



Introducción a las Redes de Computadora

¿Qué es Internet?

- El “borde” de la red: hosts, redes de acceso, medios físicos
- El “núcleo” de la red: conmutación de paquetes, estructura de internet
- Métricas de performance: pérdida de paquetes, latencia, throughput
- Protocolos

Hosts: sistemas “finales”

Corren aplicaciones en el “borde” de la red.

Conmutadores de paquetes

Reenvían paquetes (agrupaciones de bytes de datos). Algunos ejemplos son routers y switches. La diferencia entre estos es que los switches tienen un alcance local a diferencia de los routers.

Enlaces de comunicación

Fibra óptica, cables de cobre, radio, satélites.

Tasa de transmisión: ancho de banda (bandwidth).

Entre pares de transmisores y receptores se propagan bits. Esta propagación ocurre a través de un medio físico.

Medios guiados:

Las señales se propagan en medios sólidos (cables de cobre, fibra, coaxil)

Medios no guiados:

Las señales se propagan libremente (e.g. radio, canal satelital)

A continuación, algunos ejemplos de medios físicos.

1. **Par trenzado (twisted pair)**

Dos cables de cobre aislados (telefonía/ Ethernet)

Categoría 5: Ethernet de 100 Mbps, 1 Gbps

Categoría 6: Ethernet de 10 Gbps

2. **Cable coaxil**

Dos conductores de cobre concéntricos. Es bidireccional y de banda ancha (Esto significa que tiene múltiples canales/frecuencias y cientos de Mbps por canal)

3. **Fibra óptica**

Es una fibra de vidrio que transporta pulsos de luz (cada pulso es un bit) y además, opera a altas velocidades (hasta cientos de Gbps). Por otro lado, también tiene una baja tasa de errores (ya que es inmune a interferencias electromagnéticas) y tiene un costo alto de dispositivos ópticos.

4. **Canales de radio**

Son señales transportadas en bandas del espectro electromagnético. No hay un cable físico. Hay efectos del entorno por propagación (Reflexión, obstrucción por objetos e interferencia)

Redes

Colección de dispositivos, routers y enlaces; administradas por una organización.

Protocolos

Definen tanto el formato y el orden de los mensajes intercambiados entre dispositivos en una red como las acciones tomadas al transmitirlos y recibirlos. Algunos ejemplos son HTTP, streaming de video, TCP, IP, Wi-Fi (Wireless Fidelity), Ethernet.

Los interlocutores son las computadoras.

Toda comunicación por Internet es regida por protocolos.

Internet como proveedor de servicios

Es una infraestructura que ofrece servicios a aplicaciones (web, streaming de video, videoconferencias, email, videojuegos, redes sociales).

Provee una interfaz de programación (API, application programming interface) a las aplicaciones

- Permite que las apps se conecten y utilicen el servicio de transporte de internet.
- Ofrece opciones de servicio

Estructura de Internet

El borde de la red:

Hosts: Clientes y servidores.

Los servidores son típicamente datacenters.

¿Cómo accedemos a Internet?

Conexión física de hosts con el primer router.

- Redes de acceso doméstico;
- Redes de acceso institucionales
- Redes de acceso móviles.

Redes de acceso:

Enlaces cableados y wireless.

Cables:

Multiplexación por División en Frecuencia: diferentes canales transmitidos en diferentes bandas de frecuencia.

DSL:

Emplea la línea de teléfono preexistente (dedicada). Ésta tiene una transmisión en distintas frecuencias. Los datos sobre la línea DSL salen hacia Internet mientras que la voz es redirigida hacia la red telefónica.

Redes de Acceso Inalámbricos:

La red inalámbrica (compartida) conecta los hosts con el router mediante una estación base (access point).

1. *Redes inalámbricas locales (WLANs):*

En interiores, tiene el alcance de una decena de metros.

802.11b/g/n (WiFi): tasa de transmisión de 11, 54, 600 Mbps

2. Redes de acceso celular:

Provistas por el operador de la red celular y de alcance amplio (decenas de kilómetros)

Redes 4G hasta 1Gbps.

Redes corporativas:

Mezcla de tecnologías cableadas a inalámbricas conectando switches y routers:

Ethernet: acceso cableado a 100 Mbps, 1 Gbps, 10 Gbps

WiFi: access points inalámbricos a 11, 54, 600 Mbps (o más)

Datacenters:

Interconexión de cientos/miles de servidores a altas velocidades (decenas o cientos de Gbps)

El núcleo de la red:

Routers interconectados.

Está basado en la conmutación de paquetes o packet switching. La red reenvía (forwards) paquetes de un router al siguiente a través de los enlaces que conforman el camino entre el origen y el destino.

Packet Switching:

Forwarding consiste en una acción local. Hay un redireccionamiento de paquetes entrantes hacia la salida del router (La dirección destino del paquete se encuentra en el header del mismo).

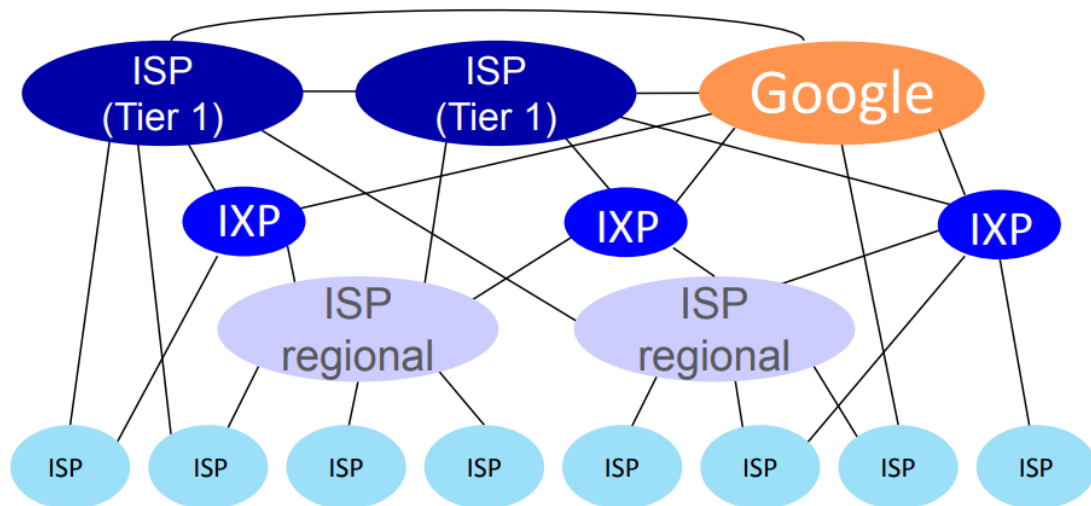
Ruteo (Routing) es una acción global que consiste en determinar los caminos a tomar por el paquete.

Redes de redes.

Los hosts se conectan a Internet a través de los ISPs (Internet Service Provider). A su vez los ISPs deben estar interconectados. De este modo, un par cualquiera de hosts puede comunicarse e intercambiar paquetes. La manera eficiente en la que conectamos los ISPs es conectar cada ISP a un gran ISP global. Los ISPs (clientes) abonan por este servicio.

Si este negocio resulta rentable, naturalmente surgen otros ISPs globales. Todos estos ISPs globales deben estar interconectados entre sí mediante puntos neutros conocidos como Internet Exchange Point (IXP).

Algunas empresas tienen sus propias redes de distribución de contenidos conectadas a distintos ISPs.



¿Cómo accedemos a Internet?

Conexión física de hosts con el primer router.

- Redes de acceso doméstico;
- Redes de acceso institucionales
- Redes de acceso móviles.

Paquetes y latencia de transmisión

Los hosts envían paquetes a la red :

Toman un mensaje de la app. Luego, lo descomponen en versiones más chicas: paquetes de L bits. Por último, transmiten el paquete a la red con una tasa de transmisión R (bits por segundo).

$$\text{Latencia (delay) de transmisión de un paquete} = \frac{\text{Tiempo requerido para transmitir } L \text{ bits por el enlace}}{L} = \frac{L \text{ (bits)}}{R \text{ (bits/seg)}}$$

Conmutación de paquetes: store-and-forward

Como vimos antes, toma L/R segundos transmitir un paquete por el enlace a tasa R bps. El paquete debe llegar completo al router antes de poder redirigirse al siguiente enlace (store-and-forward).

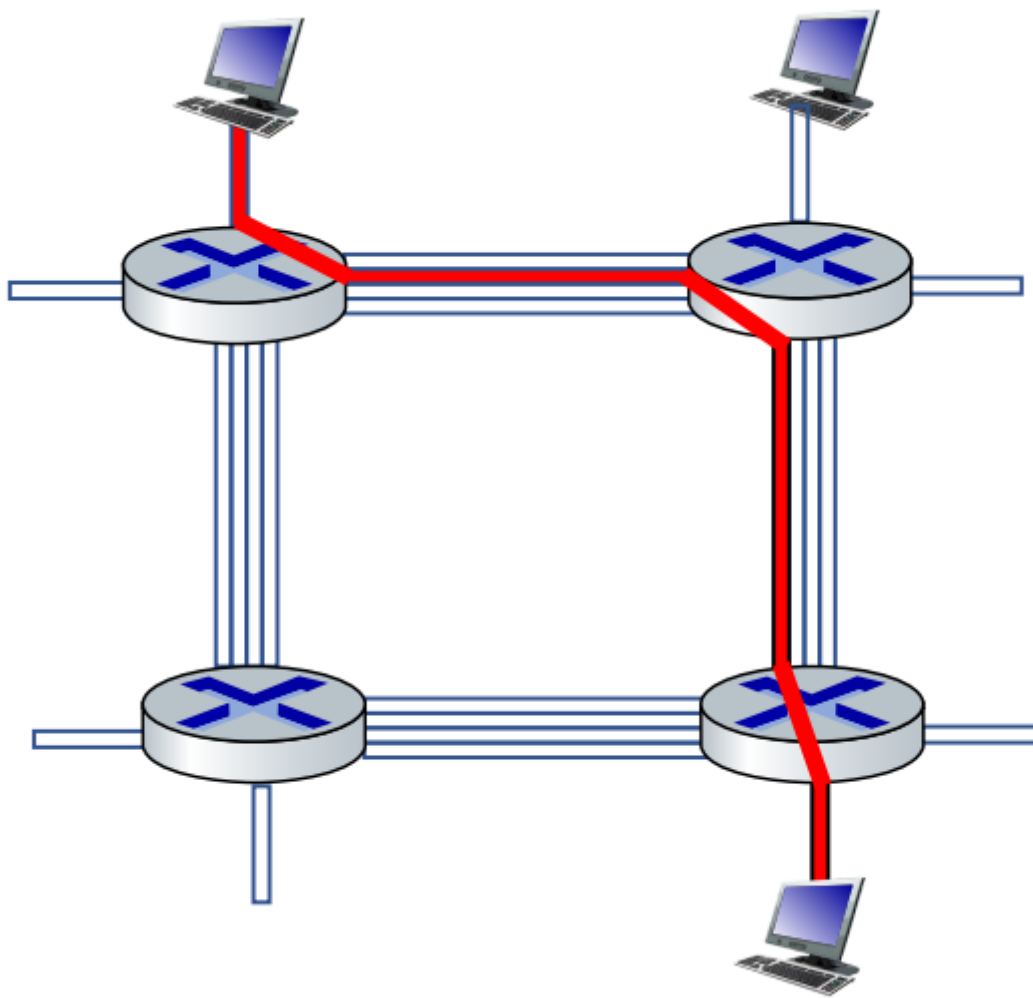
Encolamiento de paquetes

El encolamiento sucede cuando el trabajo llega más rápido que lo que puede ser atendido. Si la tasa de arribo al packet switch (en bps) supera a la tasa de transmisión durante un período de tiempo:

- Se encolarán paquetes esperando a ser transmitidos
- Podrían descartarse paquetes si la memoria se satura

Circuit switching: conmutación de circuitos

Se produce una reserva previa de recursos para la comunicación entre dos interlocutores.

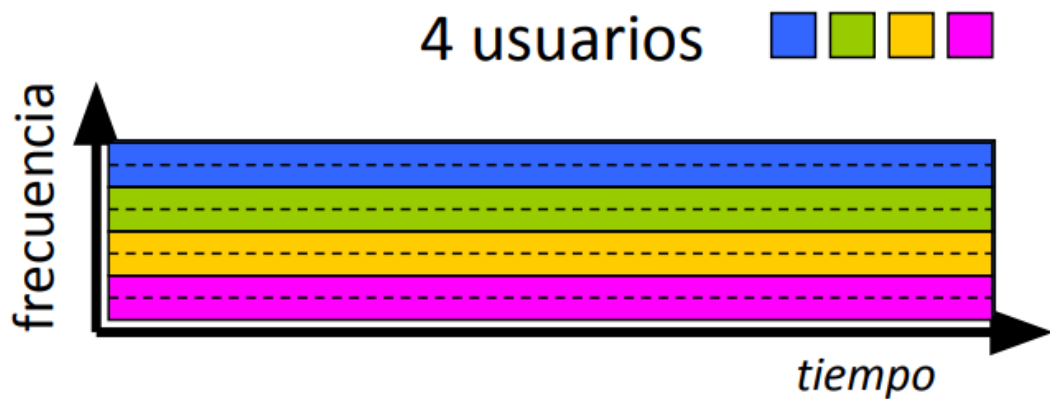


En la figura, cada enlace posee cuatro circuitos. La conexión destacada emplea el segundo circuito del enlace superior y el primero del enlace derecho. Un circuito permanece inactivo si no está siendo utilizado en una conexión.

Recursos dedicados, no compartidos.

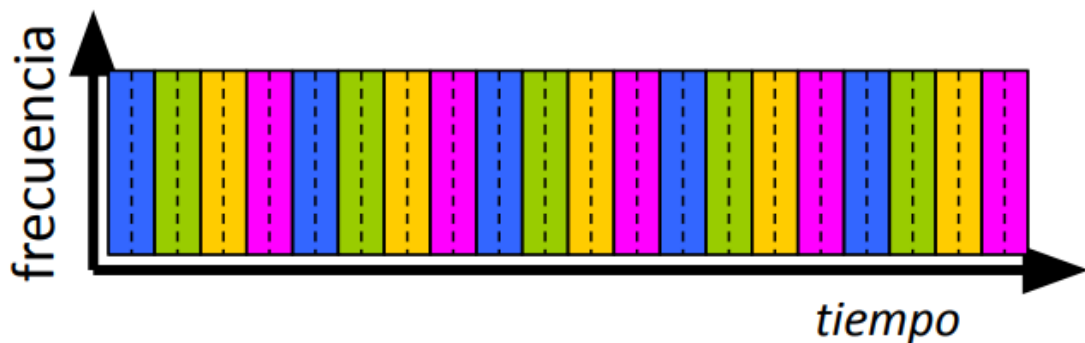
Multiplexación por la División de Frecuencia (FDM):

Ancho de banda total dividido en bandas de frecuencia. Cada conexión recibe su propia banda.



Multiplexación por División de Tiempo (TDM)

Tiempo dividido en intervalos (slots). Cada conexión recibe intervalos periódicos durante las cuales puede transmitir empleando todo el ancho de banda.



Conmutación de paquetes vs. circuitos

La conmutación de paquetes es ideal para datos “en ráfagas” (en esencia, donde no siempre hay datos para transmitir). Hay recursos compartidos y además, no precisa de una etapa de reserva de recursos.

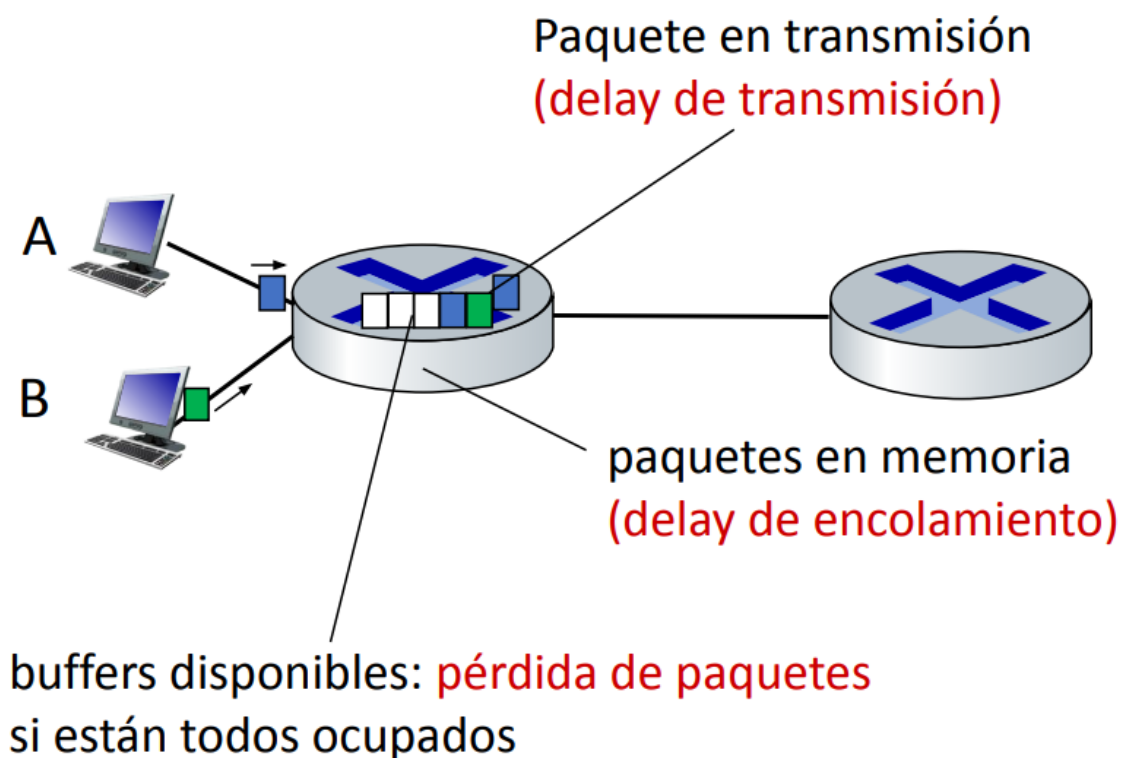
Es capaz de padecer congestiones: latencias altas y pérdidas de paquetes por buffers saturados. Por lo cual, se debe contar con protocolos confiables y con control de congestión.

Delay y pérdida de paquetes

Los paquetes se encolan en los routers esperando a ser transmitidos. La cola crece cuando la tasa de arribo de paquetes supera la capacidad de transmisión.

Los paquetes se pierden si se satura la memoria para almacenar los paquetes por transmitir.

Los buffers en la memoria tienen capacidad finita. Si un nuevo paquete encuentra los buffers completos, se descarta y se pierde. Este paquete puede ser (o no) retransmitido.



Tipos de latencia

Dproc: Delay de procesamiento

- Es el tiempo de examinar el header, decidir enlace de salida, etc.

- Se mide en microsegundos.
- Los Routers deben decidir hacia que link enviar los paquetes que le llevan. Esto requiere leer algunos datos del paquete.

Dqueue: Delay de encolamiento

- Tiempo de espera en los buffers del enlace de salida hasta ser transmitido.
- Depende de la congestión en el router
- Si a un router le llegan más paquetes de los que puede transmitir, los mismos se almacenan en una cola (un buffer) hasta que el router los pueda enviar. Esto genera colas.

Dtrans: Delay de transmisión

- L/R (L: longitud del paquete en bits; R: tasa de transmisión en bits por segundo, *bps*)
- Transmitir consiste en “empujar” los paquetes en los links. La velocidad de transmisión depende de propiedades de los links. No depende de la distancia entre los routers.

Dprop: Delay de propagación

- d/s : (d: longitud del enlace físico; s: velocidad de propagación en dicho medio)
- Este delay refiere a lo que tarda en propagarse por el link. Está íntimamente relacionado con la distancia entre los routers y con la velocidad con la que se propagan los datos.

Tasa de transferencia (Throughput)

Es la cantidad efectiva de bits por unidad de tiempo (b/s) a la que se está recibiendo un archivo.

Instantáneo: en un punto dado del tiempo.

Medio: a lo largo de un período de tiempo prolongado.

bottleneck —> Enlace que limita el throughput end-to-end.

Protocolos, capas y estructura

Las redes son complejas y contemplan diversos elementos (hosts, routers, distintos tipos de enlaces, aplicaciones, protocolos, hardware y software)

Organización en capas (layers)

Es un enfoque para abordar el diseño de sistemas complejos. Una estructura explícita permite identificar y vincular los componentes del sistema. Modelo de referencia organizado en capas.

La modularización (el hecho de que este organizado en capas) facilita el mantenimiento del sistema. Los cambios en las implementaciones de una capa son transparentes para el resto del sistema.

Stack de protocolos de Internet

Capa de aplicación

Soporte para aplicaciones (HTTP, FTP, IMAP, SMTP, DNS).

Capa de transporte

Transferencia de datos entre procesos (TCP, UDP)

Capa de red

Ruteo de datagramas de origen a destino (IP, OSPF, BGP)

Capa de enlace

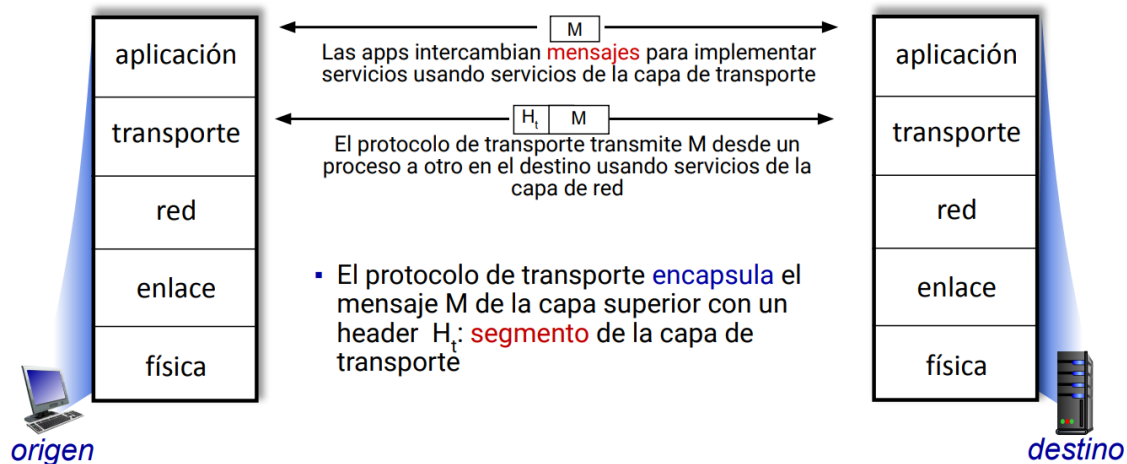
Transferencias de datos entre dispositivos de red adyacentes (Ethernet, 802.11(Wi-Fi))

Capa física

Transferencia de bits en el medio físico

Servicios, capas y encapsulamiento

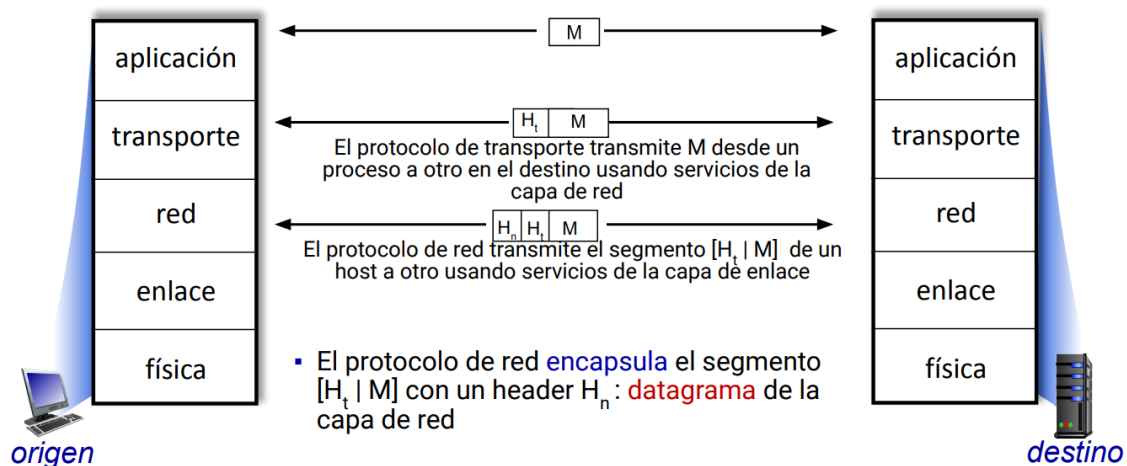
Servicios, capas y encapsulamiento



TD4 2023

19

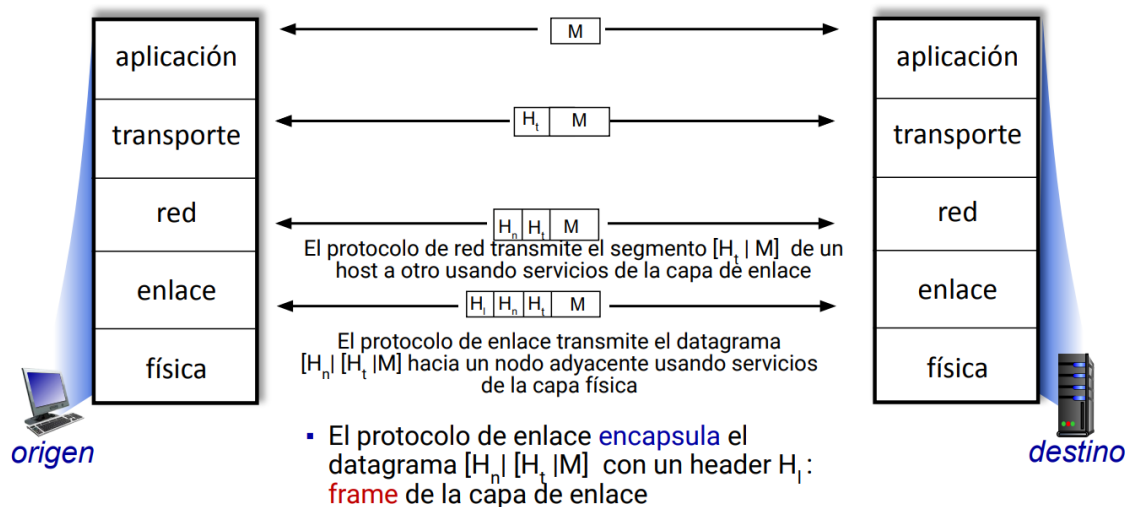
Servicios, capas y encapsulamiento



TD4 2023

20

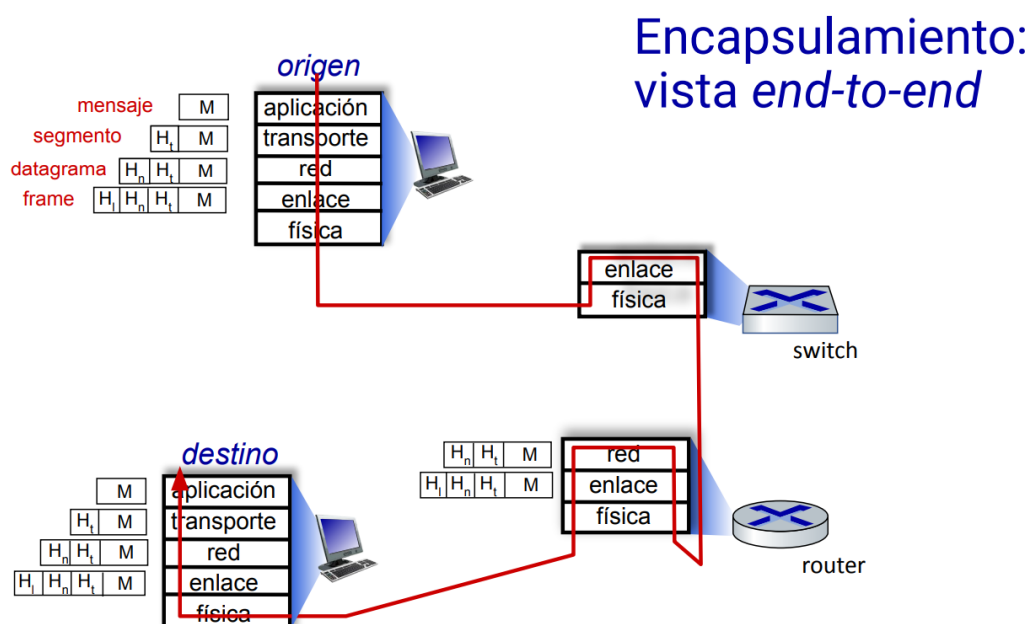
Servicios, capas y encapsulamiento



TD4 2023

21

Encapsulamiento: vista end-to-end



TD4 2023

22