Contenido 8: Redes

Lesly Reyes
lareyes2@uc.cl

Álvaro Quintana
alvaroq@uc.cl

Departamento de Ciencias de la Computación
Pontificia Universidad Católica Chile

October 7, 2024

Contenido

Introducción
- Introducción

Hardware de Red
- DSL
- Cable
- Fiber
- Dial-up, SATELLITE
- Ethernet
- Wifi

Medio Físico
- Par Trenzado Cable
- Cable Coaxial de Cobre
- Fibra Óptica

Funcionamiento de Red

Conceptos de Software

Material Adicional

Introducción

*Permitir que un proceso se **comunique** con otro*

¿Dónde se encuentra el otro proceso?

- Si se encuentra en la misma máquina: pipe, shared memory
- Si no, S.O. debe utilizar el sistema de Entrada/Salida

¿Qué medio utilizar para el envío? (Cable, aire, ...)

- ¿Cómo expresar un mensaje en ese medio? Problema Físico

¿Cómo se envía información por un medio de red?

- ¿Cómo se transmite el mensaje? ¿Se manda completo?

¿A quién se le transmite el mensaje?

- ¿Hay sólo un receptor? ¿lo estoy "gritando" a todos?

¿Cómo se encuentra el destinatario?

- ¿Cómo "encaminar" el mensaje?

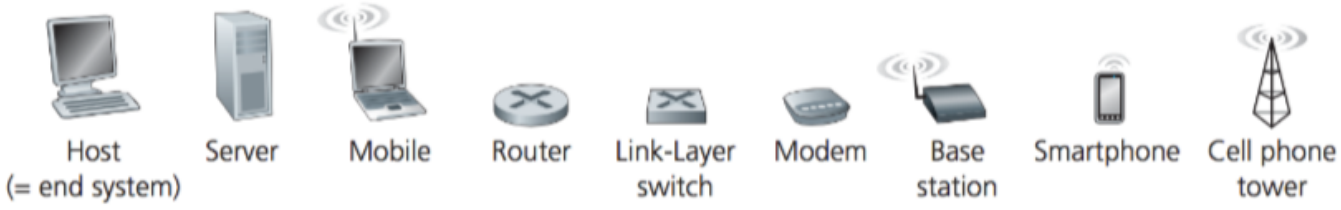
El destinatario, ¿está dispuesto a recibir el mensaje?

- Comunicación debe seguir un orden: protocolo

Introducción

Red de computadores como infraestructura de conexión

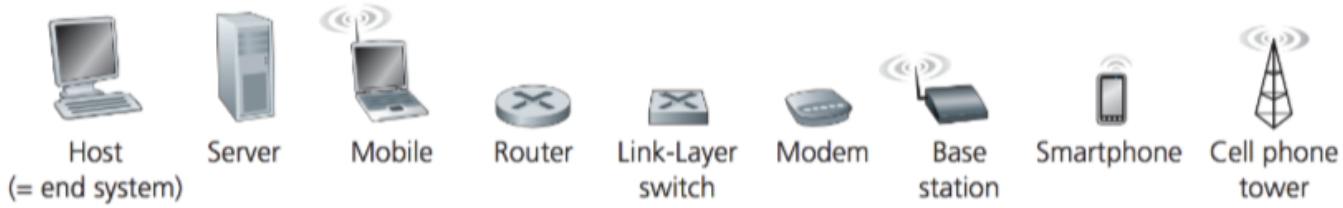
Una gran red: ***internet***



- Red como interconexión de redes
- Dispositivos de origen/destino: hosts (nodos)
- Enlaces: transmiten unidades de información
- Dispositivos de intercambio: routers, switches
- Puntos de acceso: modem, access point, cell tower
- Proveedores de acceso: ISP, Internet Service Provide

Introducción

Red de computadores como infraestructura de conexión



- Unidades de información: paquetes
- Reglas para intercambiar paquetes: protocolos
- Dos protocolos críticos:
  - TCP, Transport Control Protocol
  - IP, Internet Protocol
- ¿Cómo asegurar que todos sigan el mismo protocolo?
  - Se deben acordar estándares (no implementaciones)
  - IETF, Internet Engineering Task Force
  - Estándares especificado en RFC, Request For Comments

Introducción

Red de computadores como infraestructura de servicios

- Plataforma para aplicaciones distribuidas
- Procesos que interactúan a través de la red
- Procesos utilizan una API, Application Programming Interface
- API de Internet, permite que el proceso interactúe con la infraestructura

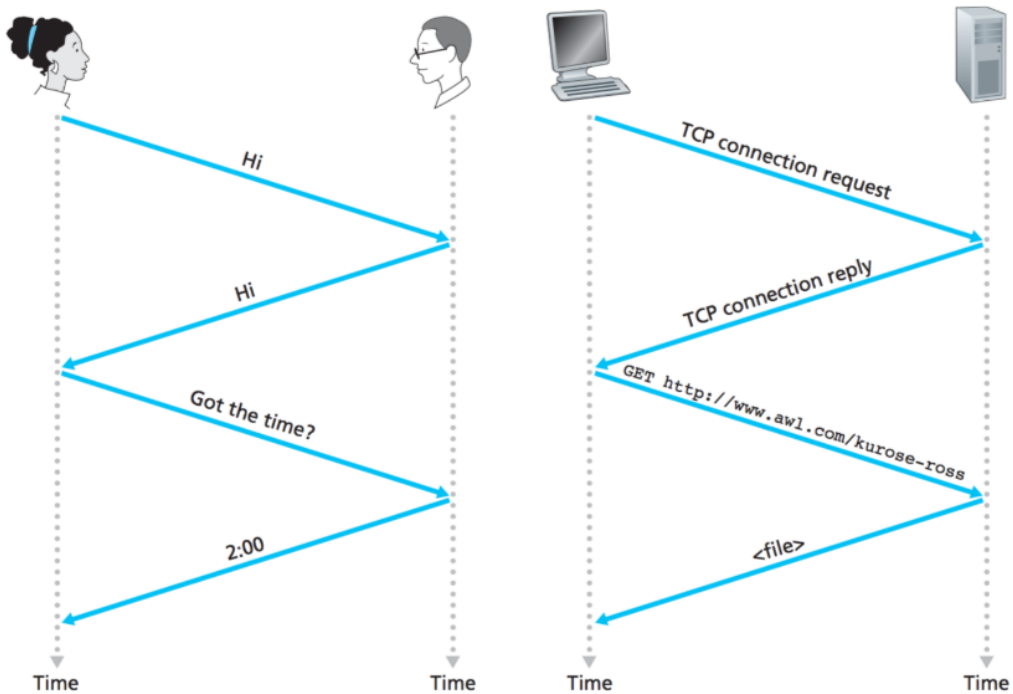
Introducción

¿Quién inicia la comunicación?

Protocolo: *conjunto de reglas*

¿Cuándo se inicia la comunicación?

- Orden de mensajes
- Formato de mensajes
- Acciones ante cada mensaje



Hardware de Red

Servidor Cliente

*Comunicación **end-to-end***/

Comunicación entre hosts: dispositivos que ejecutan programas

- Algunos hosts actúan como clientes
- Algunos hosts actúan como servidores

Cliente o **servidor** es un rol que toma un programa

Clientes

- En dispositivos livianos que solicitan servicios.
- Suelen estar en control del usuario.

Servidores

- En dispositivos poderosos que proveen servicios
- Suelen vivir en **data centers o nubes**

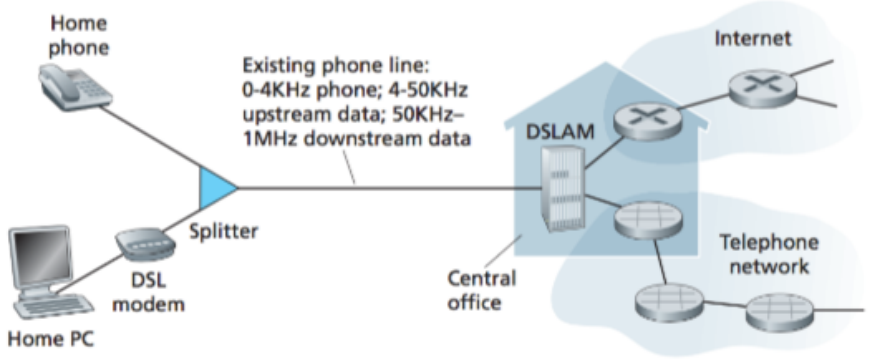
Hardware de Red

Hosts pueden acceder a la red de distintas maneras
Infraestructura para permitir acceder a la red

- DSL
- Cable
- FTTH
- Dial-Up
- Satellite
- Ethernet
- Wi-Fi
- 3G, LTE

DSL: DIGITAL SUBSCRIBER LINE

- DSL Módem utiliza línea telefónica tradicional
- DSL Módem convierte señal digital a análoga
- DSLAM: DSL Access Multiplexer
- DSLAM reconvierte señal análoga a digital
- DSL Módem puede usar diferentes frecuencias de transmisión
  - High-speed downstream, 50kHz - 1MHz
  - Medium-speed upstream, 4kHz - 50kHz
  - Línea telefónica tradicional, 0Hz - 4kHz



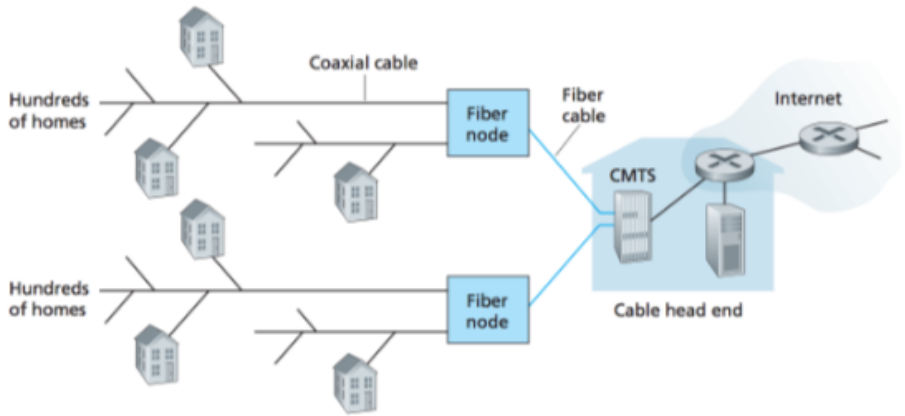
Hardware de Red

Cable

Utiliza **infraestructura de TV por cable**

- Mezcla enlaces de fibra y coaxial: HFC (Hybrid Fiber Coaxial)
- Utiliza **cable modem**
- Estándares (asimétricos): 42.8Mbps downstream, 30.7Mbps upstream

Medio broadcast compartido (DSL es privado)



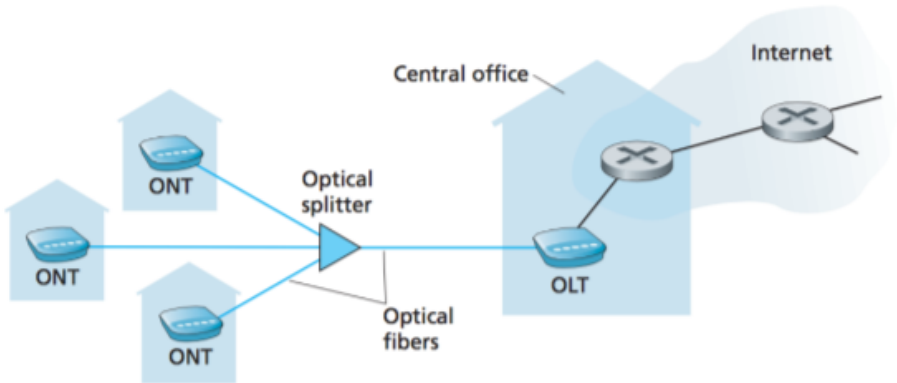
¿Qué pasa si múltiples usuarios están navegando en Internet?

Hardware de Red

FIBER: FTTH

FTTH, **Fiber-to-the-Home**

- ONT: Optical Network Terminator
- OLT: Optical Line Terminator.
- Conversión de señal óptica-eléctrica
- Estándares desde 1Mbps a 1Gbps



Hardware de Red

Dial-up, SATELLITE

Dial-Up. Enlace a través de línea telefónica.
Es la comunicación original (1997).

- Velocidades de 2.4kbps a 56kbps

Enlace satelital para zonas rurales

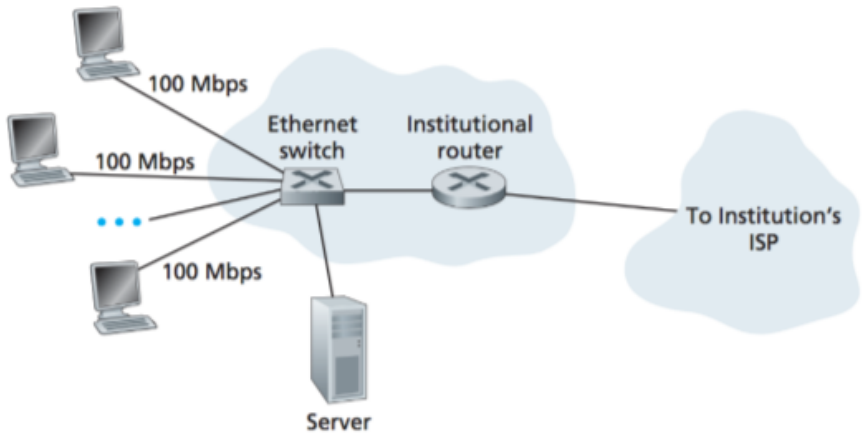
- Antes no era muy rápida

Hardware de Red

ETHERNET

Estándar de conexión por pares trenzados de cobre

- IEEE 802.3
- Velocidades de 10Mbps, 100Mbps, 1Gbps, 10Gbps
- Implementan LAN, Local Area Network

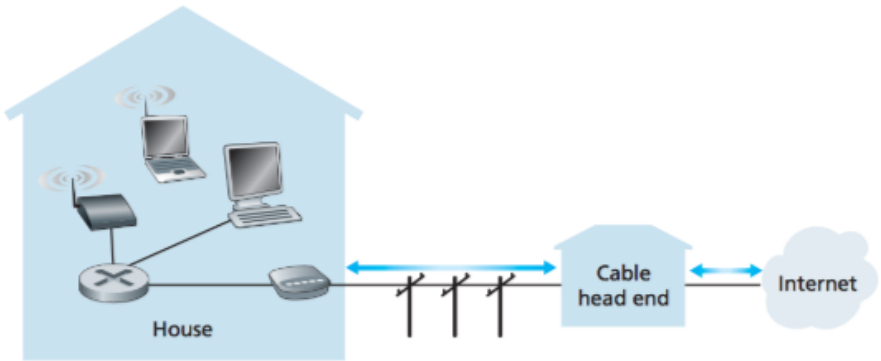


Hardware de Red

WIFI

Estándar de conexión inalámbrico de corto alcance

- IEEE 802.11
- Velocidades de 54Mbps, 150Mbps, . . .
- Implementan WLAN, Wireless LAN



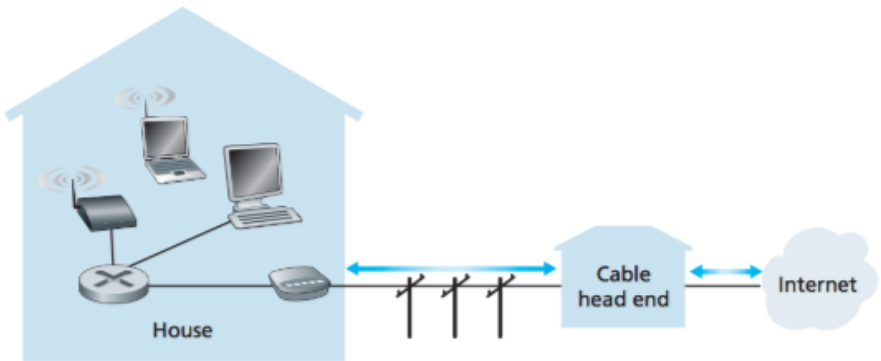
Hay varias familias de corto alcance

Hardware de Red

WIDE AREA: 3G, 4G, LTE

Estándar de conexión inalámbrico de corto alcance

- IEEE 802.11
- Velocidades de 54Mbps, 150Mbps, . . .
- Implementan WLAN, Wireless LAN



Medio Físico

*Permitir que un proceso se **comunique** con otro*

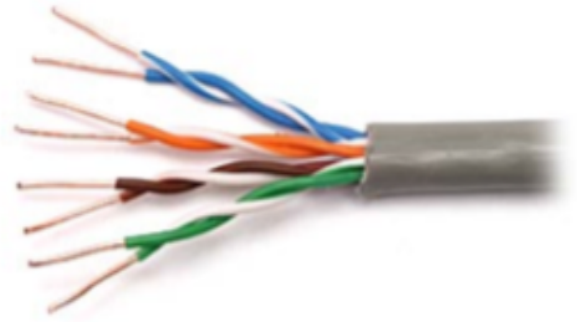
Procesos deben transmitir información

- Información se codifica como bit
- Bits deben viajar a través de un medio
- Bits se transmiten como ondas
  - Medios guiados: sólidos, pares trenzados de cobre, cable coaxial, fibra óptica multimodo
  - Medios no guiados: inalámbricos, enlace satelital

Medio Físico

PAR TRENZADO DE COBRE

UTP, unshieldad twisted pair



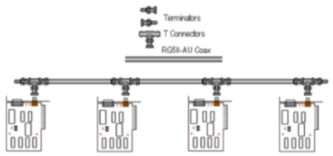
Procesos deben transmitir información

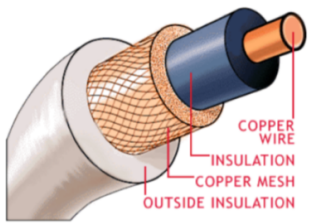
- Cables trenzados se comportan como una antena
- Categorías según cuan trenzados están: 3, 5, 5b, 6, 6a
- Recorren varios kilómetros ($\sim$5km) sin atenuarse
- 10Mbps a 10Gbps
- Uso para telefonía, ethernet, implementación de LANs

Medio Físico

CABLE COAXIAL DE COBRE

Par concéntrico (no trenzado)





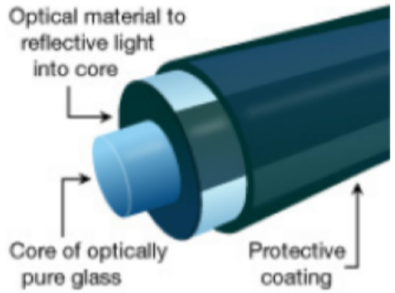
Procesos deben transmitir información

- Alta resistencia al ruido externo
- Ancho de banda depende de la distancia
- Fácil de modificar para insertar nodos nuevos
- Medio compartido

Medio Físico

FIBRA ÓPTICA

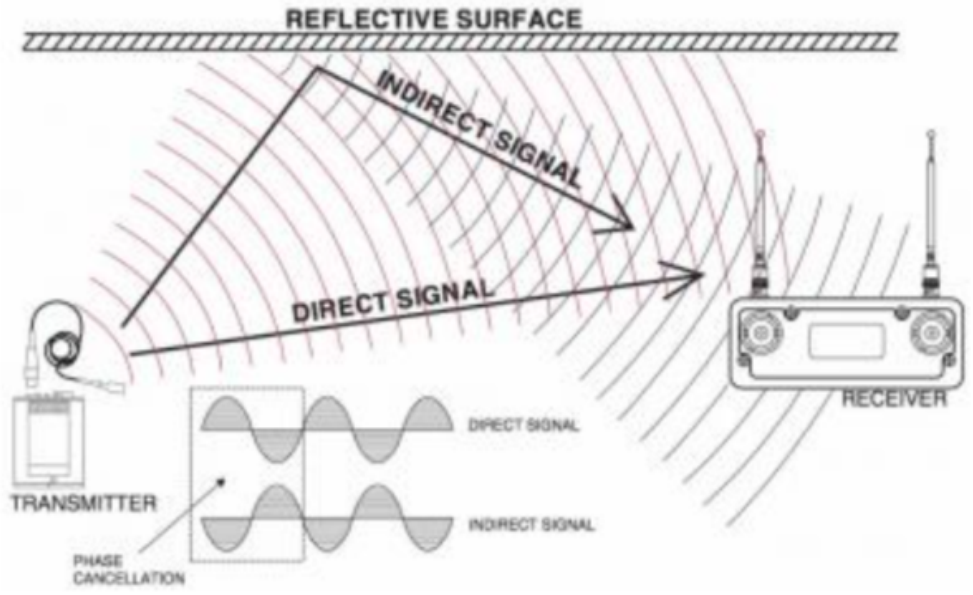
Par concéntrico (no trenzado)



Procesos deben transmitir información

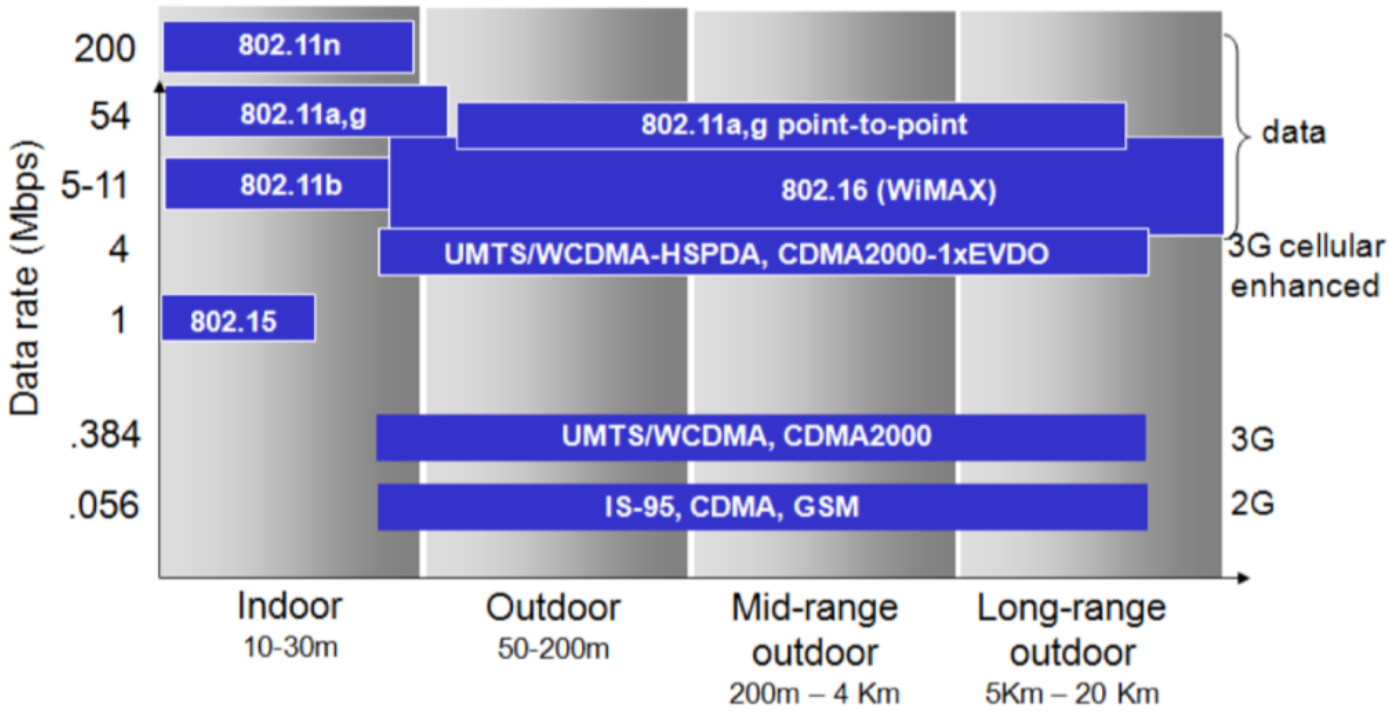
- Inmune a interferencia electromagnética
- Cables hechos de fibra de vidrio
- Alta velocidad de transferencia
- Baja atenuación con la distancia (más de 100kms)
- Monomodo: un haz de luz
- Multimodo: múltiples haces a distintos ángulos

Medios inalámbricos Terrestres

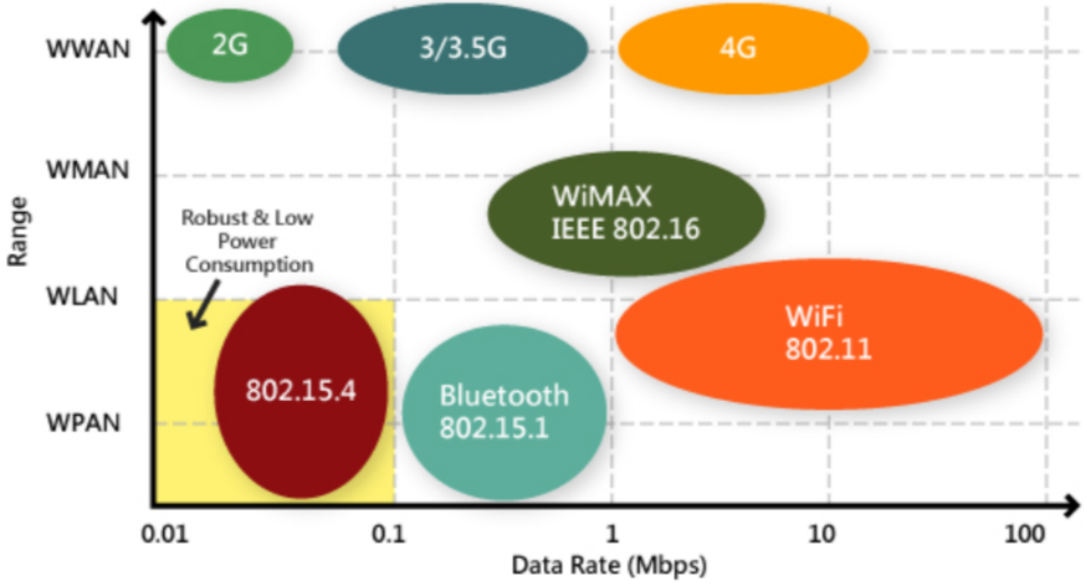


- Señal se debilita en el aire al propagarse
- Interferencia con otras señales: asignación de frecuencias
- Propagación multicamino: señales llegan por distintos caminos

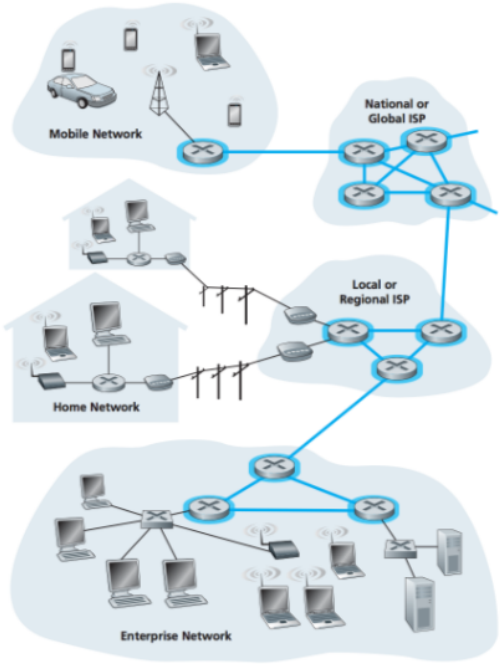
Estándares inalámbricos



Mobile standards



Funcionamiento de Red



Interconexión de hardware para transmisión de datos Transmisión en un enlace: L bits sobre un enlace de R bits/sec, demora L/R

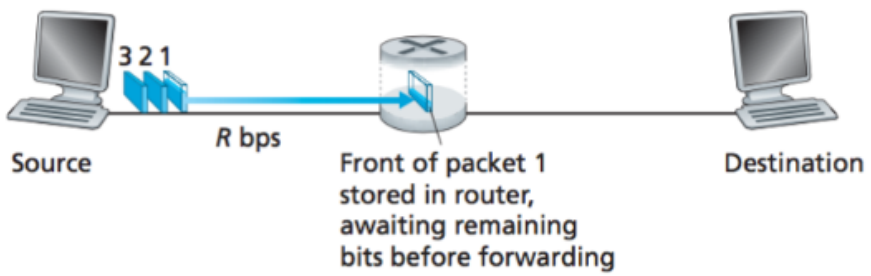
Funcionamiento de Red

PACKET SWITCHING

Dispositivos de red intercambian paquetes

Store-and-forward packet switching

- Dispositivo (router) almacena paquetes (store)
- Router examina paquetes y determina punto de reenvío (forward)
- Router usa tablas de reenvío (forwarding tables)

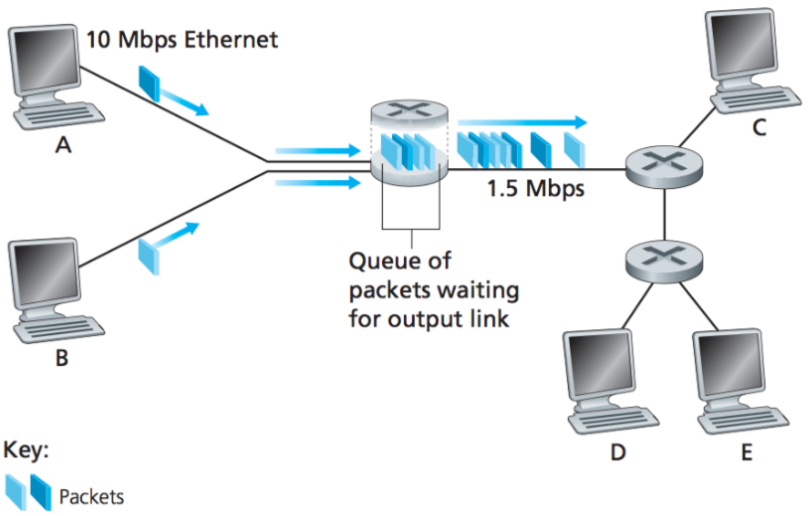


Funcionamiento de Red

PACKET SWITCHING

Tasa de transmisión determinada por el enlace más lento

- Router puede sufrir congestión
- Si hay N enlaces iguales en la ruta, el tiempo de transmisión de origen a destino (end-to-end delay) es: $d_{end_to_end} = Nx(L/R)$



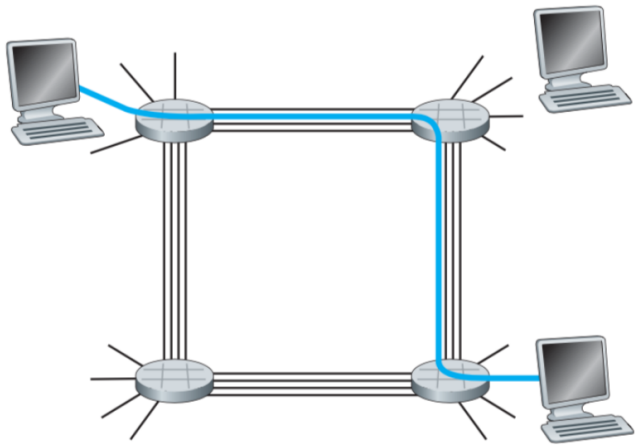
Funcionamiento de Red

CIRCUIT SWITCHING

Establecimiento previo de conexión entre origen-destino

Ancho de banda garantizado durante comunicación

- Enfoque usado por comunicación telefónica
- Sensible a saturación ante conexiones simultáneas
- Enlace de 1Mbps, con 4 conexiones simultáneas, cada una recibe hasta 250kbps
- Si hay N enlaces iguales en la ruta, el tiempo de transmisión de origen a destino (end-to-end delay) es: $d_{end_to_end} = Nx(L/R)$



Funcionamiento de Red

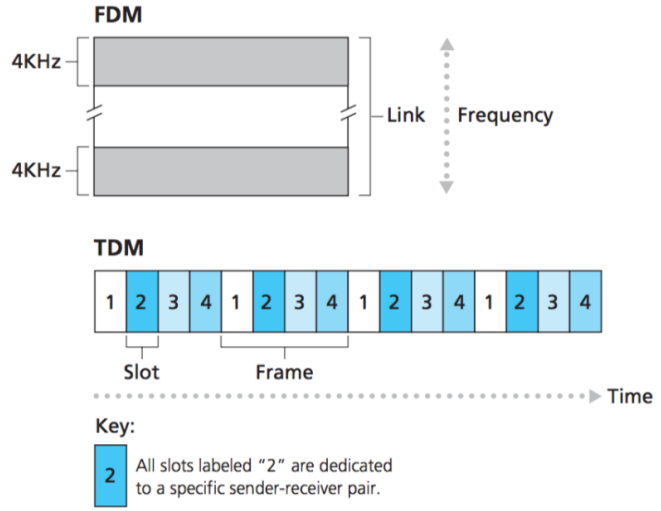
Multiplexion en circuit Switching

Al usar un medio compartido se deben mantener separadas las comunicaciones FDM: Frequency-Division Multiplexing

- Banda de frecuencia (ancho de banda) para cada transmisión

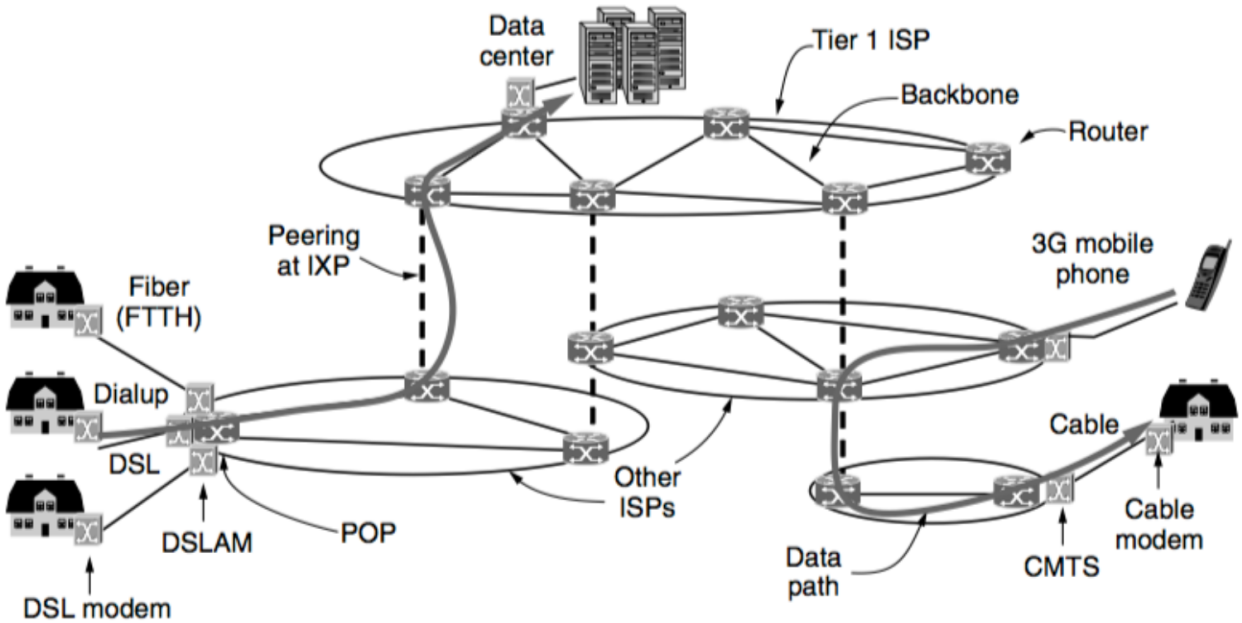
  TDM: Time-Division Multiplexing

- División por tiempo entre emisores
- Cada emisor tiene un turno para transmitir en todo el ancho de banda



Funcionamiento de Red

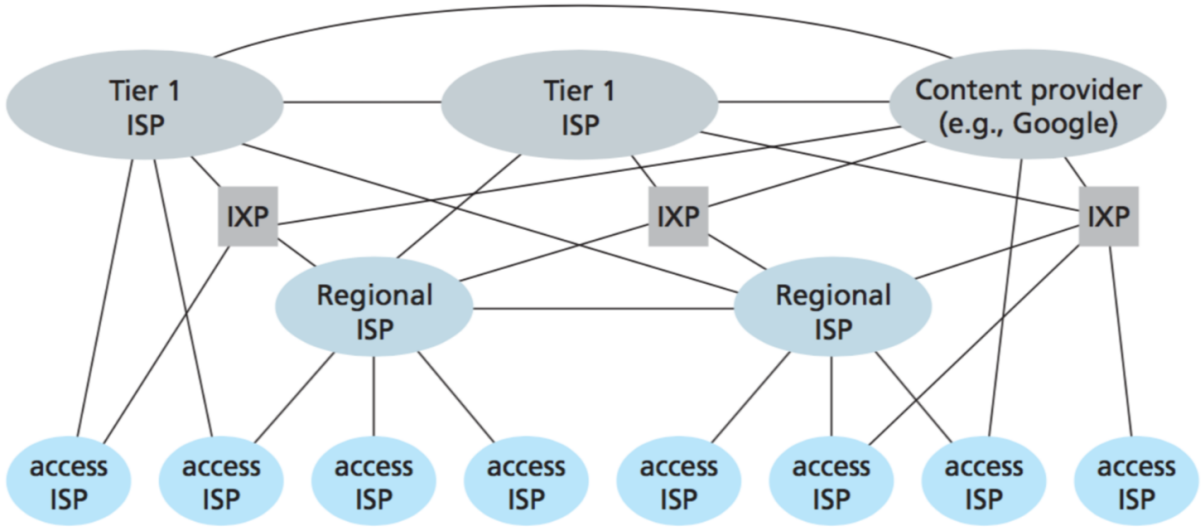
Internet



Mapa cable submarino

Funcionamiento de Red

Internet



Internet Exchange Map

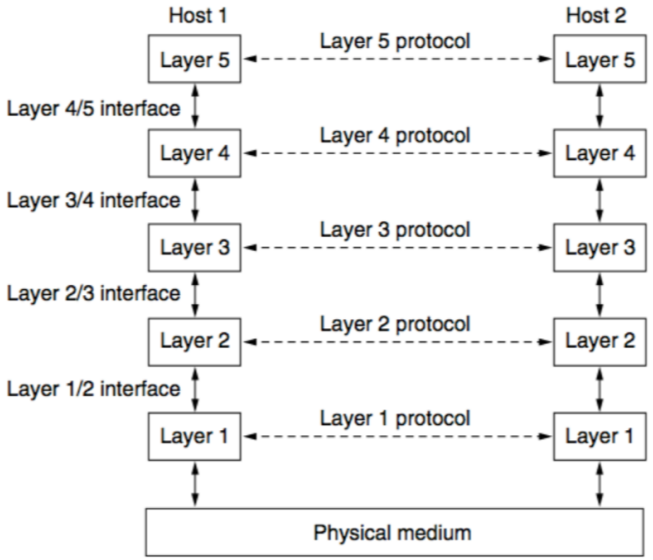
Hardware soluciona la mitad de la tarea

- El mensaje debe llegar a un proceso
- Redes se organizan en base a un modelo de capas
- se comunican usando protocolos

Protocolo: *Contrato de comunicación entre distintas partes acerca de la manera en que se producirá la comunicación*

Separación de responsabilidades permite modelar e implementar sistemas complejos

Modelo de Capas

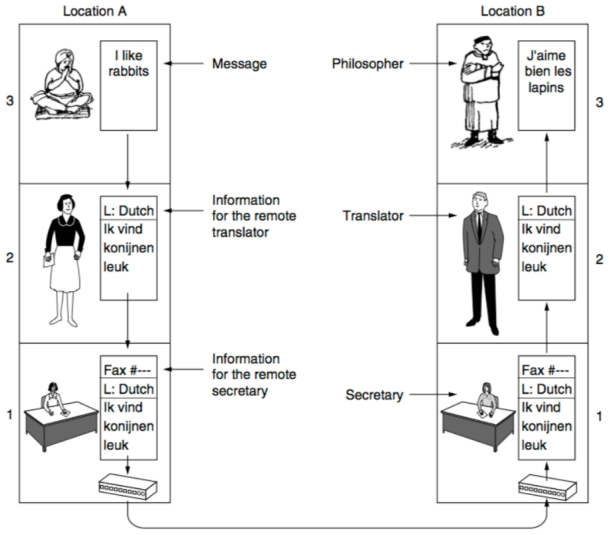


Una instanciación de este modelo define un stack de protocolos

Conceptos de Software

Modelo de Capas

Mensajes pueden ser modificados en cada capa, agregando headers o modificando todo el mensaje.



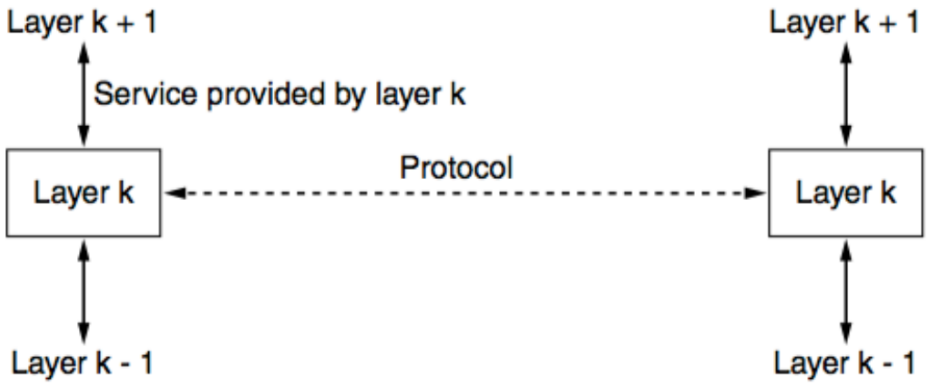
Servicios

- Capa 1: Envío físico (fax)
- Capa 2: Mensaje entre traductores
- Capa 3: Mensaje entre personas

Servicios, Protocolos, Capas

***Servicio**: conjunto de primitivas que provee una funcionalidad*

***Capas** proveen servicios a otras capas*

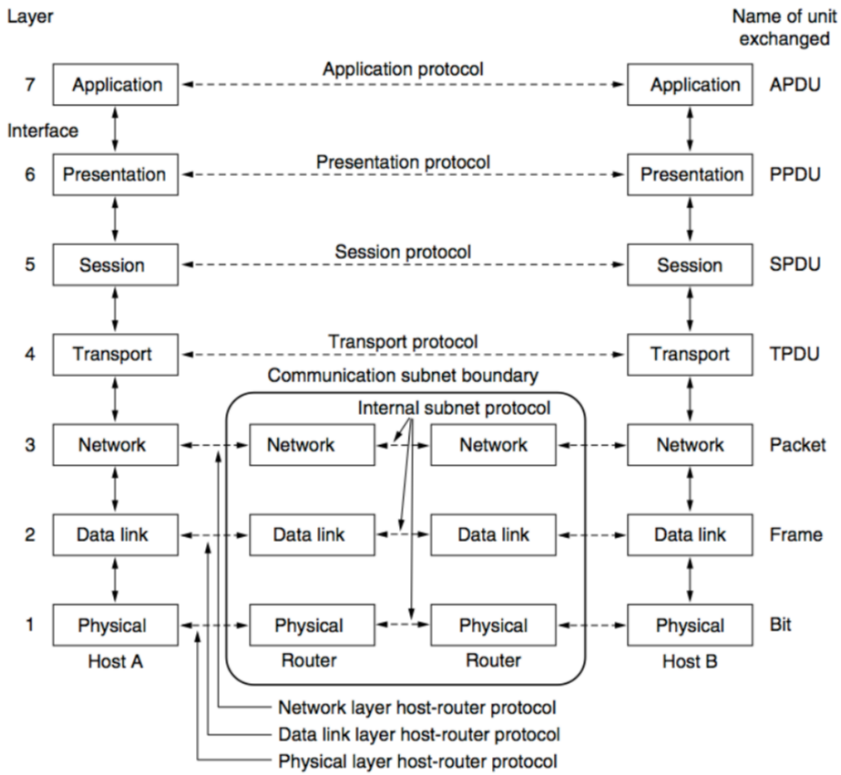


Protocolo puede ser cambiado sin afectar al servicio

Modelo OSI Modelo ISO OSI (Open Systems Interface)

- Propuesto en 1983 por Day y Zimmerman, revisado en 1995
- Modelo de referencia
  - Define responsabilidades para cada capa
  - No define estándares, ni protocolos, ni implementaciones

Modelo OSI Modelo ISO OSI (Open Systems Interface)

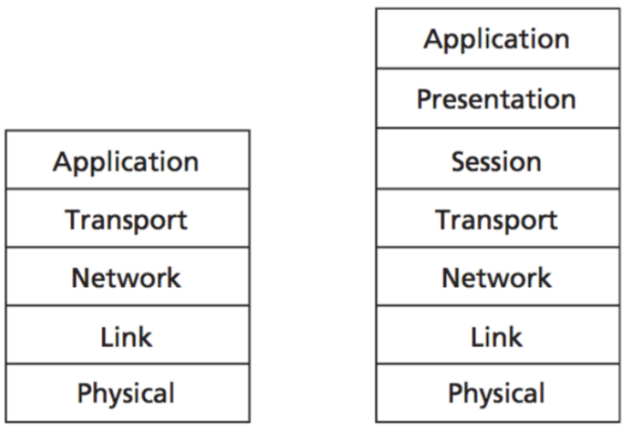


Conceptos de Software

Modelo Internet

Originado como stack de protocolos para ARPANET, proyecto de investigación del DoD

- Propuesto por Vinton Cerf y Robert E. Kahn, 1974
- Estandarizado en 1989
- También llamado stack TCP/IP



a. Five-layer Internet protocol stack

b. Seven-layer ISO OSI reference model

Capa Aplicación

Comunicación entre procesos (aplicaciones)

Aplicaciones intercambian mensajes

- HTTP (HyperText Transfer Protocol)
- SMTP (Simple Mail Transfer Protocol)
- FTP (File Transfer Protocol)
- DNS (Domain Name Service)
- IMAP (Internet Message Access Protocol)
- SSH, DHCP, POP, Telnet, XMPP, ...

Capa de presentación y sesión Sólo presentes en modelo OSI

Presentación

Codificación, encriptación, serialización

Sesión

Establecimiento de sesión entre aplicaciones. Authorization, authentication.
En la práctica estas tareas se implementan, de ser necesarias, en la aplicación

Capa Transporte Mensaje de capa de aplicación se transmite en segmentos

*Transporte de mensajes entre **origen** y **destino***

TCP (Transport Control Protocol)

- Servicio connection-oriented/
- Garantías de entrega (reliable)
- Control de flujo
- Control de congestión

UDP (User Datagram Protocol)

- Servicio connection-less/
- Sin garantías de entrega

Capa de Red

Transporte de segmentos entre par de ***hosts***

Segmentos se transmiten en forma datagramas (paquetes)

- Servicio de entrega desde origen a destino
- Búsqueda de destino en la red
- Encaminamiento (routing) de segmento
- IP (Internet Protocol)
  - Implementado en origen, destino, y nodos intermedios
  - Hardware: router
  - IPv4, IPv6
- ICMP (Internet Control Message Protocol)
  - Mensaje de control (ping, trace, echo)
- IGMP, OSPF
  - Protocolos entre routers

Capa de Enlace

*Transmisión de paquetes en cada **enlace***

Paquetes se transmiten en cada par de hosts de acuerdo a las características del enlace. Paquetes de capa de enlace se conoce como **frames**

- Pueden proveer transmisión confiable(reliability)
- Pueden proveer control de errores
- Control de acceso al medio, Medium Access Control (MAC)
- Ethernet, IEEE 802.3
- Wi-Fi, IEEE 802.11
- Hardware: switch, hub

Capa Física

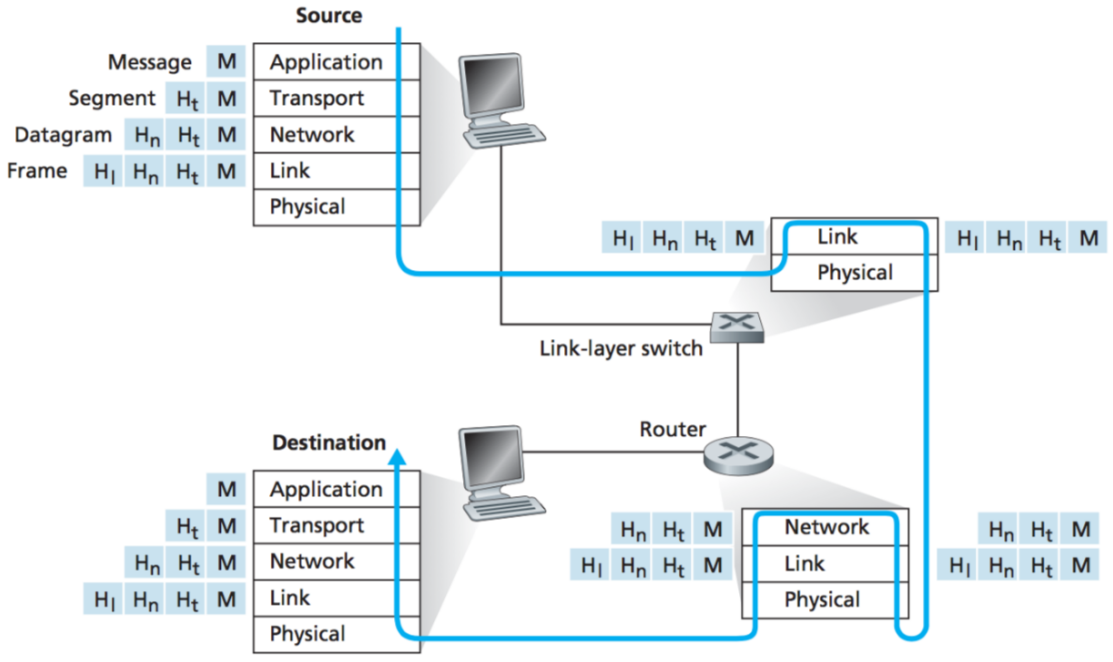
*Transmisión de frames en cada **enlace***

Transmisión de bits a través de un medio. Protocolos para cada medio de transmisión

- UTP (par trenzado de cobre)
- Cable coaxial
- Fibra óptica
- Medio inalámbrico

Conceptos de Software

Encapsulamiento



Funcionamiento del modelo de capas se basa en encapsulamiento de mensajes

- Capas agregan y remueven encabezados (headers)

Material Adicional

- Introducción Redes: Link Video

Capa Aplicación