ruteo



● Forwarding:

- Se trata de asegurarse de que el paquete salga por el enlace que debe



dirección destino del paquete
que acaba de llegar al router



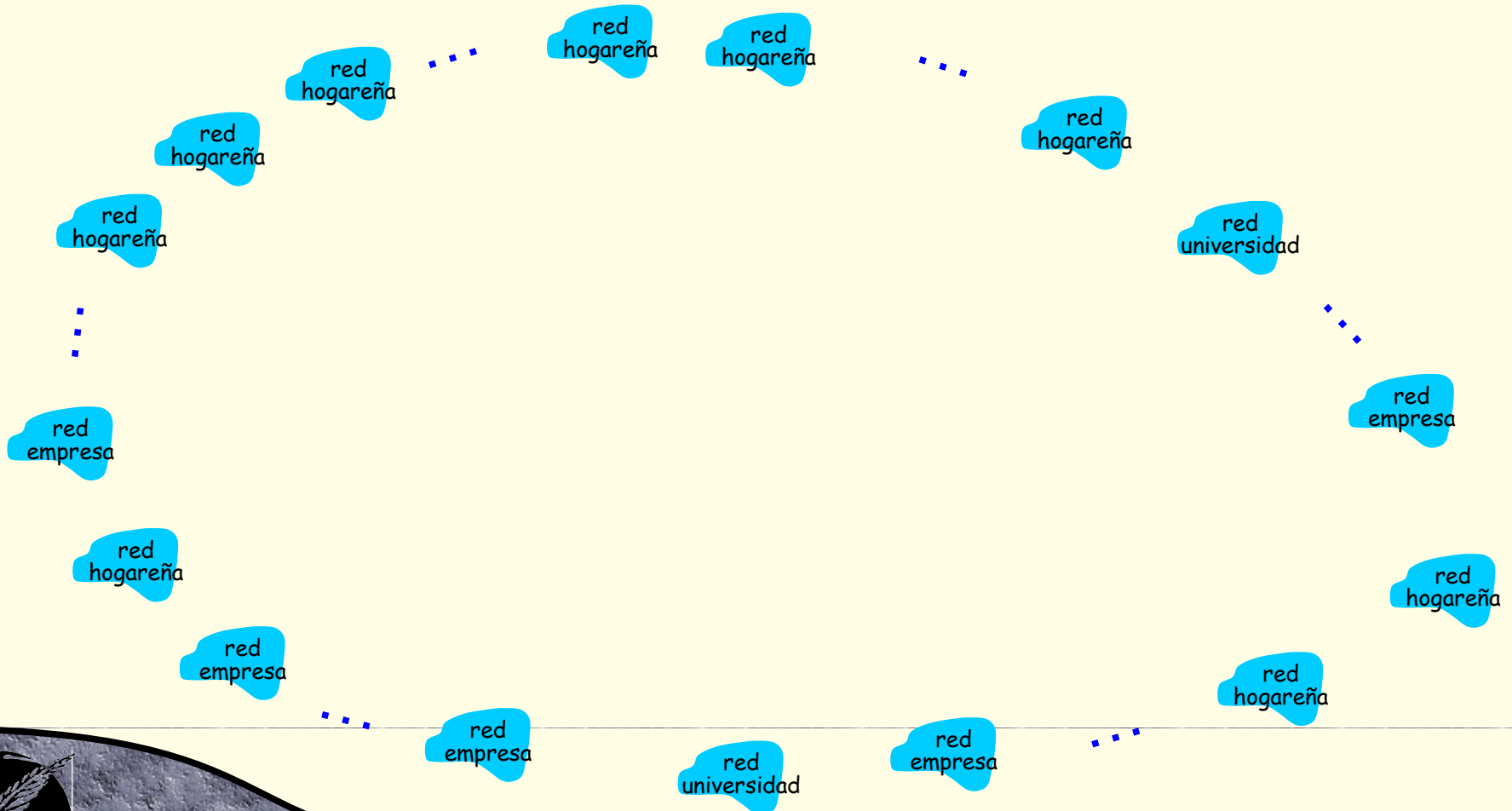
Organización de internet

- En internet la frontera se conecta al núcleo a través de los **ISPs** (Internet Service Provider)
- Naturalmente los **ISPs** necesitan estar interconectados entre sí
 - En los albores... ino era así!
- La topología resultante terminó siendo muy compleja
 - La evolución no fue del todo planeada, se vio afectada por cuestiones económicas y también de soberanía



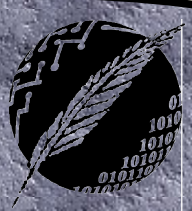
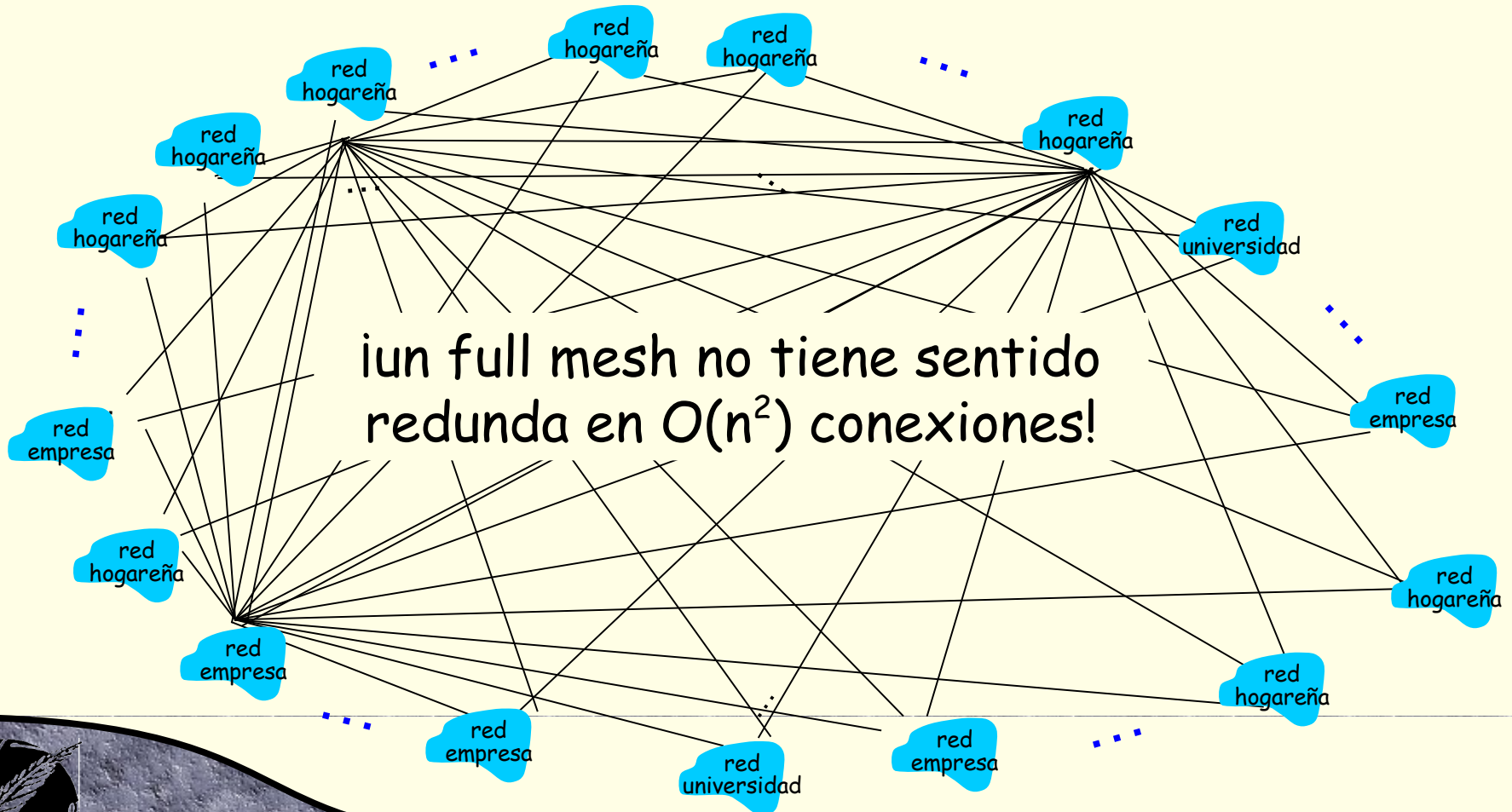
Organización de internet

• ¿Cómo conectar millones de redes entre sí?



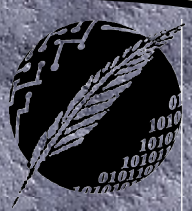
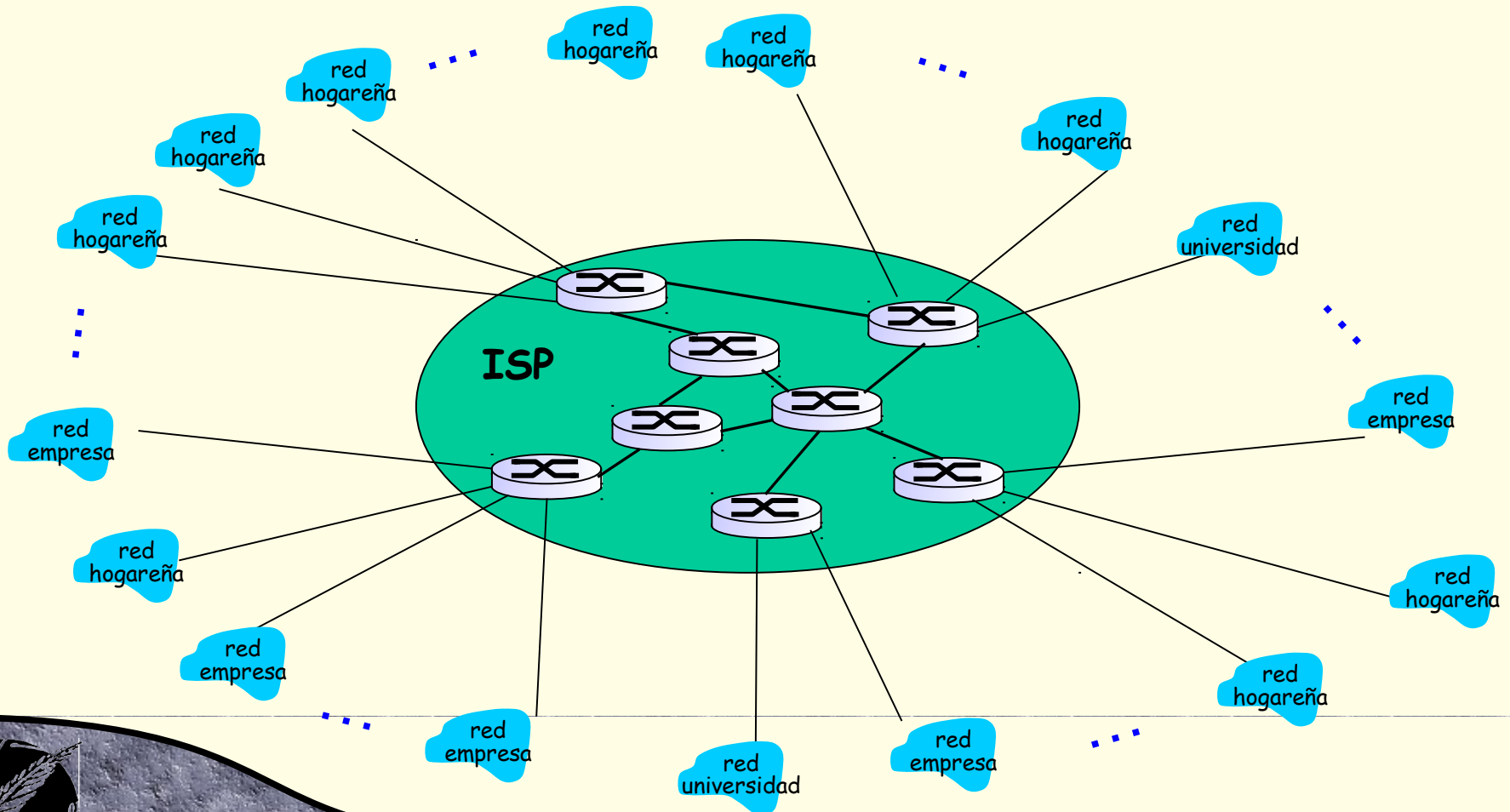
Organización de internet

• ¿Todos con todos? (un full mesh)



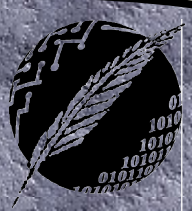
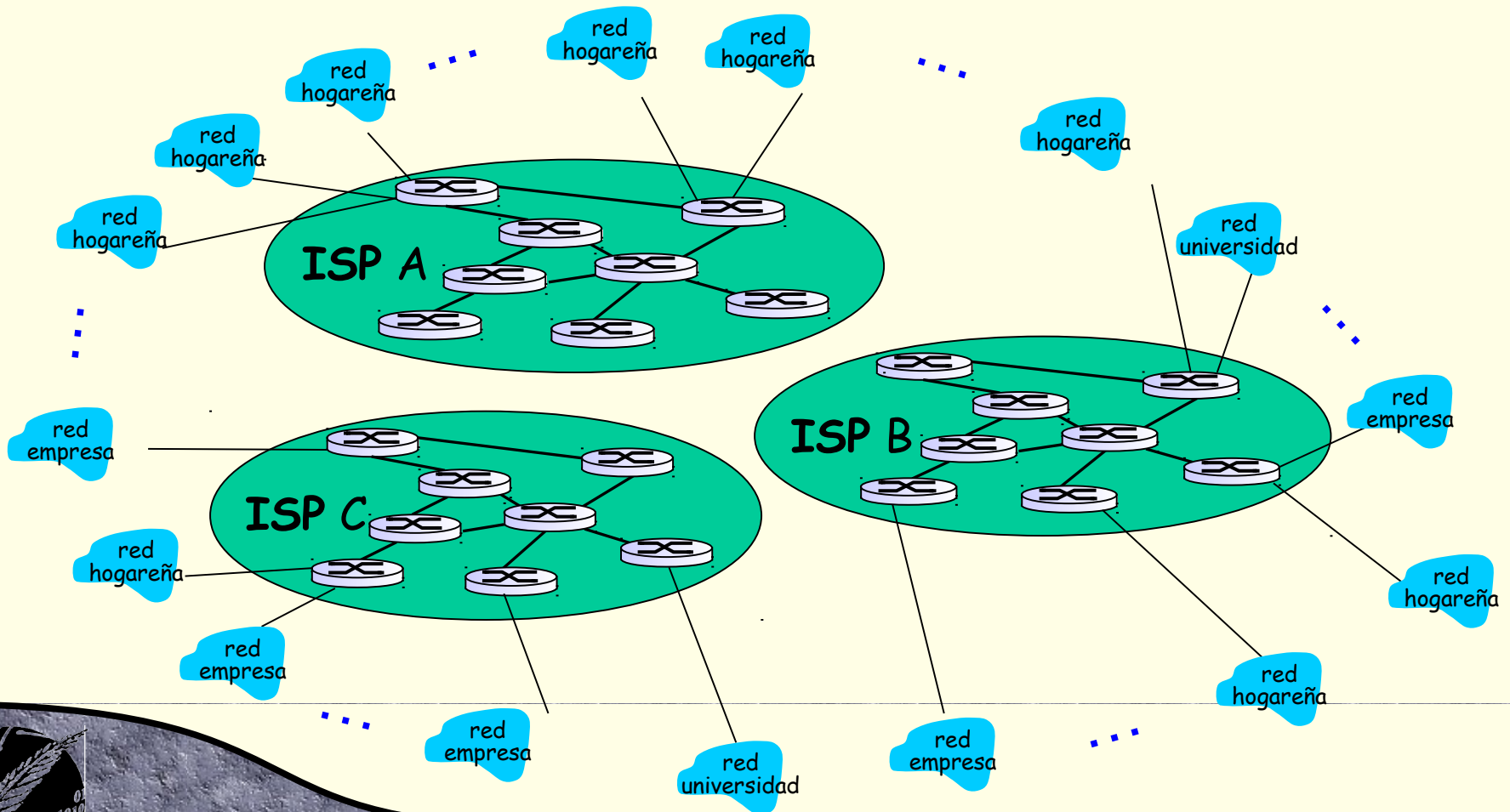
Organización de internet

• ¿Qué tal conectar las redes a un proveedor?



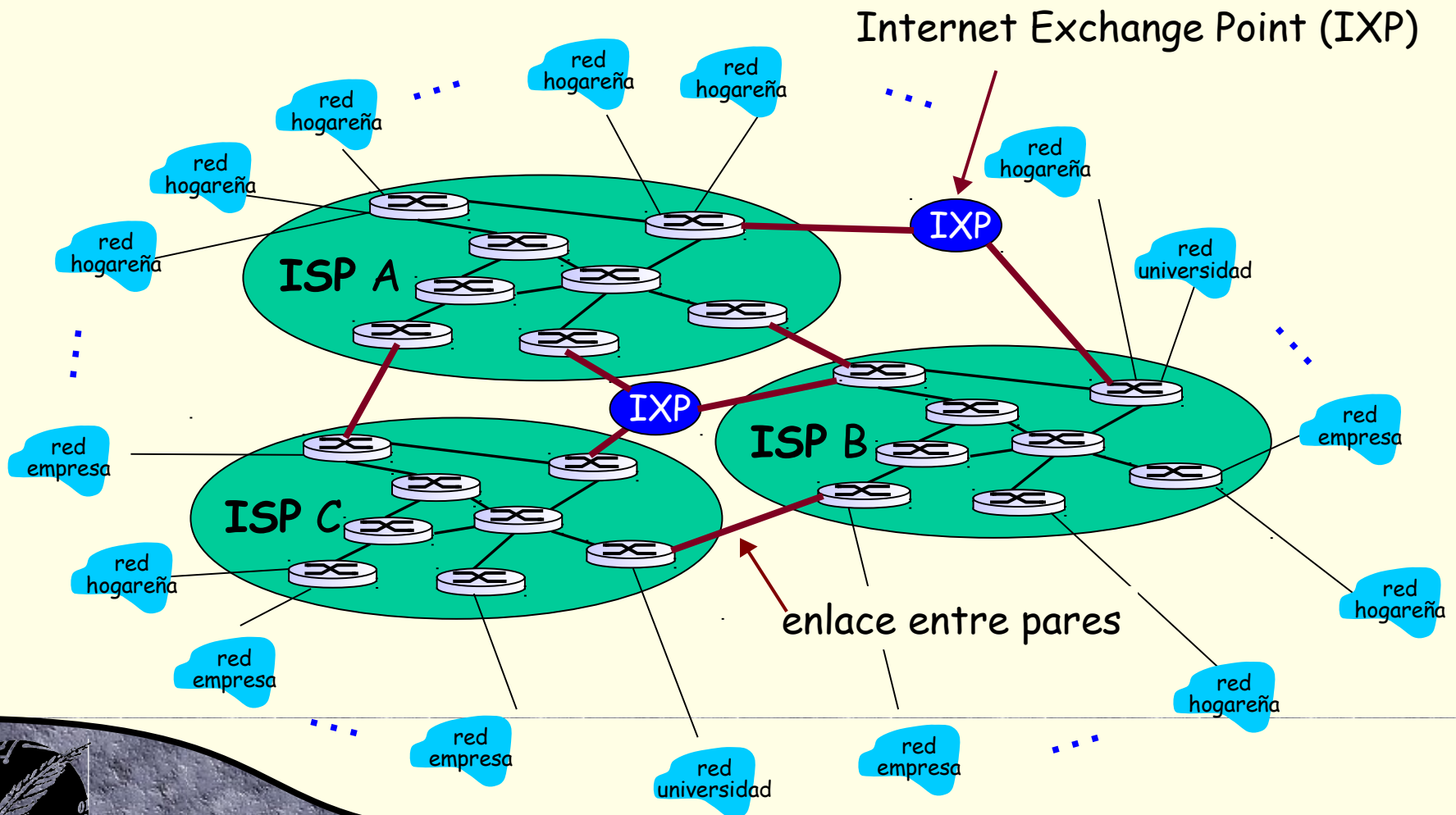
Organización de internet

● Si la idea es buena... isurge la competencia!



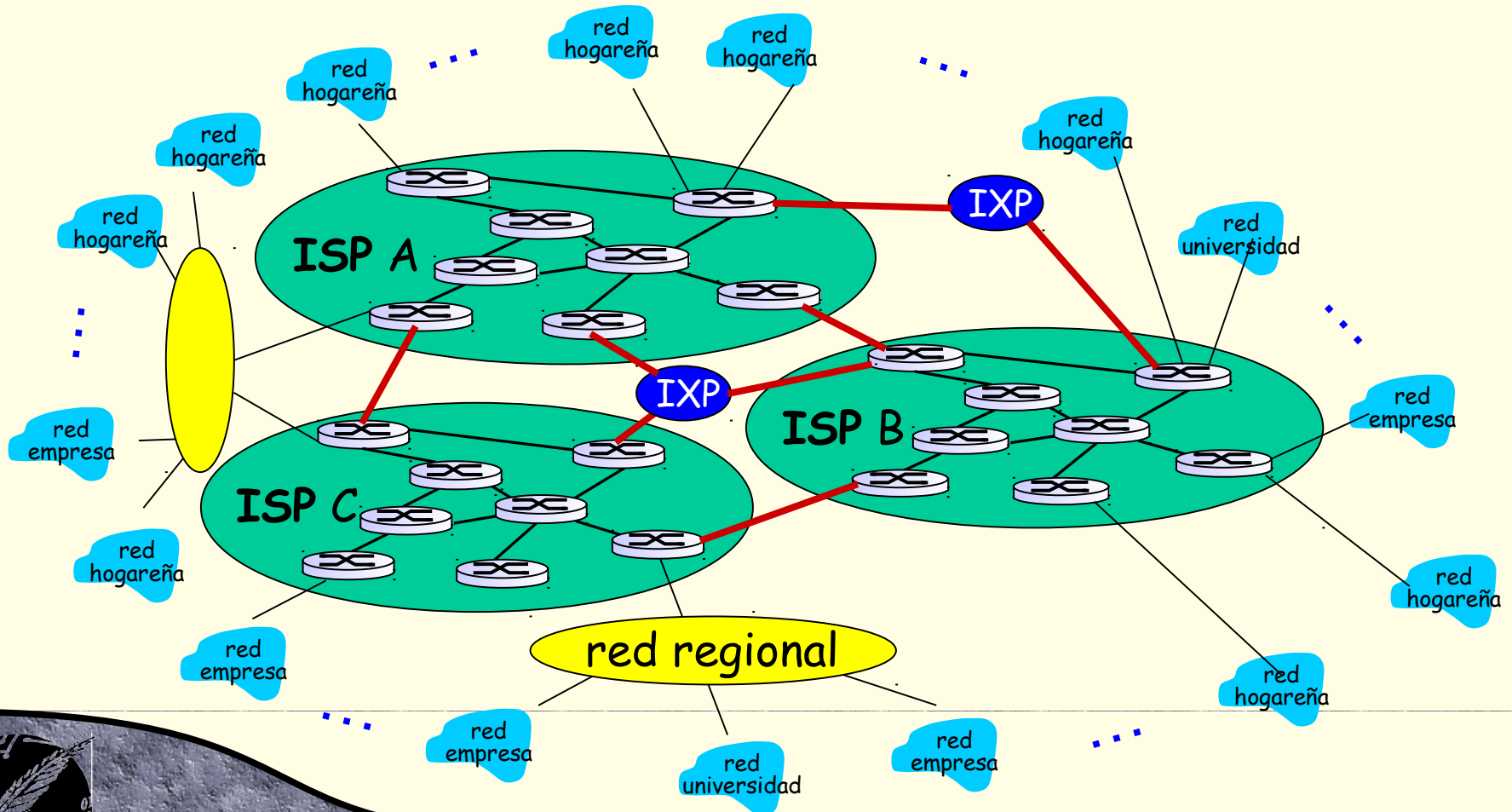
Organización de internet

- Los competidores necesitan estar conectados



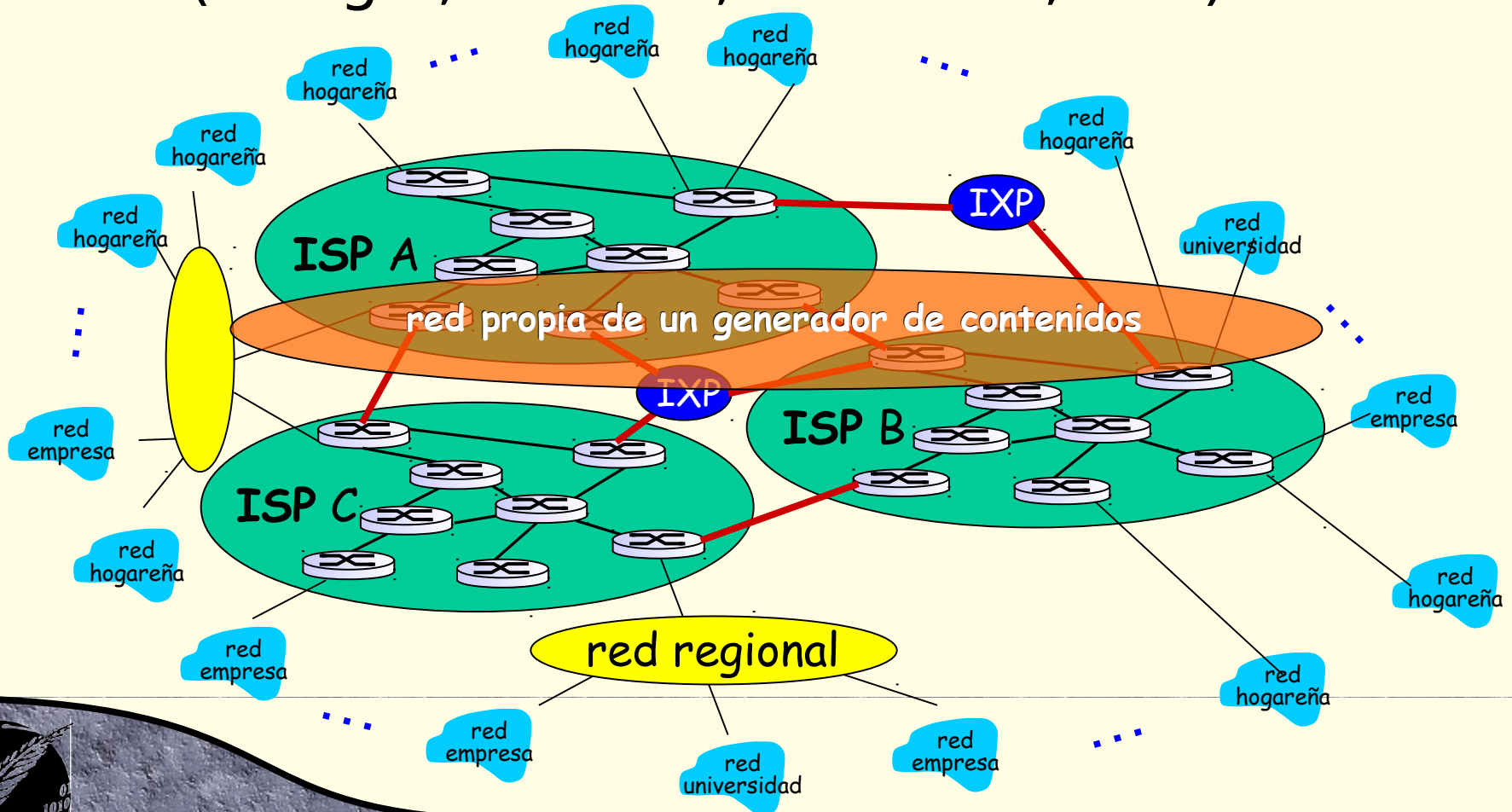
Organización de internet

● A esta altura pueden aparecer redes regionales



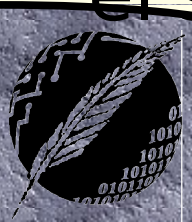
Organización de internet

- Los generadores de contenido tienen sus propias redes (Google, Akamai, Microsoft, etc.)



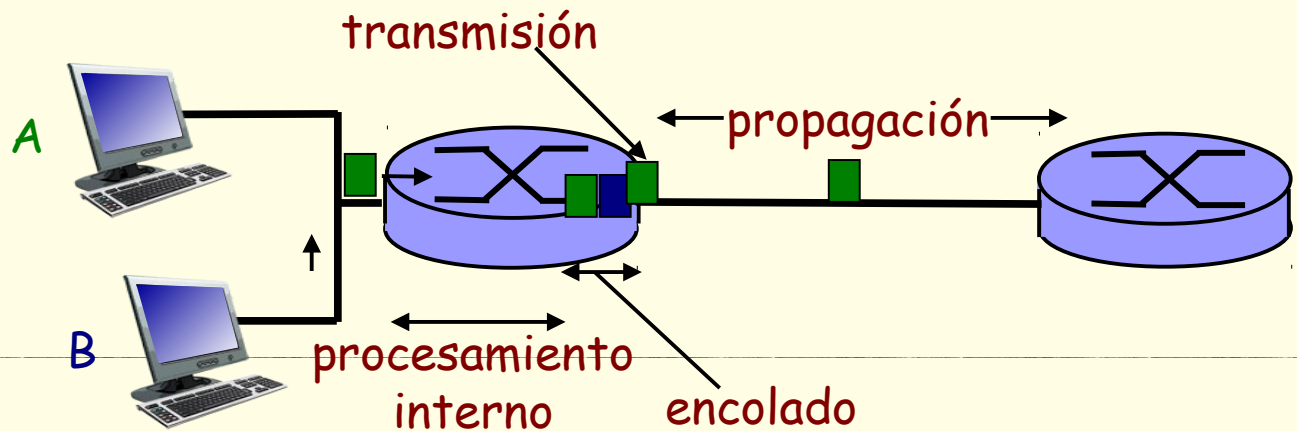
Organización de internet

- ¿Qué motiva a compañías como Google o Facebook a mantener semejantes redes?
 - ➔ En general, el camino entre cualesquiera dos nodos atravesará múltiples nodos
 - ➔ La operatoria store and forward hace que los retardo de cada nodo se vayan acumulando
 - ➔ Las compañías mantienen redes privadas para brindar un mejor servicios a sus clientes
- Tarea para el hogar: ¿cuánto tarda resolver una consulta google? ¿dónde está geográficamente el servidor que generó la respuesta?



Origen de los retardos

- Los retardos surge como producto de tener que atravesar distintos nodos y enlaces de la red
- Existen **cuatro fuentes de retardo** en los paquetes que atraviesan a un cierto nodo:
 - Procesamiento interno
 - Encolado
 - Transmisión
 - Propagación



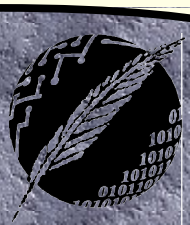
Origen de los retardos

● Procesamiento interno:

- ➔ Verificar la integridad del paquete (**CRC**, paridad, etc.)
- ➔ Determinar por cuál de las salidas debe ser enviado

● Encolado:

- ➔ Tiempo a la espera de que se libere un determinado enlace de salida
- ➔ Está directamente relacionado al nivel de saturación del router



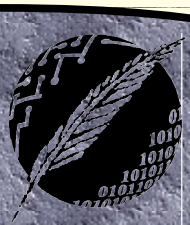
Origen de los retardos

● Transmisión:

- Sea **R** el ancho de banda del enlace (medido en b/s) y **L** el largo del paquete (en bits); el tiempo de transmisión que toma enviar el paquete por el enlace se calcula como **L/R** (en s)

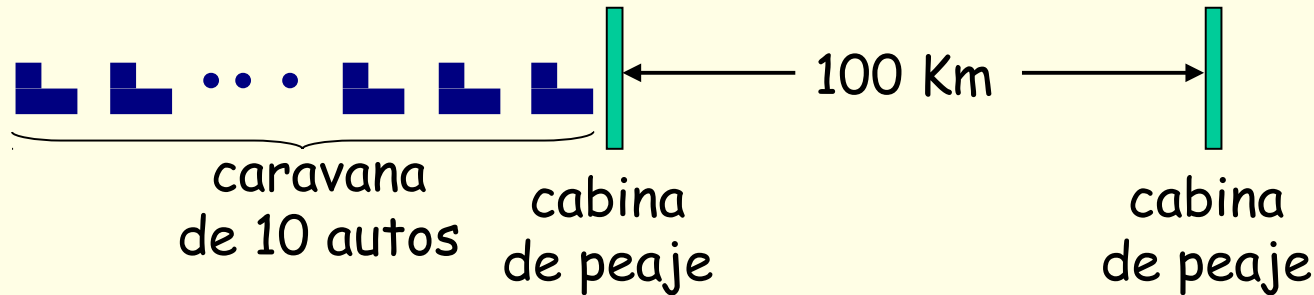
● Propagación:

- Sea **d** el largo del enlace físico (medido en m) y **s** el tiempo de propagación de una señal en ese medio físico (en m/s); el tiempo de propagación se calcula como **d/s** (en s)



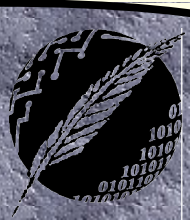
Una "car analogy"

- Tratemmos de visualizarlo con un ejemplo:



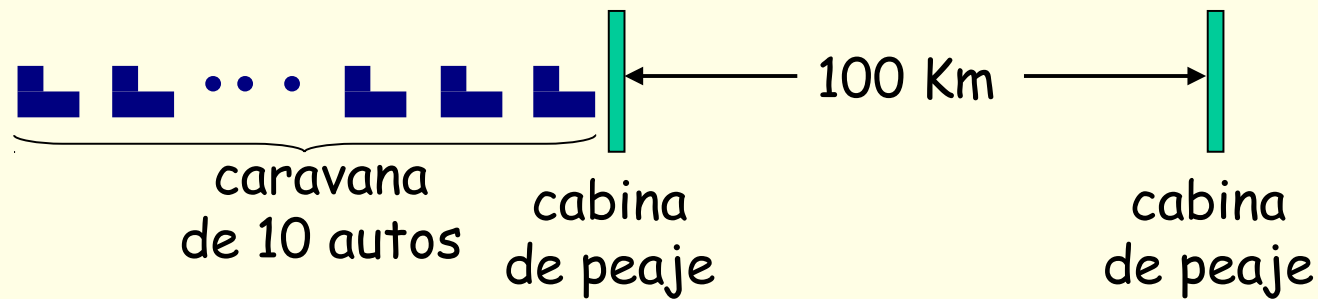
- Cada auto viaja a **100 Km/h**
- Cada auto toma **12s** en pagar el peaje
- Por las dudas: **autos = bits**, **caravana = paquete**

- ¿Cuánto tarda en llegar la caravana a la segunda cabina de peaje?



Una "car analogy"

- Ajustemos un poco el ejemplo para hacerlo más parecido al caso de una red de computadoras:



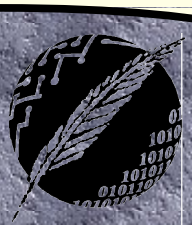
- Cada auto viaja ahora a **1000 Km/h**
- Cada auto toma ahora **1m** en pagar el peaje
- ¿Llegan autos a la segunda cabina mientras todavía quedan autos saliendo de la primera?



Retardo al atravesar nodos

$$d_{nodo} = d_{proc} + d_{queue} + d_{trans} + d_{prop}$$

- d_{proc} tiempo de procesamiento interno, típicamente un par de microsegundos
- d_{queue} tiempo de encolado, depende de la congestión
- d_{trans} tiempo de transmisión, L/R es bien pequeño para los enlaces de alta velocidad
- d_{prop} es el tiempo de propagación, puede ser pocos microsegundos o cientos de milisegundos



Retardo de encolado

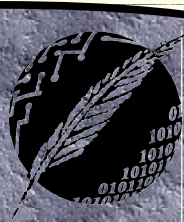
- Sea **R** el ancho de banda de un cierto enlace (medido en b/s), **L** el largo de un paquete (en bits) y **a** la cantidad promedio de paquetes que llegan a un cierto nodo por segundo
- Denominaremos **intensidad de tráfico** al cociente **La/R**
 - **$La/R \approx 0$** : retardo promedio bajo
 - **$La/R \rightarrow 1$** : el retardo incrementa
 - **$La/R > 1$** : llega más trabajo que el puedo atender, el retardo puede llegar a ser ∞



$La/R \approx 0$

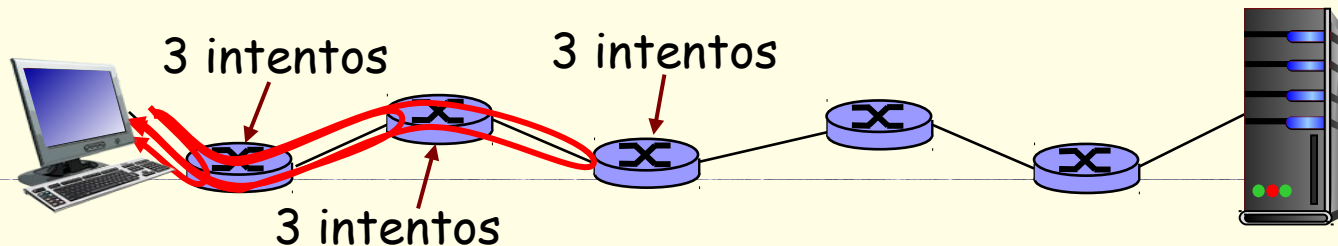


$La/R \rightarrow 1$



Traceroute

- ¿En qué nivel estarán los retardos reales tomados de internet?
- El programa **traceroute** nos permite averiguar exactamente eso:
 - ➔ Envía tres paquetes a cada router en el camino entre la computadora origen y un destino suministrado
 - ➔ Cada router contesta al emisor lo más rápido posible
 - ➔ El emisor mide el tiempo en recibir la respuesta



Traceroute

> traceroute -I www.uni-muenchen.de

tres intentos de medición por cada nodo

```
traceroute to www.uni-muenchen.de (141.84.149.211), 30 hops max, 40 byte packets
 1  1-191-245-190.fibertel.com.ar (190.245.191.1)  8.061 ms  7.908 ms  7.810 ms
 2  * * *
 3  * * *
 4  * * *
 5  69-165-89-200.fibertel.com.ar (200.89.165.69)  21.547 ms  22.109 ms  22.058 ms
 6  * * *
 7  * * *
 8  101-165-89-200.fibertel.com.ar (200.89.165.101)  19.096 ms  39.075 ms  20.069 ms
 9  rab-hornos1-tg7-4.prima.net.ar (200.42.42.69)  35.265 ms  21.581 ms  18.675 ms
10  200-42-42-113.dup.prima.net.ar (200.42.42.113)  19.721 ms  19.524 ms  19.695 ms
11  * * *
12  tengigabitethernet4-1.ar3.EZE1.gblx.net (64.214.130.253)  21.728 ms  21.681 ms  21.581 ms
13  64.213.78.238 (64.213.78.238)  234.752 ms  234.910 ms  234.869 ms
14  xr-gar1-te2-2.x-win.dfn.de (188.1.145.54)  242.791 ms  243.083 ms  243.901 ms
15  kr-lrz-muenchen2.x-win.dfn.de (188.1.37.90)  243.774 ms  243.682 ms  243.579 ms
16  vl-3010.csr1-kw5.lrz-muenchen.de (129.187.0.150)  243.261 ms  240.662 ms *
17  vl-3005.csr1-0gz.lrz-muenchen.de (129.187.0.146)  240.788 ms  241.199 ms  243.486 ms
18  141.84.44.211 (141.84.44.211)  243.560 ms  243.507 ms  243.734 ms
```

* indica que el router no contesta o que se perdió el paquete

¿qué habrá pasado acá?



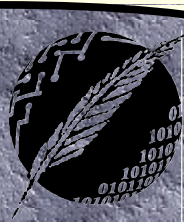
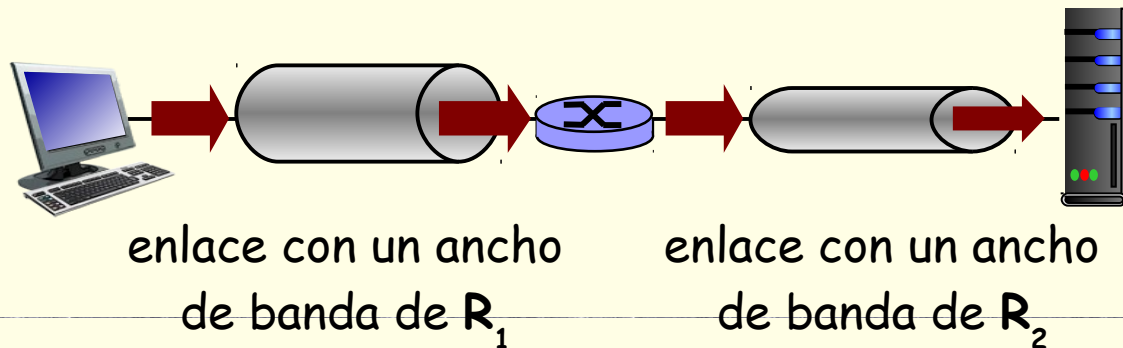
Origen de las pérdidas

- Al igual que los retardos, las pérdidas de paquetes tienen diversos orígenes:
 - Al llegar a un router saturado (es decir, con su buffer lleno), **el paquete es simplemente descartado**
 - El paquete que fue descartado puede ser retransmitido por el último router atravesado, por la computadora de origen, o bien no ser retransmitido
- ¿Por qué un router saturado descarta los nuevos paquetes? ¿El router no debería hacer el intento de colaborar con el emisor?



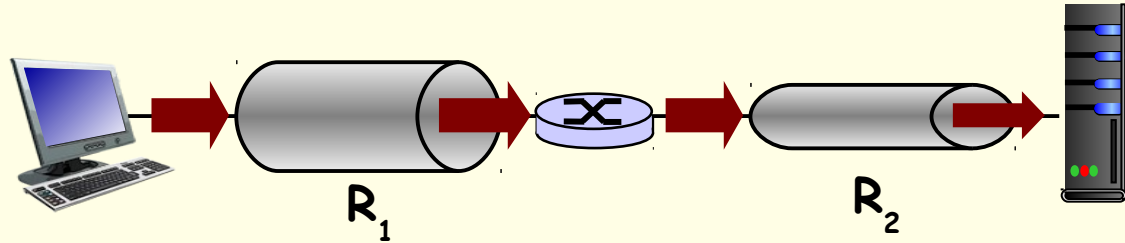
Desempeño

- Existen dos nociones de desempeño que resulta interesante tener en cuenta:
 - ➔ **Desempeño instantáneo**: el desempeño observado en un determinado instante de tiempo
 - ➔ **Desempeño promedio**: el desempeño observado a lo largo de un período de tiempo

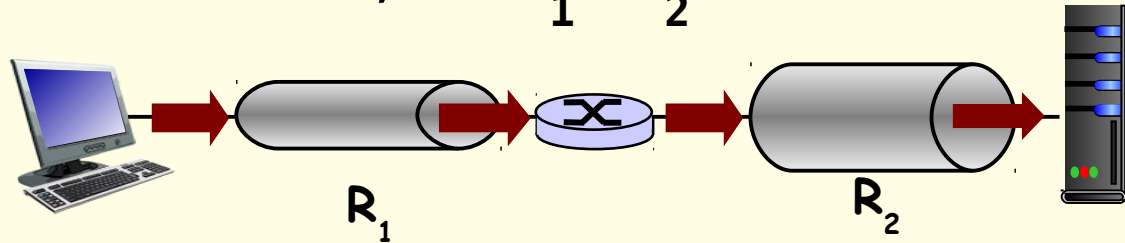


Desempeño

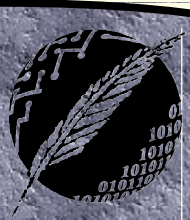
- ¿Cuál será el desempeño promedio si $R_1 > R_2$?



- ¿Y caso contrario, si $R_1 < R_2$?



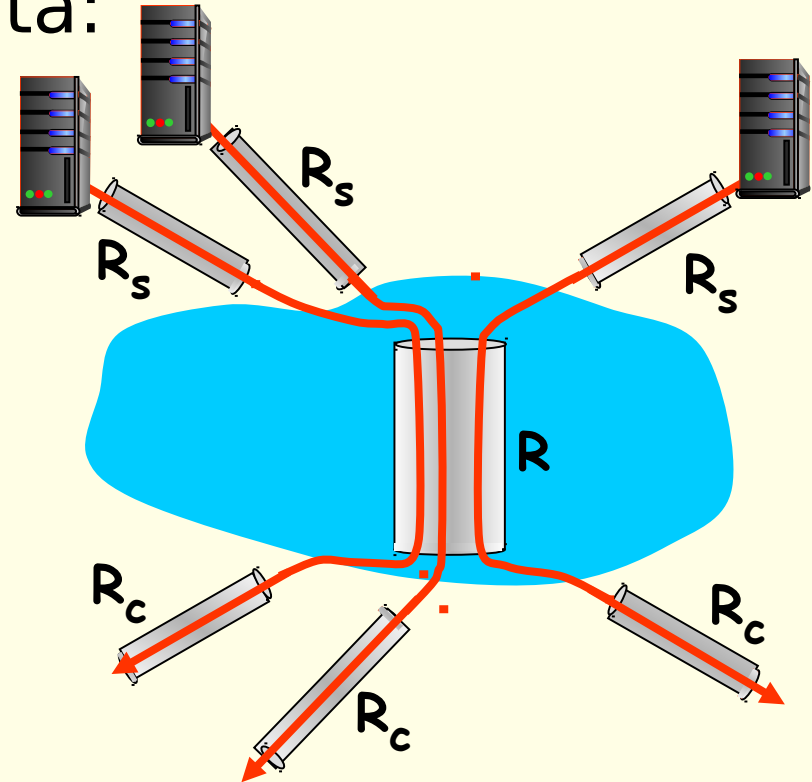
- Podemos concluir que el desempeño promedio va a depender del **ancho de banda del enlace más precario**



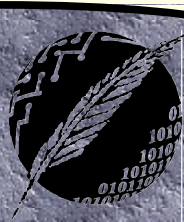
Desempeño

● Desempeño más realista:

- Por conexión,
 $\min(R_c, R_s, R / 10)$
- En la práctica, R_c o a lo sumo R_s suelen ser el cuello de botella
- Rara vez el problema radica en R

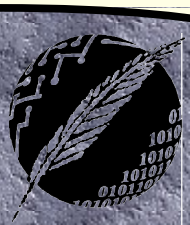


10 conexiones comparte (ecuanimemente) el cuello de botella del núcleo de R bits por segundo



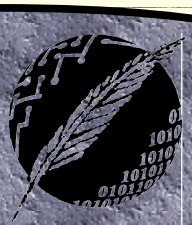
Software de la red

- Pensemos por un momento en el problema que debe resolver el software de la red:
 - Tiene que asegurar la comunicación entre las computadoras en la frontera de la red
 - Esos datos tienen que atravesar múltiples enlaces y nodos al cruzar el núcleo de la red
 - El camino entre dos computadoras no necesariamente es único ni estático a lo largo del tiempo
 - Las partes del mensaje (los paquetes) puede llegar fuera orden o no llegar directamente



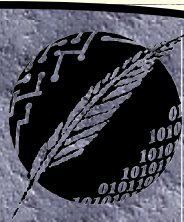
Software de red

- Se puede afirmar que el problema a resolver es posiblemente uno de los **más difíciles que nos podamos enfrentar**
- Evidentemente tendremos que hacer uso de alguna técnica de alto nivel que nos permita acotar la complejidad de este problema
 - ➔ Naturalmente, deseamos que la solución sea de **alta calidad** y en la medida de lo posible **eficiente**
- La propuesta elegida fue atacar este problema haciendo uso de una **arquitectura en capas**



Un problema complejo

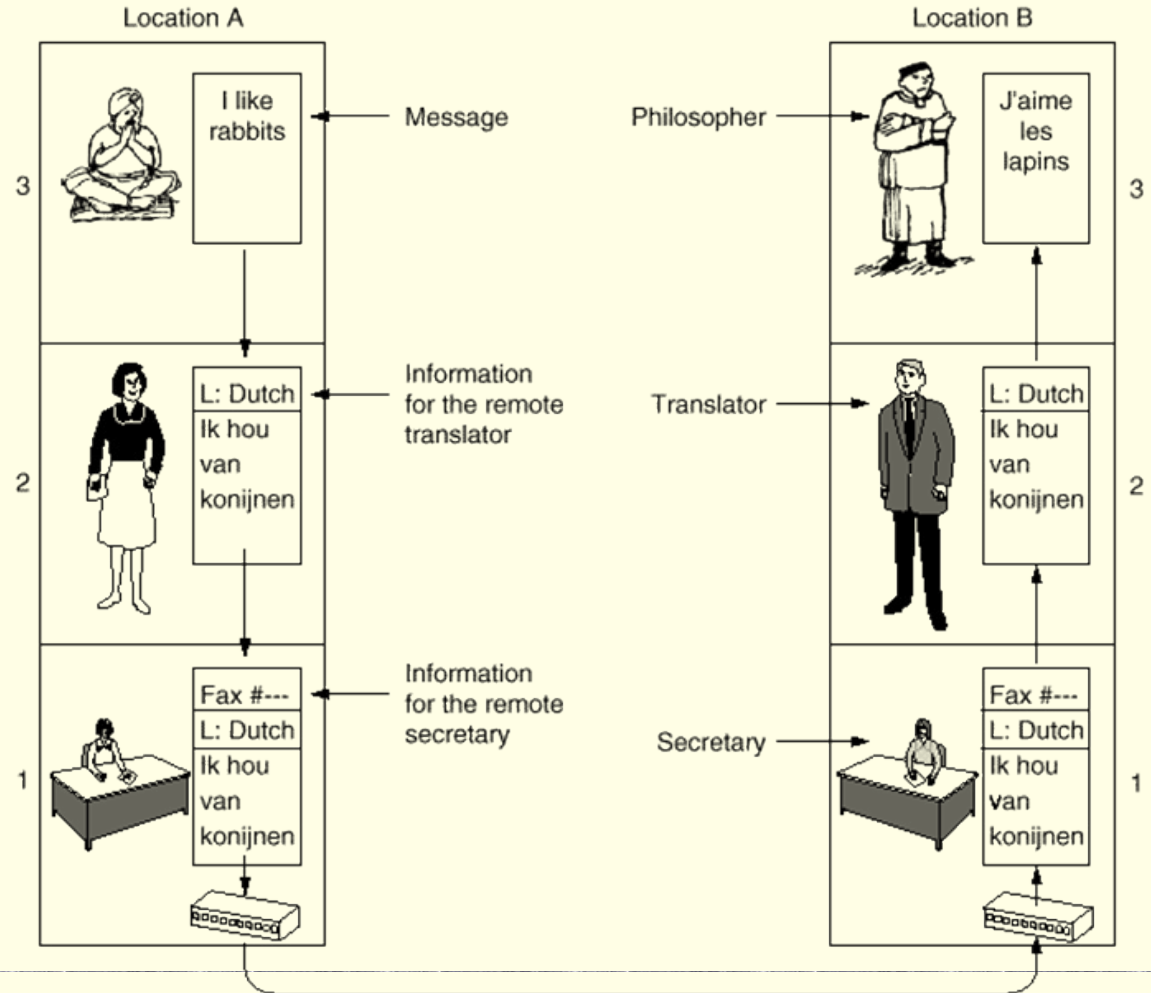
- La existencia de una estructura explícita permite identificar relaciones útiles entre las distintas partes del sistema
- El contar con un modelo de referencia posibilita la participación activa de todos los interesados
- La modularización que aportan las capas facilita el mantenimiento y la actualización del sistema
 - ➔ Los cambios en la implementación de los servicios de una capa no afecta a las restantes



Una analogía

Comunicación entre filósofos:

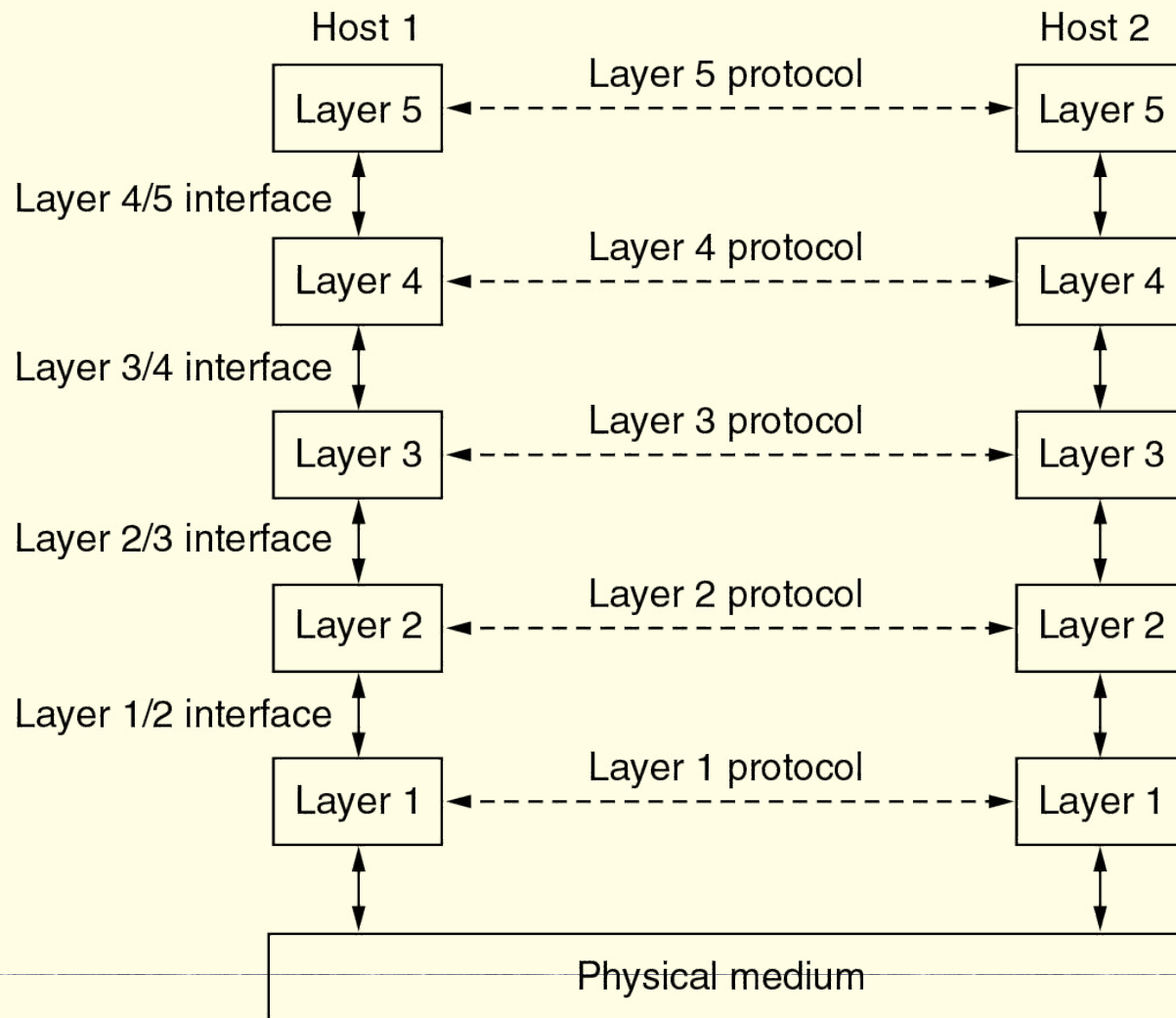
- El **holandés** puede cambiarse por el **esperanto**
- En lugar de **fax** puede usarse **email**



The philosopher-translator-secretary architecture.

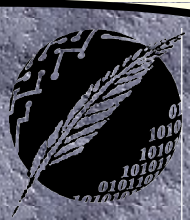


Arquitectura de red



Desafíos de diseño

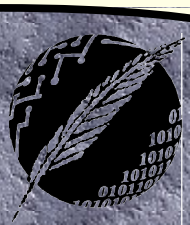
- En cada capa se debe resolver:
 - ➔ Un mecanismo para identificar de forma unívoca tanto al emisor como al receptor
 - ➔ Determinar la forma de transferencia (ya sea unidireccional, half-duplex o full-duplex)
 - ➔ Fijar una política de control de errores (esto es, elegir el nivel de detección y de corrección deseado)
 - ➔ Tomar una decisión acerca de cómo se ordenan y secuencian los mensajes



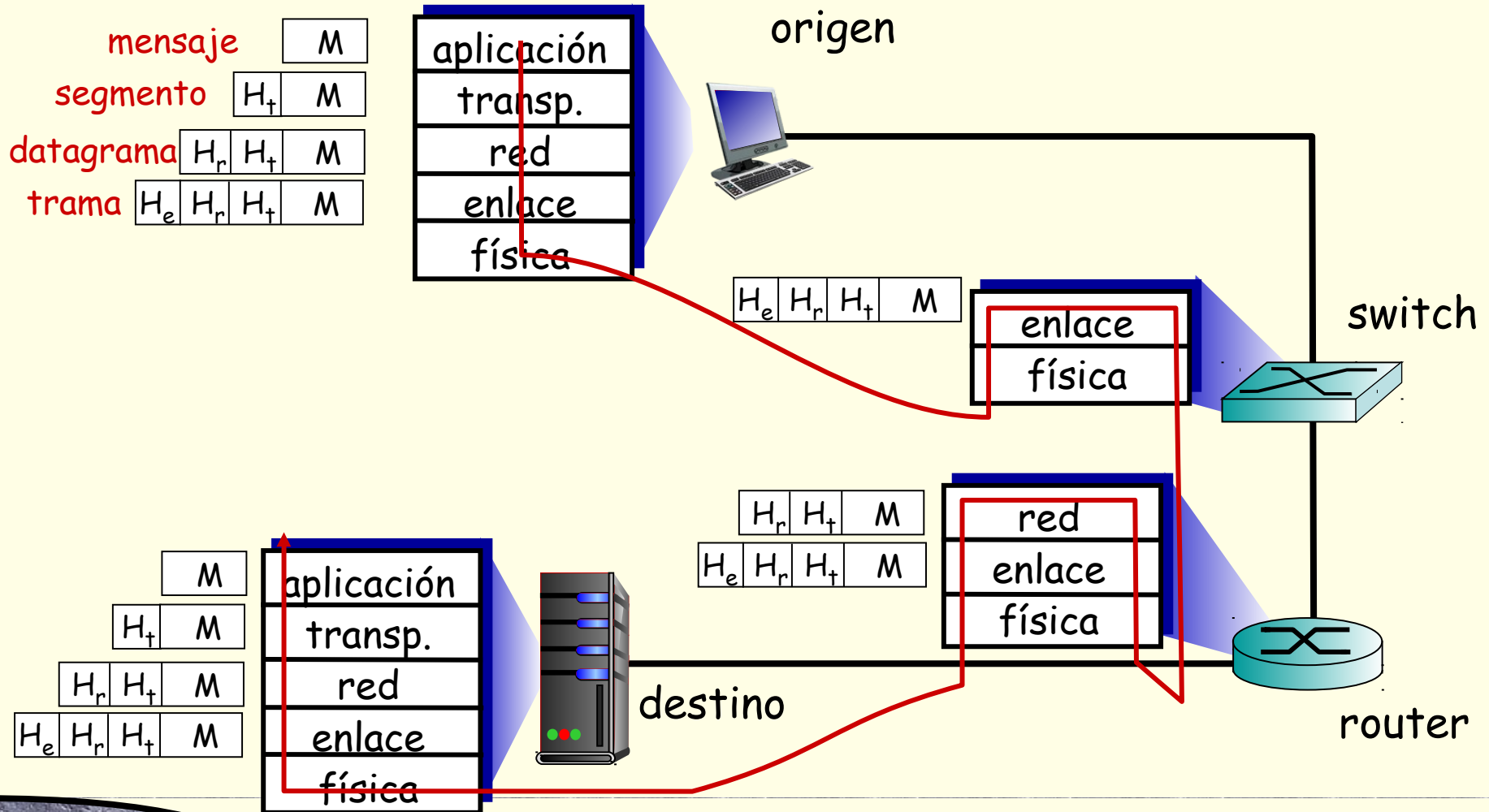
Desafíos de diseño

● Continúa:

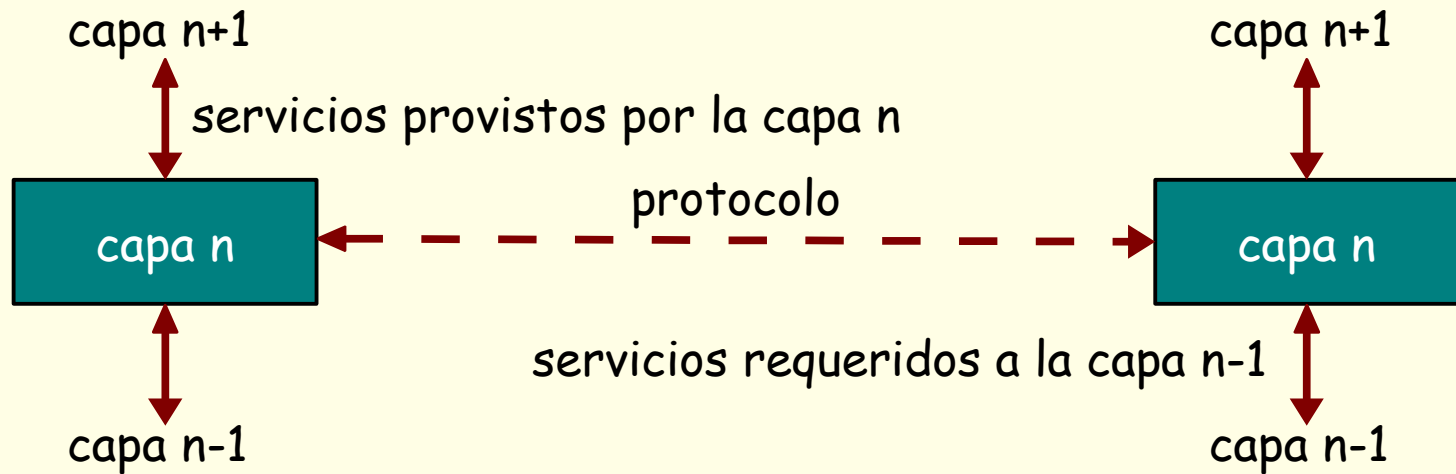
- ➔ Decidir si es necesario implementar control de flujo y/o mecanismos de gestión de la congestión
- ➔ Fijar el tamaño de los mensaje, lo cual implica a su vez fijar el mecanismo de desarmado y rearmado de los mensajes de las capas superiores
- ➔ Definir, si corresponde, el mecanismo de multiplexado y de demultiplexado a ser usado
- ➔ Resolver cómo enrutar los mensajes
- ➔ Analizar qué medidas de seguridad son necesarias



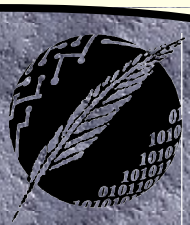
Encapsulado de mensajes



Servicios y protocolos

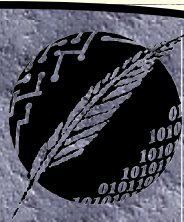


- ¿Qué relación existe entre un protocolo y los servicios provistos por esa capa?
- ¿Y con los provisto por la inmediata inferior?



Servicios y protocolos

- La **especificación del servicio** define qué operaciones está dispuesta a prestar una cierta capa a sus clientes
 - Cabe señalar que **nada dice respecto de cómo serán implementadas** esas operaciones
- La **especificación de un protocolo**, en contraste, es un conjunto de reglas que gobierna el formato y el significado de los mensajes intercambiados entre los pares de una capa
- Es decir, **el protocolo implementa al servicio!**



El modelo ISO/OSI

- La **ISO** (International Organization for Standardization) propuso allá por la década del 70' un estándar internacional para mejorar la interoperabilidad de las primeras redes de computadoras
- El modelo propuesto, llamado **OSI** (Open System Interconnect) consiste de dos partes:
 - Un **modelo de referencia** de siete capas
 - Un **conjunto de protocolos** para cada una de capas

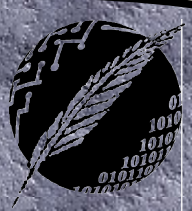
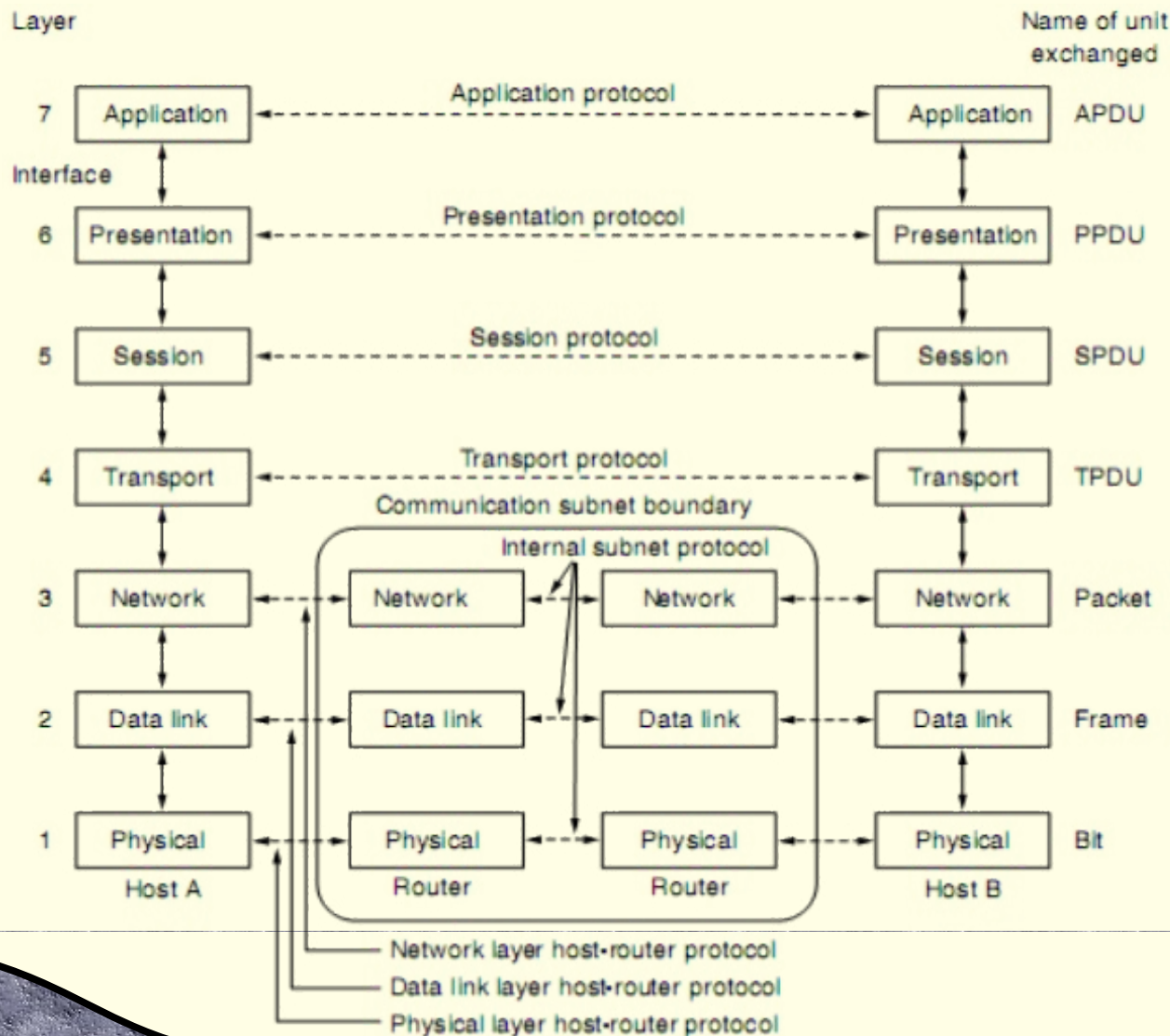


El modelo ISO/OSI

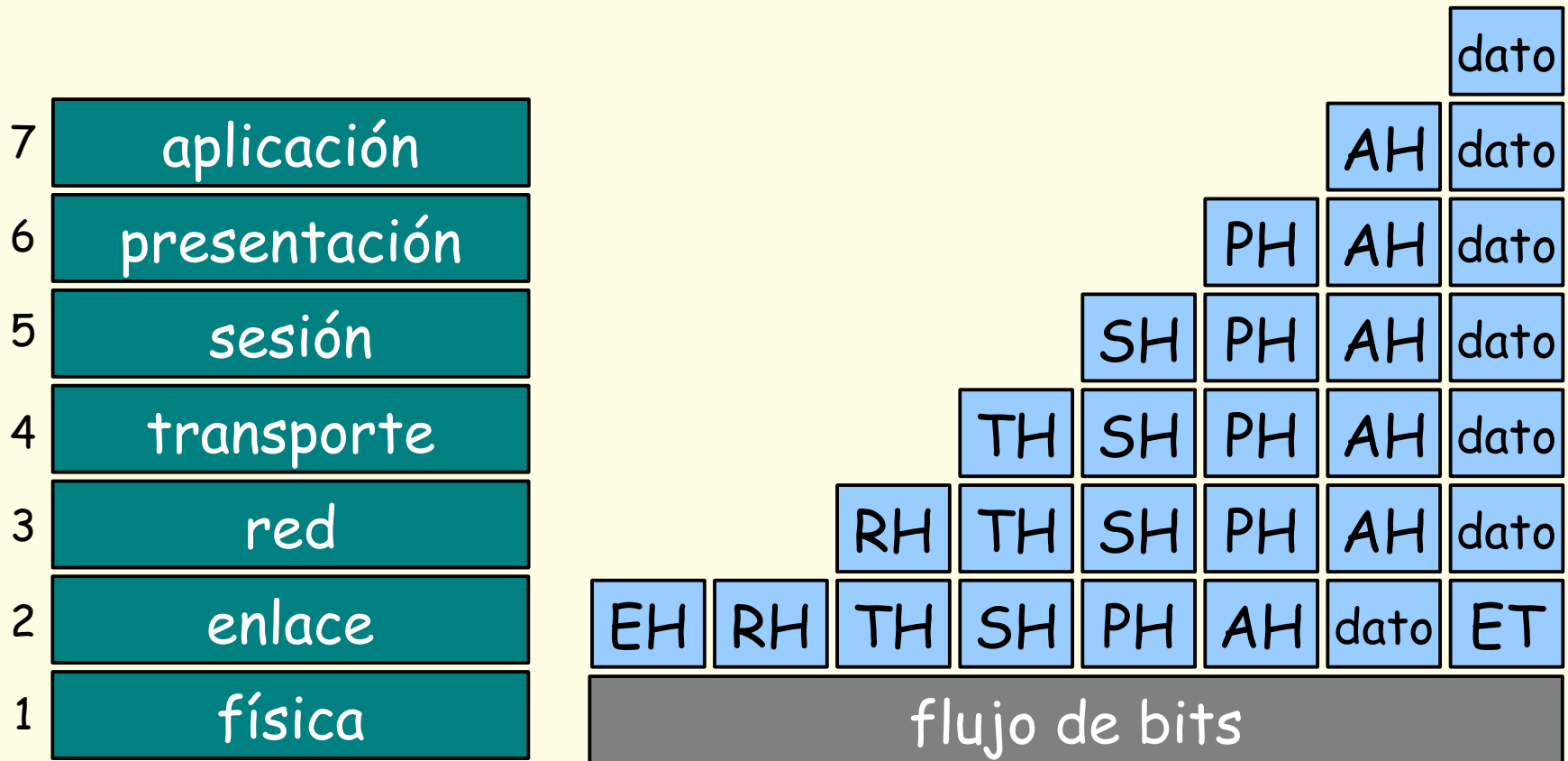
7	aplicación	aplicaciones de red (email, web, etc.)
6	presentación	formateado, encriptado y compresión de datos
5	sesión	inicialización y gestión de conversaciones de punta a punta
4	transporte	envío punta a punta de mensajes
3	red	transmisión punta a punta de paquetes
2	enlace	transmisión de paquetes sobre un dado enlace
1	física	codificación de bits



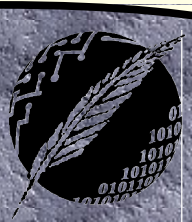
Protocolos del modelo OSI



Encapsulado multicapa OSI

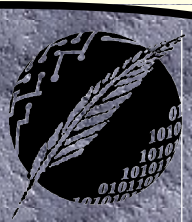


H = Header T = Trailer

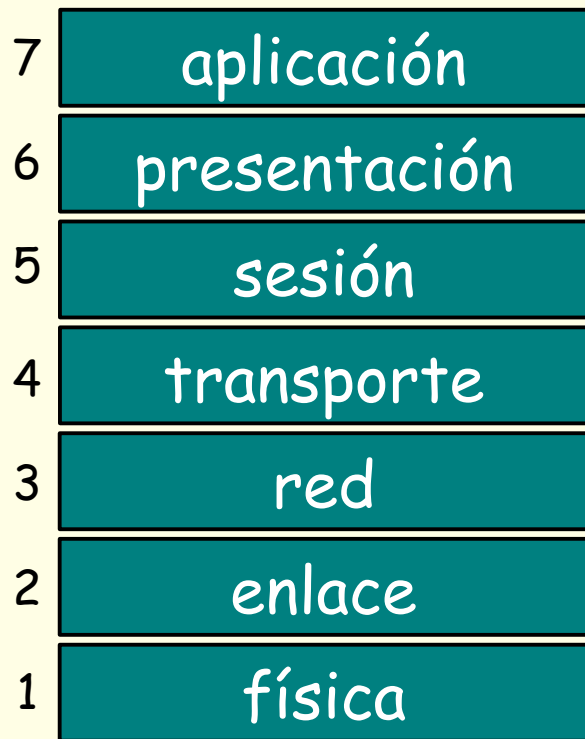


¿Qué pasó con este modelo?

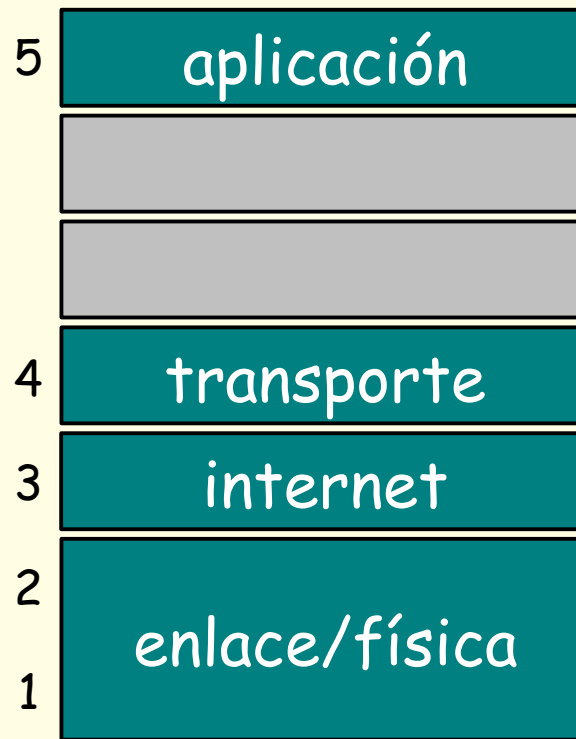
- El modelo de referencia **ISO/OSI** cumplió mayormente con los objetivos que había fijado el comité al momento de su conformación
- Sin embargo, resultó un **rotundo fracaso**:
 - ➔ Malas decisiones tecnológicas
 - ➔ Mala implementación
 - ➔ Malas políticas
 - ➔ Se terminó de definir en un mal momento
 - ➔ No tuvo en cuenta para nada a internet



El modelo TCP/IP



ISO/OSI



TCP/IP

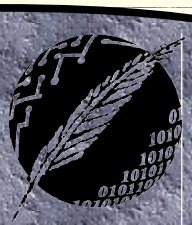
no presentes

no diferenciadas



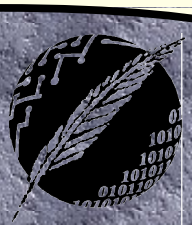
¿Qué pasó con este modelo?

- El modelo no distingue con claridad los conceptos de servicio, interfaz y protocolo
- El modelo no es genérico y no sirve para describir ningún otro conjunto de protocolos
- El modelo no distingue entre la capa física y la de enlace (es más, ni siquiera las menciona)
- Sólo los protocolos **TCP** e **IP** fueron cuidadosamente pensados e implementados (el resto fue definido de manera más ad-hoc)



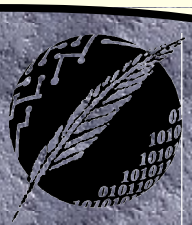
OSI vs. TCP/IP

- El modelo **OSI** fue diseñado antes que sus protocolos
 - ➔ No favorece ningún conjunto de protocolos en particular (ni siquiera los propios)
 - ➔ Los diseñadores no tenían mucha experiencia previa
- Los protocolos del modelo **TCP/IP** se diseñaron e implementaron antes que su modelo de referencia
 - ➔ Excelente implementación, disponible desde un primer momento (además de ser libre y gratuita)



Seguridad en redes

- El campo de la seguridad en redes abarca diferentes facetas:
 - ➔ De qué forma pueden atacar mi red de computadoras
 - ➔ De qué forma me puedo defender ante esos ataques
 - ➔ Cómo diseñar una arquitectura que sea inmune a los ataques
- Lamentablemente internet no fue diseñada con la seguridad en mente
 - ➔ Los primeros usuarios... ise conocían todos entre sí!



Inyección de malware

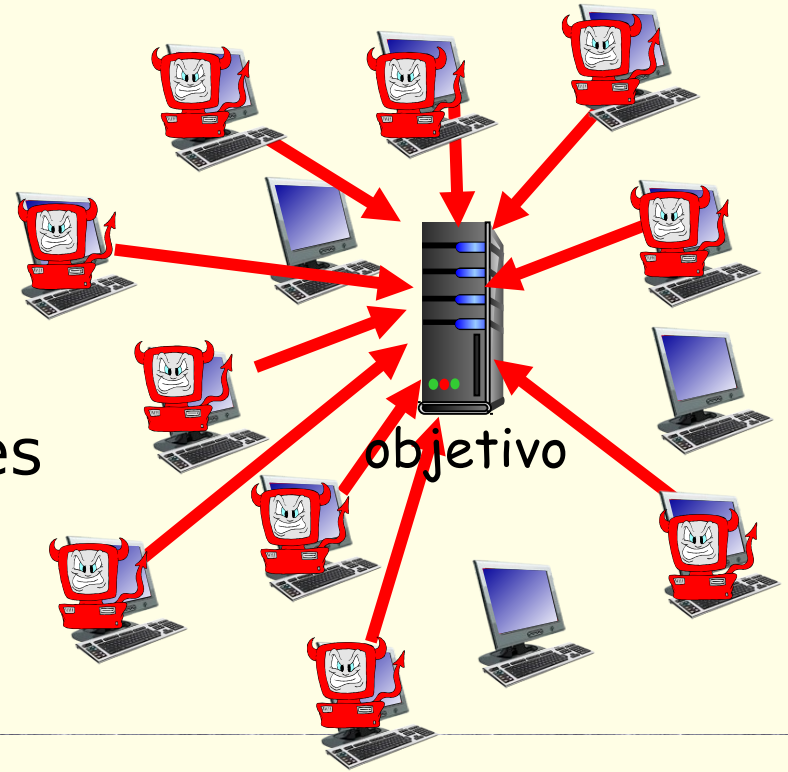
- Internet es un vector de ataque a través del cual un malhechor puede inyectarnos malware
 - **Viruses**: programas adosados a otros, auto-replicante, que ganan el control de la máquina al recibir y ejecutar un huésped infectado
 - **Worms**: programas independiente, auto-replicante, que ganan el control de la máquina explotando vulnerabilidades
- El malware de tipo **spyware** puede registrar y reportar todas las acciones de los usuarios



Denegación de servicio

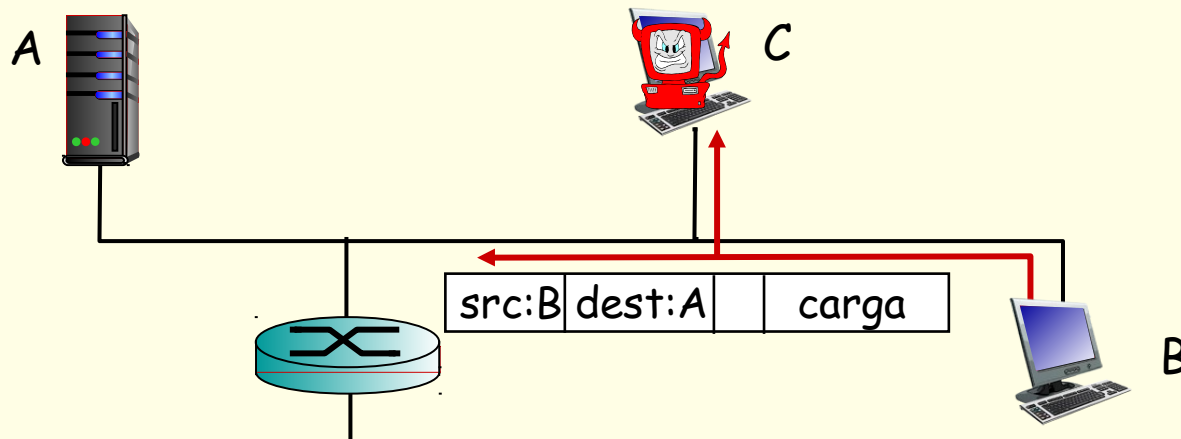
- El ataque de **denegación de servicio** consiste en sobrecargar con tráfico espurio un determinado objetivo

1. Elegir el objetivo
2. Tomar control de múltiples nodos (por caso, via un worm)
3. Enviar multitud de mensajes a la vez y de diversas fuentes al mismo destino



Sniffing de paquetes

- Los enlaces de tipo multidifusión posibilitan un tipo peligroso de ataque llamado **sniffing**
- Un adaptador en modo promiscuo tiene acceso a la totalidad de los paquetes que por él pasen

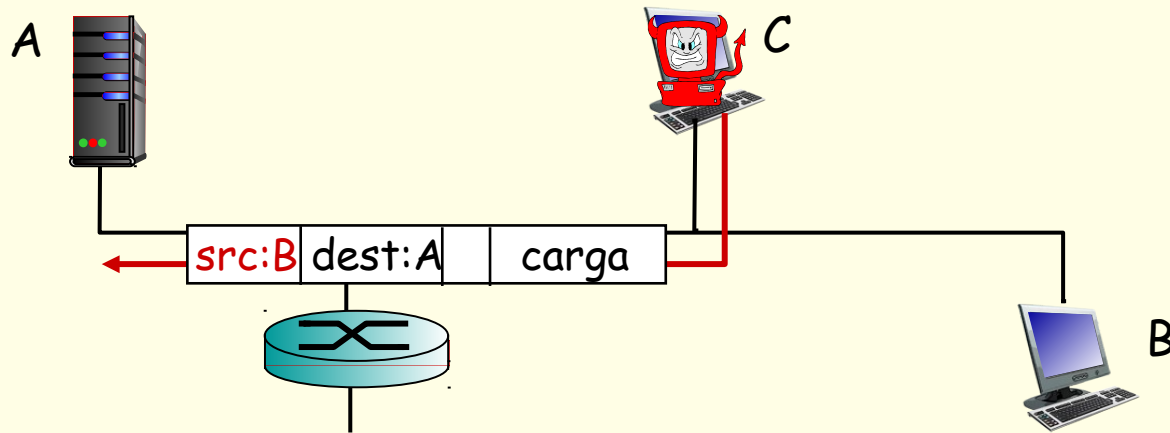


la herramienta wireshark que usaremos
en el labo hace precisamente esto



Spoofing de IP

- Otro ataque especialmente funesto es el spoofing o **engaño de IP**
 - ➔ Un atacante se hace pasar por otro, simplemente cambiando la identidad de origen



al final de la materia retomaremos
este candente tópico



¿Preguntas?

