

Laboratorio de Redes

Introducción

Usos de redes

- Aplicaciones corporativas
 - Compartir recursos (impresoras, storage, periféricos)
 - Independencia del lugar de trabajo
 - Modelo cliente servidor, diferencia de potencia de computadoras
 - Telefonía VoIP (Voice over IP)
 - Teleconferencias
 - Instant messaging
- Aplicaciones hogareñas
 - Web
 - E-commerce
 - Peer-to-peer
 - Social networks
 - IPTV
 - Internet of things
- Usuarios móviles
 - Conexión a Internet
 - Netbooks, laptops
 - Smart phones

Hardware

Clasificación por tecnología de transmisión:

- Point to point
 - Conectan pares individuales de dispositivos
 - Intercambian paquetes de información, unicasting
- Broadcast
 - El medio de comunicación es compartido por todos los dispositivos conectados a la red
 - Necesidad de direccionamiento de cada dispositivo
 - Los paquetes tienen una dirección del dispositivo de destino
 - Broadcasting, dirección de destino para todos los dispositivos
 - Multicasting

Hardware

Clasificación por escala de la red

Distancia entre dispositivos	Dispositivos en un mismo	Ejemplo
1 m	Metro cuadrado	Personal area network
10 m	Cuarto	} Local area network, LAN
100 m	Edificio	
1 km	Campus	
10 km	Ciudad	Metropolitan area network, MAN
100 km	País	} Wide area network, WAN
1000 km	Continente	
10.000 km	Planeta	Internet

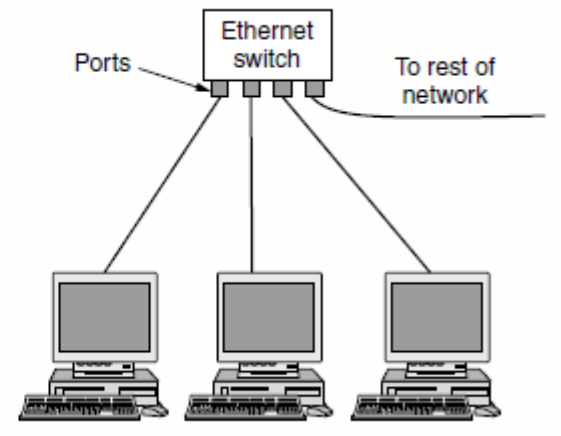
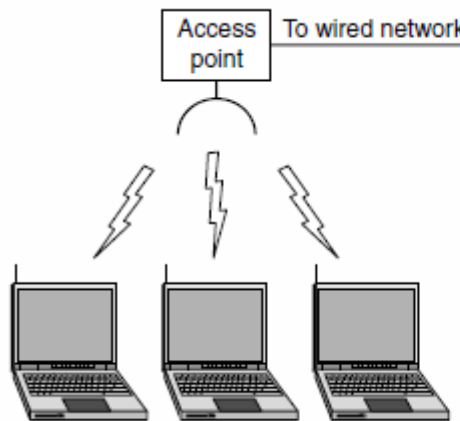
PANs

- Conexión de computadora con periféricos
 - Cableado
 - Wireless
- Bluetooth
 - Master – slave
- Near field communication, NFC
 - RFID
 - Smart cards

LANs

Redes privadas del orden de un edificio o campus

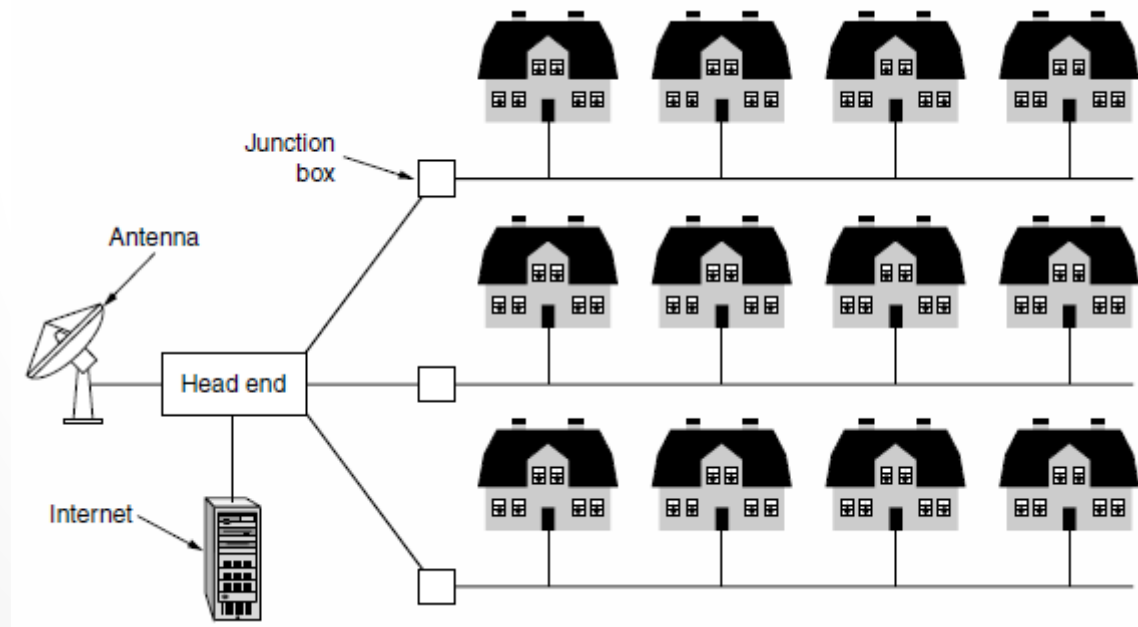
- Wired LANs
 - 100 Mbps – 1 Gbps
 - IEEE 802.3 – Ethernet
 - Switched Ethernet, point-to-point
 - Classic Ethernet, broadcast
- Wireless LANs
 - 10 Mbps – 100 Mbps
 - IEEE 802.11 – WiFi
- VLANs
- Power-line



MANs

Cubren áreas como una ciudad

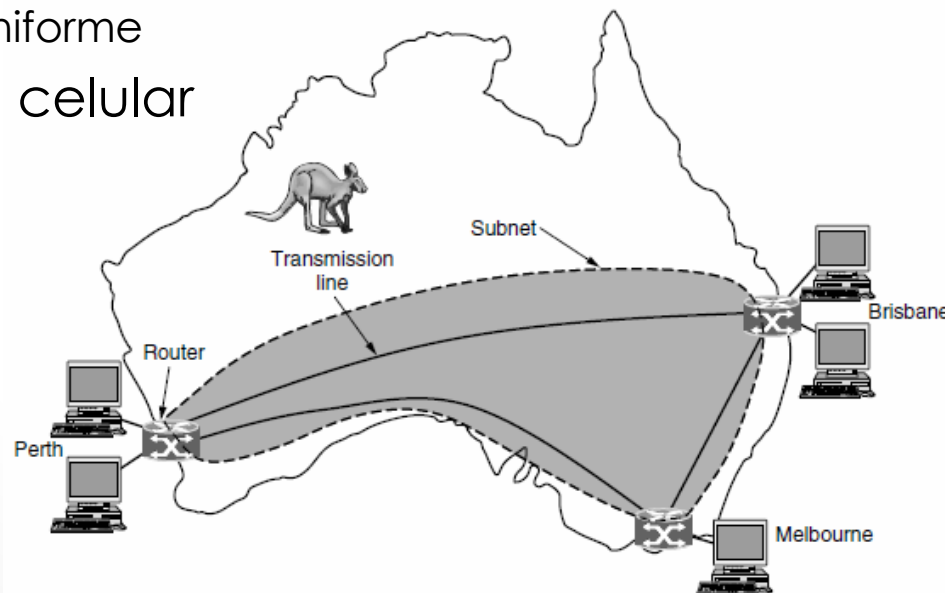
- Red de televisión por cable
- IEEE 802.16 – WiMAX



WANs

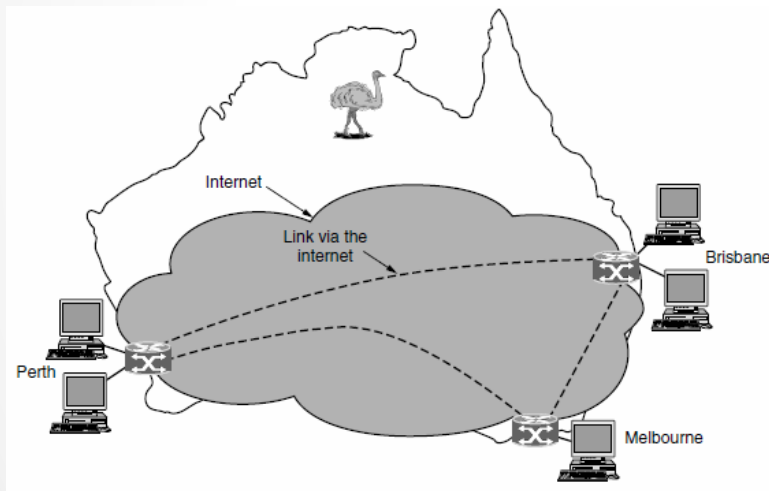
Comprenden áreas geográficas grandes.

- Comunicación subnet a subnet
 - En general son propiedad de compañías de telecomunicaciones
 - Líneas de transmisión
 - Cableado de cobre, fibra óptica, radio, satelital
 - Switches - Routers
 - Computadoras especializadas conectadas a las líneas de transmisión
 - Tecnología no uniforme
- Red de telefonía celular

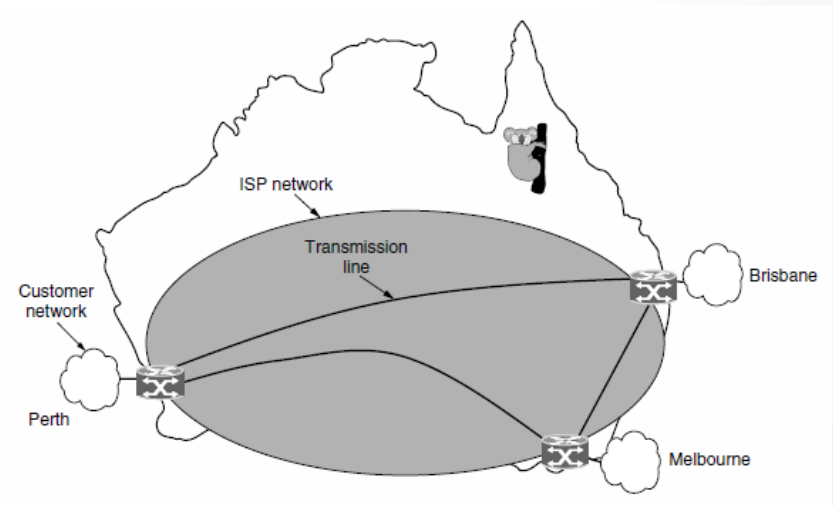


WANs

Conexión a través de Internet, VPNs



Conexión a través de un ISP



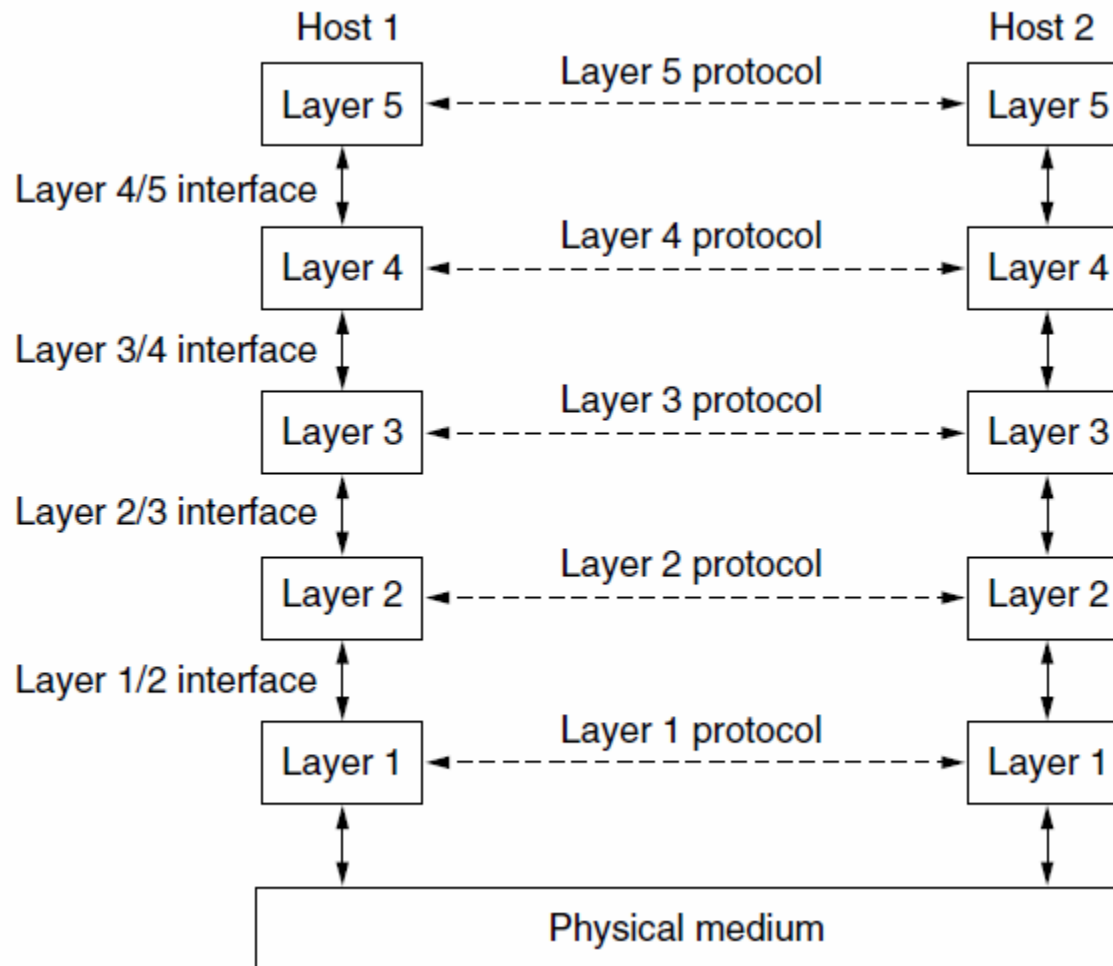
Internetworks

- Interconexión de WANs y LANs
- En general con diferente hardware y software
- Interconexión con gateways
 - Traducción de software y hardware

Network Software

- El software de red está organizado en un stack (pila) de capas o niveles, cada una realizada en base a la capa de a bajo.
- Cada tecnología de red define el número de capas, sus nombres, el contenido y la función de cada capa.
- Cada capa provee servicios a las capas superiores, ocultando detalles internos (estado, algoritmos) .
- La capa n de una máquina mantiene una conversación con la capa n de otra máquina, las reglas y convenciones de la charla se llama *protocolo de la capa n* .

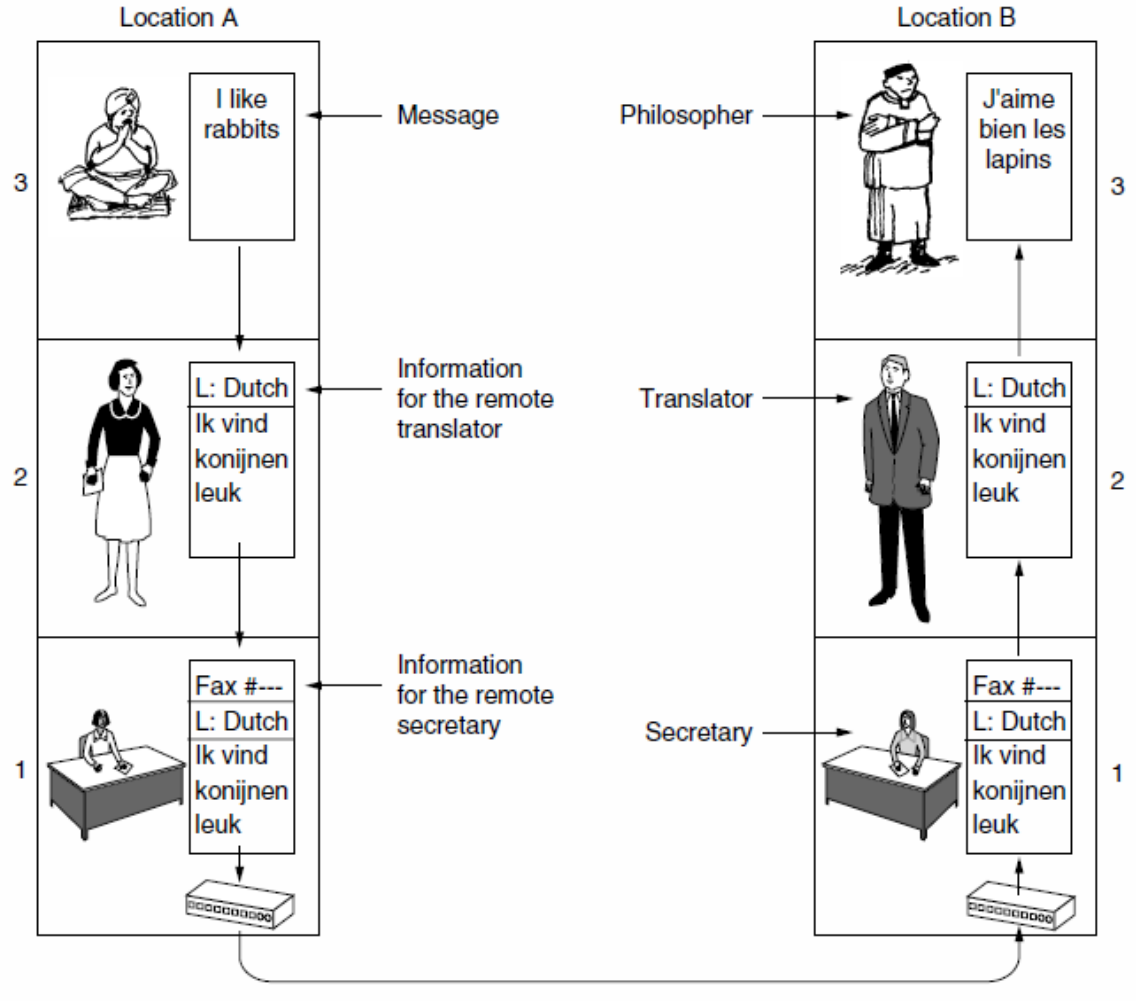
Network Software



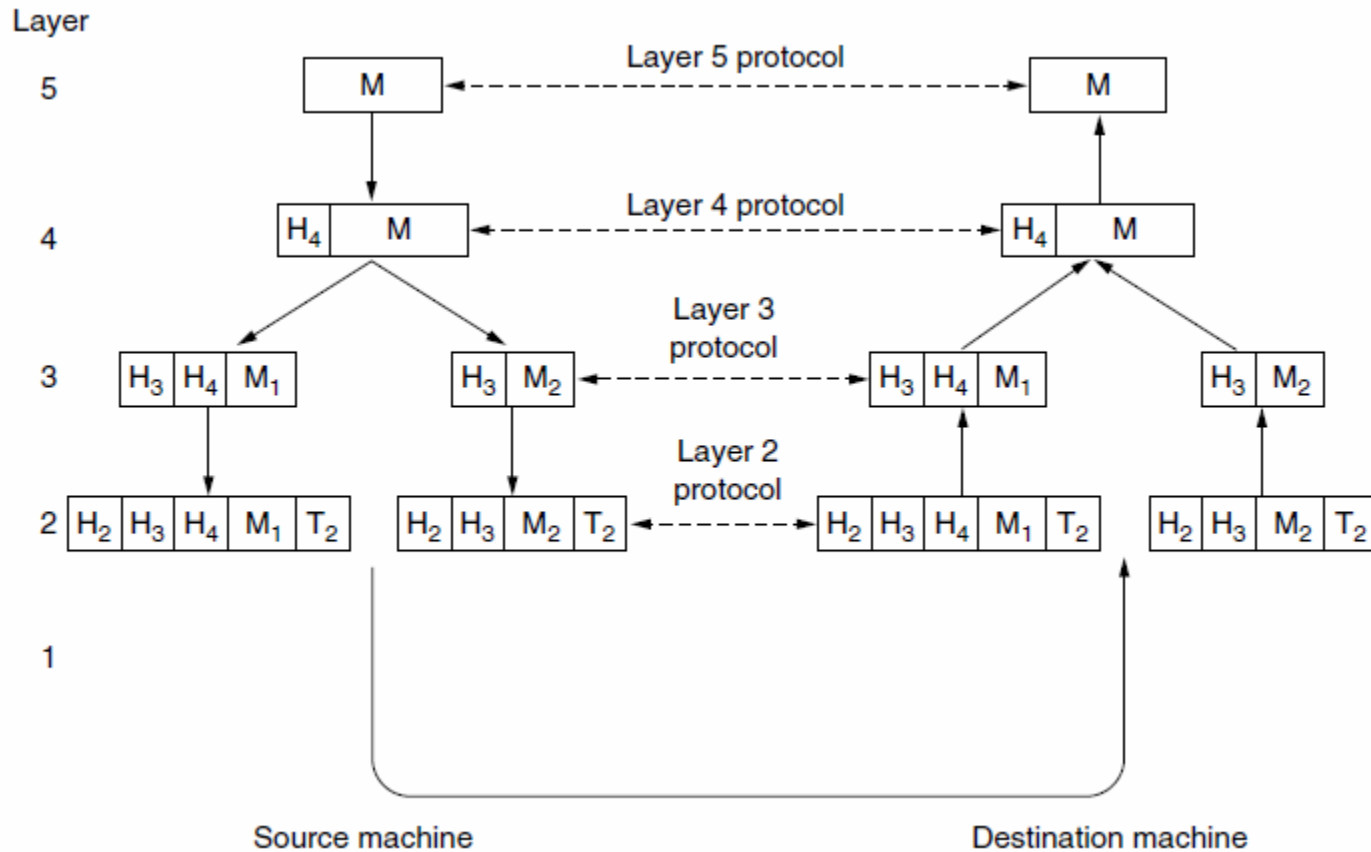
Network Architecture

- El conjunto de capas y protocolos se conoce como arquitectura de la red.
- La especificación de una arquitectura debe contener suficiente información para permitir escribir el software o construir el hardware para cada capa.

Protocolos de capas



Protocolos de capas



Temas de diseño de capas

- Confiabilidad, detección y/o corrección de errores
- Encontrar un camino adecuado, routing
- Evolución de la red
- Addressing o naming (direccionamiento)
- Internetworking
- Escalabilidad
- Asignación de recursos
- Flow control, control de congestiones
- Quality of service
- Confidencialidad, autenticación

Tipos de servicios

- Connection-oriented service
 - Modelado en base al sistema telefónico
 - Se establece una conexión primero, se utiliza y luego se libera
 - Negociación de parámetros en el establecimiento de la conexión
- Connectionless service
 - Modelado en base al sistema postal
 - Se envía cada mensaje con su direccionamiento y listo
- Reliable service
 - Acknowledge de recepción de mensajes, introduce overhead y delays
 - Secuencia de mensajes o streams
- Unreliable service

Tipos de servicios

		Service	Example
Connection-oriented	{	Reliable message stream	Sequence of pages
		Reliable byte stream	Movie download
		Unreliable connection	Voice over IP
Connection-less	{	Unreliable datagram	Electronic junk mail
		Acknowledged datagram	Text messaging
		Request-reply	Database query

Primitivas de servicios

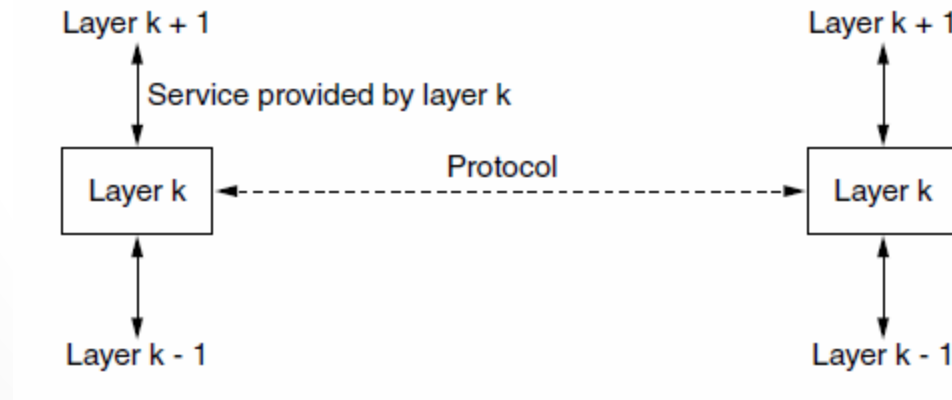
Los servicios que ofrece el protocolo de una capa están especificados por un conjunto de primitivas u operaciones.

- Las primitivas ofrecidas dependen del tipo de servicio.
- Ejemplo:
BSD sockets

Primitive	Meaning
LISTEN	Block waiting for an incoming connection
CONNECT	Establish a connection with a waiting peer
ACCEPT	Accept an incoming connection from a peer
RECEIVE	Block waiting for an incoming message
SEND	Send a message to the peer
DISCONNECT	Terminate a connection

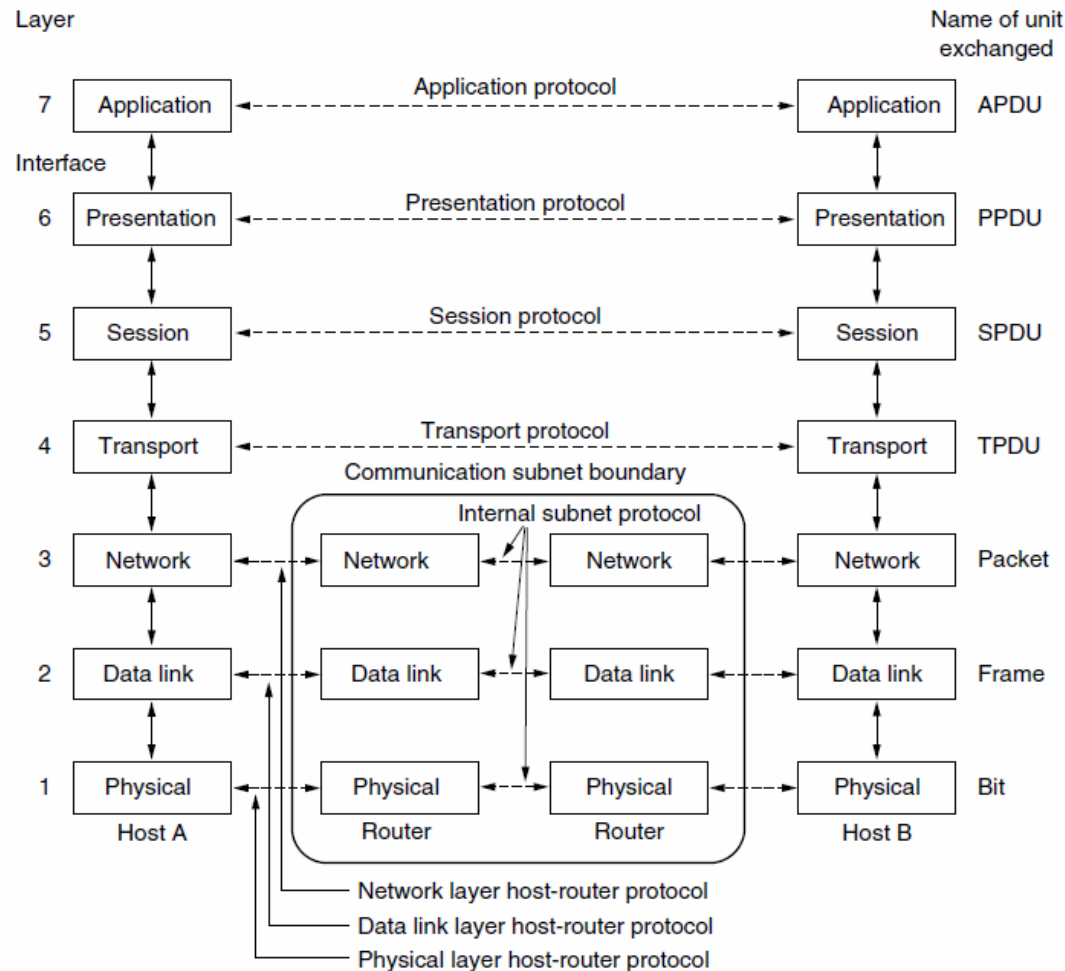
Protocolos vs. servicios

- Protocolo: reglas que gobiernan el formato y significado de mensajes intercambiados entre entidad de una misma capa.
- Servicio: conjunto de primitivas que una capa provee a una capa superior.



ISO OSI Reference Model

Open Systems Interconnection, 1983, 1995



OSI Model

- El OSI model no es una arquitectura en sí porque no especifica exactamente protocolos y servicios.
- ISO produjo standards para los protocolos de cada capa, que no se utilizaron.
- Physical Layer
 - Especifica como transmitir bits sobre un canal de comunicación físico.
 - Que señales eléctricas representan un 1 y un 0.
 - Cuanto tiempo dura un bit.
 - Si la transmisión puede proceder simultáneamente en ambos sentidos.
 - Como se establece la conexión inicial.
 - Definición de pines de conectores.

OSI Model

- Data Link Layer

- Organización de bits en frames.
- Detección de errores de transmisión.
- Acknowledge frames para servicios fiables.
- Control de acceso al canal compartido en caso de redes broadcast: Medium Access Control.

- Network Layer

- Controla la operación de la subnet.
- Cómo routear paquetes de origen a destino.
- Protocolos de routing dinámicos para evitar fallas.
- Control de congestión.
- Quality of service.
- Interconexión de redes heterogéneas.

OSI Model

- Transport Layer
 - Paquetizado y reliability.
 - Determina el tipo de servicio.
 - Es una capa end-to-end. Transporta datos de origen a destino.
- Session Layer
 - Permite establecer sesiones.
 - Sincronización y otras yerbas.

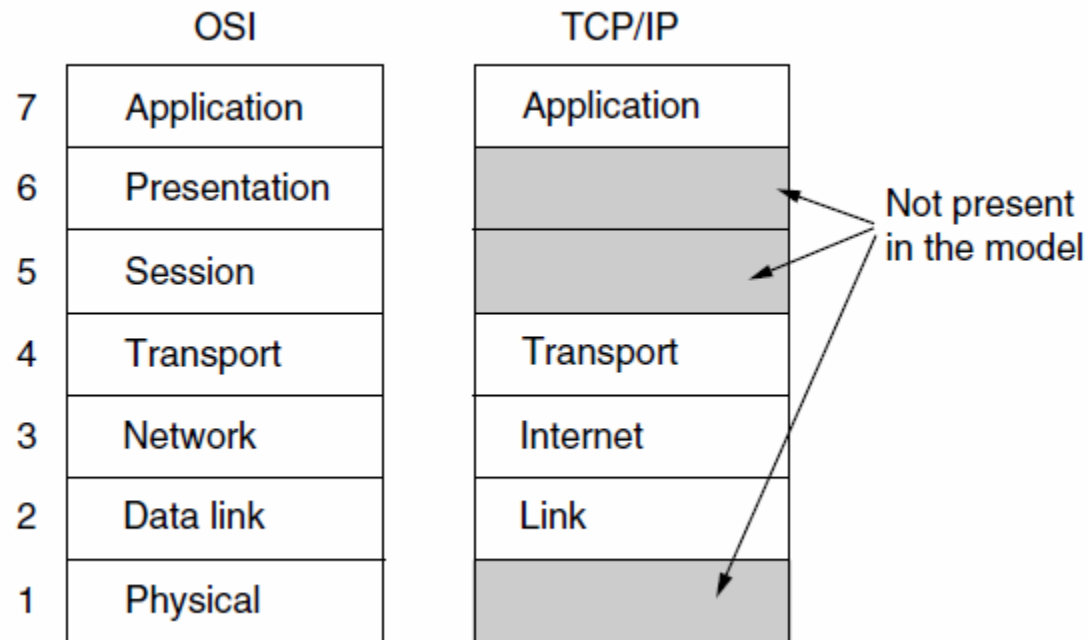
OSI Model

- Presentation Layer
 - Establece sintaxis y semántica de la información.
 - Acomoda distintas representaciones internas de los datos.
- Application Layer
 - Contiene variedad de protocolos utilizados comunmente por los usuarios.
 - HTTP
 - Email
 - News
 - DNS

TCP/IP Reference Model

- Utilizado por Internet, originalmente ARPANET.
- ARPANET fue un proyecto suportado por DoD.
- Especificación de 1974, estandarizado en 1989.
- El objetivo principal era que la red sobreviviera la pérdida de hardware de la subnet. (En caso de ataque de la Unión Soviética).

TCP/IP Reference Model



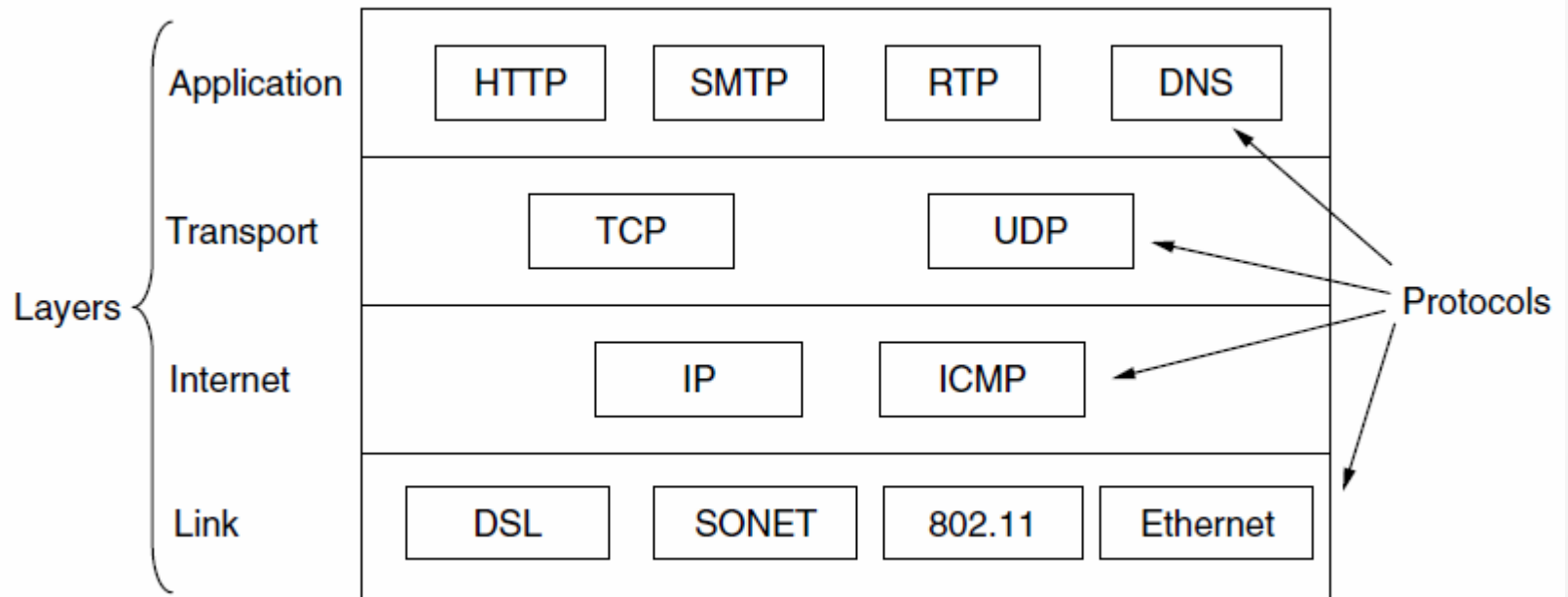
TCP/IP Reference Model

- Link Layer
 - Define las necesidades de Internet Layer.
 - No define propiamente una capa.
- Internet Layer
 - Corresponde a Network Layer de OSI.
 - Define como un host envía paquetes en una red y cómo estos viajan independientemente por la red hasta el destino. Los paquetes no tienen el orden garantizado.
 - Connectionless
 - Unreliable
 - IP (Internet Protocol) e ICMP (Internet Control Message Protocol)
 - Define formato de paquetes, addressing y routing.

TCP/IP Reference Model

- Transport Layer
 - Define 2 protocolos end-to-end.
 - TCP (Transmission Control Protocol)
 - Reliable, connection-oriented stream.
 - UDP (User Datagram Protocol)
 - Unreliable, connectionless datagrams.
- Application Layer
 - Los protocolos de aplicación son los encargados de proveer las funciones de las capas de Session y Presentation del OSI Model.
 - Los protocolos primitivos de aplicación:
 - TELNET, login remoto en terminal virtual. SSH
 - FTP, file transfer. SFTP
 - SMTP, email (Simple Mail Transport Protocol)

TCP/IP Protocols



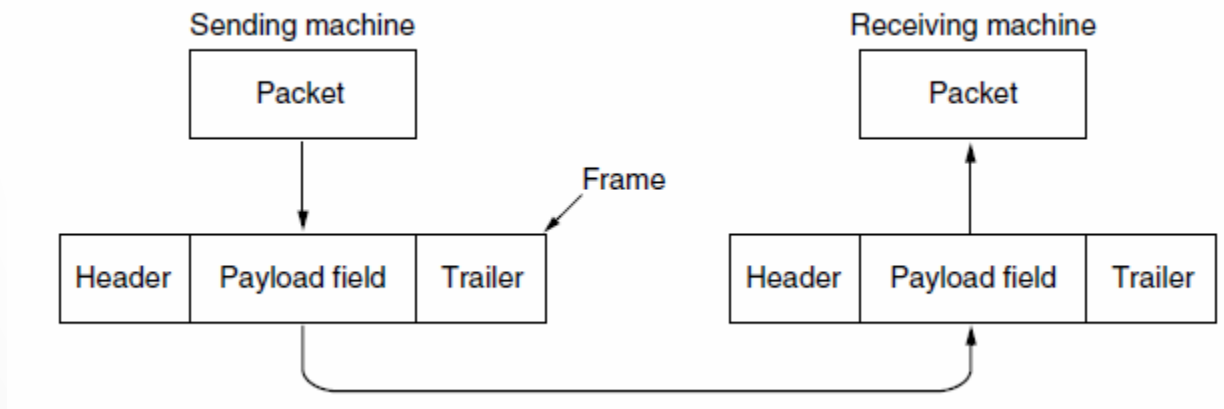
Capa 2 – Data Link Layer

Comunicación eficiente de unidades de información llamadas frames o tramas entre máquinas adyacentes (comparten el mismo medio físico).

- Definir y proveer una interface de servicios a la capa (3) de red.
- Manejar errores de transmisión.
- Regular el flujo de datos (Flow Control).

Frames

Toma los paquetes provenientes de la capa de red y los encapsula en frames, agregando un header y un trailer.



Servicios a la capa de red

Posibles servicios:

- Unacknowledged connectionless service.
- Acknowledged connectionless service.
- Acknowledged connection-oriented service.

Los servicios realmente provistos dependen de cada protocolo.

Unacknowledged connectionless service

- Se envían frames individualmente sin necesidad de acknowledge de la máquina que los recibe.
- No se establece conexión lógica en el comienzo, ni se libera al final.
- Si un frame se pierde debido a ruido, no se intenta detectarlo ni recuperarlo.
- Apropiado cuando la tasa de errores es muy baja, el manejo de errores se deja a las capas superiores.
- Adecuado para tráfico real-time.
- Ethernet, IEEE 802.3

Acknowledged connectionless service

- No se establece conexión lógica en el comienzo, ni se libera al final.
- Cada frame es acknowledged individualmente.
- Si no se recibe el acknowledge, el frame se puede reenviar al cabo de un tiempo.
- Apropiado cuando la tasa de errores no es baja.
- WiFi, IEEE 802.11
- Es una optimización, las capas superiores pueden hacer el reenvío en caso de error, pero no conocen los parámetros del canal físico. Ej: paquetes más grandes que frames.

Acknowledged connection-oriented service

- Primero se establece una conexión lógica, luego se utiliza el canal establecido y finalmente se libera.
- Cada frame es numerado y se garantiza que todos sean recibidos en orden y sin duplicados.
- Apropiado para links largos y unreliable, como conexiones satelitales o circuitos telefónicos de larga distancia.
- En la conexión se inicializan variables, contadores y buffers necesarios para hacer el tracking de los frames recibidos y perdidos. En la desconexión se liberan todos estos recursos.

Framing

Se utilizan los servicios provistos por la capa física para enviar un stream de bits a su destino. Lo que recibe la data link layer no está garantizado de estar libre de errores. Puede haber bits cambiados, más, igual o menos bits que los enviados.

Lo habitual es dividir el stream de bits en frames y calcular un checksum de cada uno. Cuando el frame llega a destino, se recomputa para detectar errores.

Dividir el bit stream en frames no es tan fácil como parece. Hay que reconocer el comienzo de un frame sin desperdiciar el ancho de banda. Métodos utilizados:

- Byte count
- Flag bytes con byte stuffing (escapeo de bytes)
- Flag bits con bit stuffing
- Violaciones al codificado de la capa física

Control de Errores

Se envía información redundante en el frame.

- Detección de errores
 - Información para detectar que ocurrió un error, no cual error.
 - Se utiliza en canales con baja tasa de errores, como fibras ópticas. El frame se transmitirá cuando se detecte el error.
- Corrección de errores
 - Información que permite deducir cuales fueron los datos transmitidos, corrigiendo el error recibido.
 - Utilizado en canales ruidosos, las retransmisiones también pueden tener error y es preferible corregirlos para no desperdiciar ancho de banda.

Modelos de errores de un solo bit aislado o de un burst de errores típicamente por interferencias.

Detección de Errores

Para canales con muy baja tasa de errores.

- Parity
 - Serial
- Checksums
 - IP: 16 bits checksums en complemento a 1
- Cyclic Redundancy Checks (CRCs)
 - IEEE 802 LANs (Ethernet, WiFi) y Point-to-Point links (SONET).

Corrección de Errores

- Hamming codes
- Binary convolutional codes
 - 802.11, GSM, satélite
- Reed-Solomon codes
 - DSL, cable-modem, satélite, CDs, DVDs, Blu-rays
- Low-Density Parity Check codes
 - 10 Gbps Ethernet, 802.11x, power line

Medium Access Control Sublayer

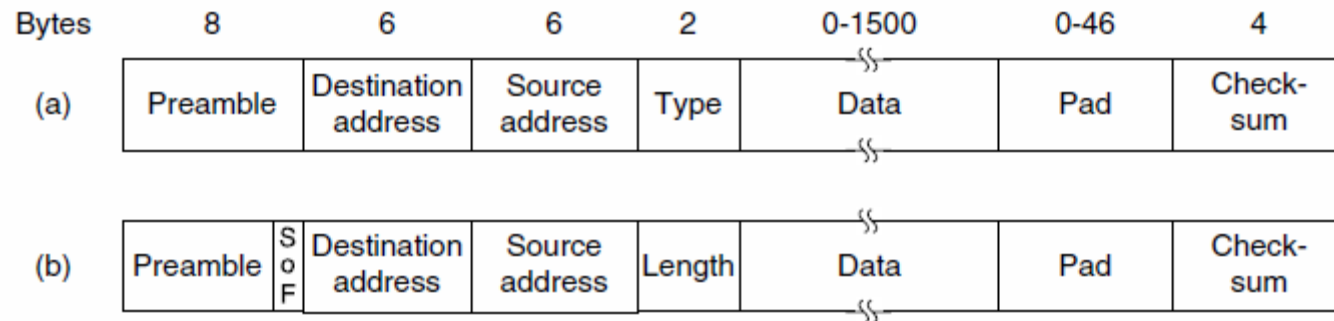
En una red de broadcast, es necesario determinar quien utiliza el canal de comunicación cuando hay competencia. Los canales de broadcast también se conocen como multiaccess channels o random access channels.

Los protocolos utilizados para determinar quien toma el control del canal son una subcapa de la Data Link Layer llamada Medium Access Control (MAC).

La subcapa de MAC es especialmente importante en las LANs, en especial las wireless. En general las WANs utilizan conexiones punto a punto (salvo satelitales).

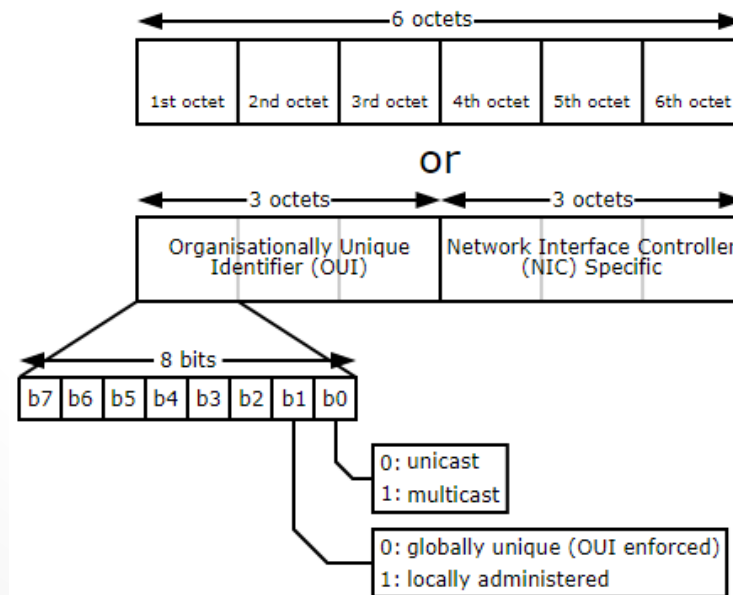
Ethernet – 802.3

- 1978, 10 Mbps DIX standard (DEC, Intel, Xerox)
- 1983, IEEE 802.3
- Classic Ethernet
 - Thick Ethernet
 - Thin Ethernet
 - Manchester encoding, 20 MHz
 - 1-persistent CSMA/CD con Exponential Backoff

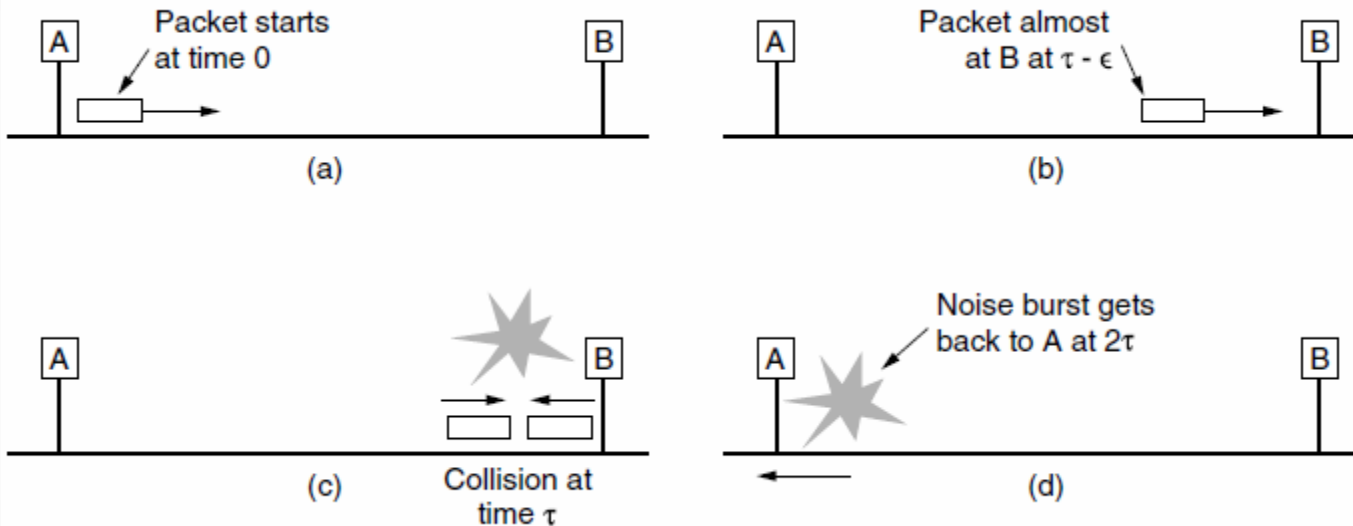


Ethernet – MAC address

Layer	Preamble	Start of frame delimiter	MAC destination	MAC source	802.1Q tag (optional)	Ethertype (Ethernet II) or length (IEEE 802.3)	Payload	Frame check sequence (32-bit CRC)	Interpacket gap
	7 octets	1 octet	6 octets	6 octets	(4 octets)	2 octets	46-1500 octets	4 octets	12 octets
Layer 2 Ethernet frame	← 64–1522 octets →								
Layer 1 Ethernet packet & IPG	← 72–1530 octets →								← 12 octets →

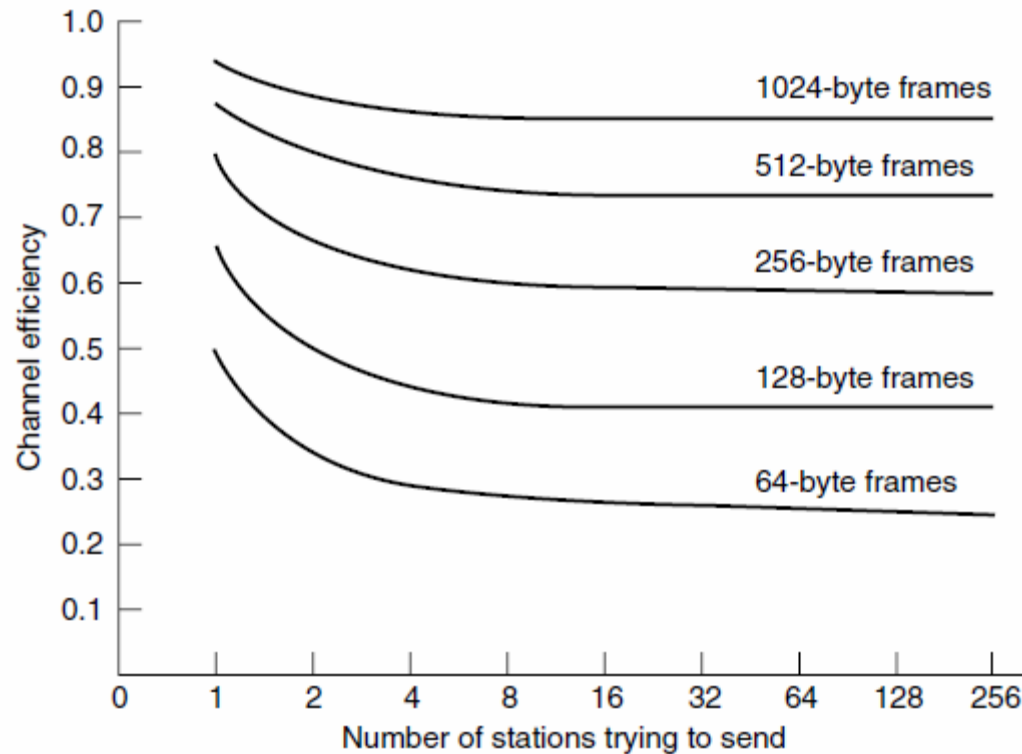


Classic Ethernet



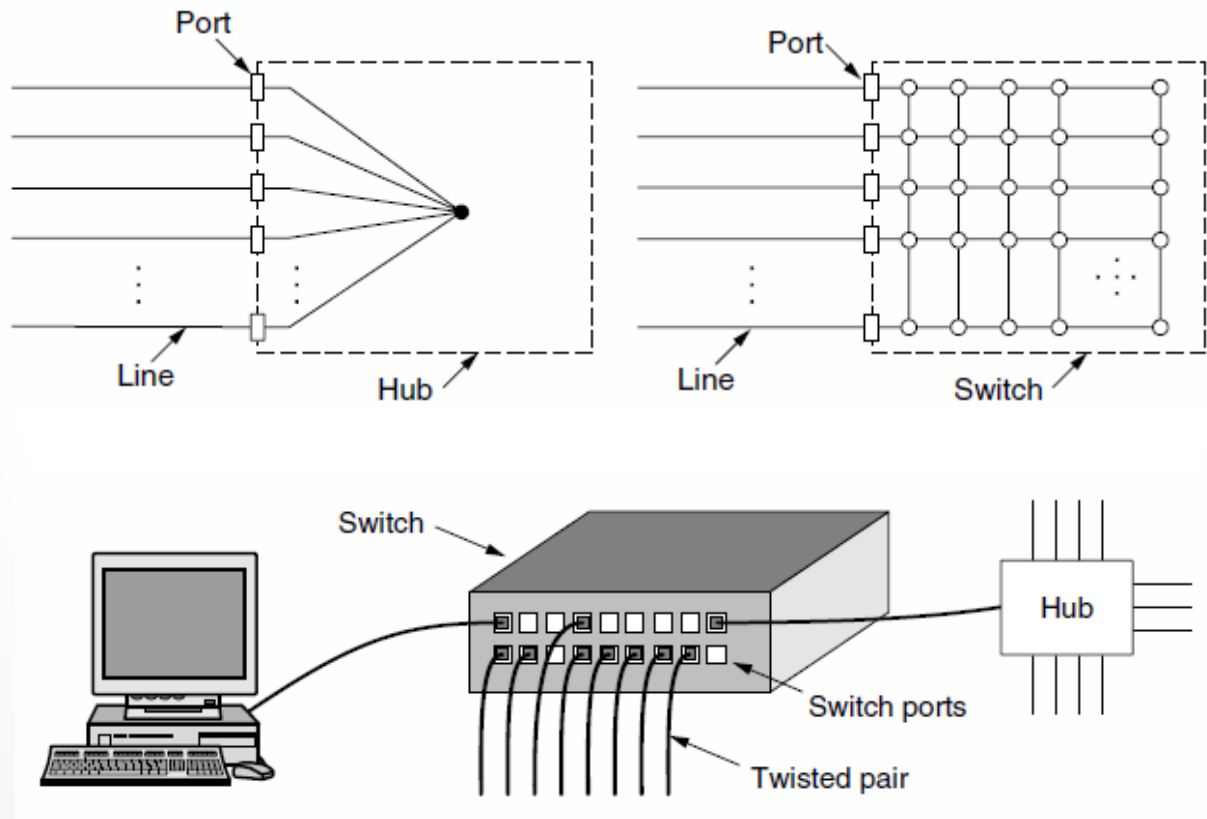
- 2500 metros + 4 repetidores $\rightarrow 50 \mu s$
- a 10 Mbps, 100 ns/bit $\rightarrow 500$ bits $\rightarrow 64$ bytes

Classic Ethernet



Switched Ethernet

- Cableado UTP, conectores RJ45

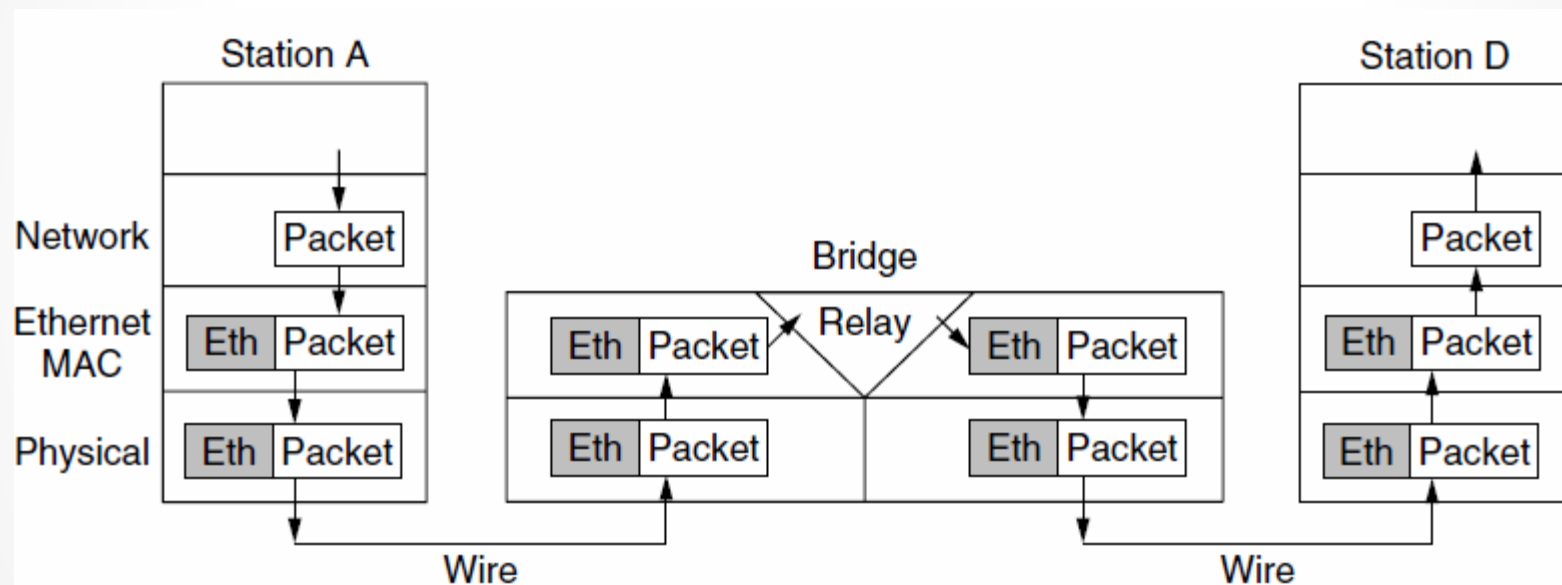


Switching

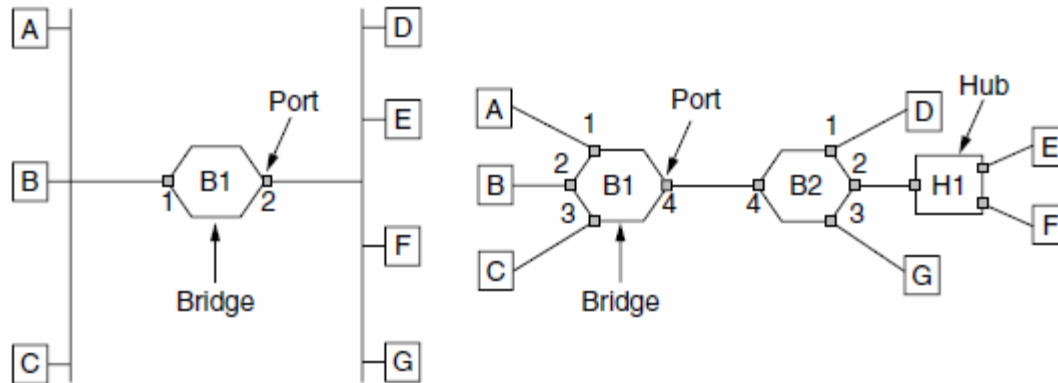
- Bridge: une LANs para hacer una más grande
- Switch de Ethernet son bridges
- Bridge \equiv Switch
- Examinan Data Link Layer addresses de los frames
- Nunca ven los headers de los paquetes de payload
- Routers ven headers de paquetes de capa 3
- No envían frames por ports donde no es necesario
- Deberían ser absolutamente transparentes
 - Backward learning algorithm
 - Spanning tree algorithm

Switching

- Procesamiento de frames en un switch

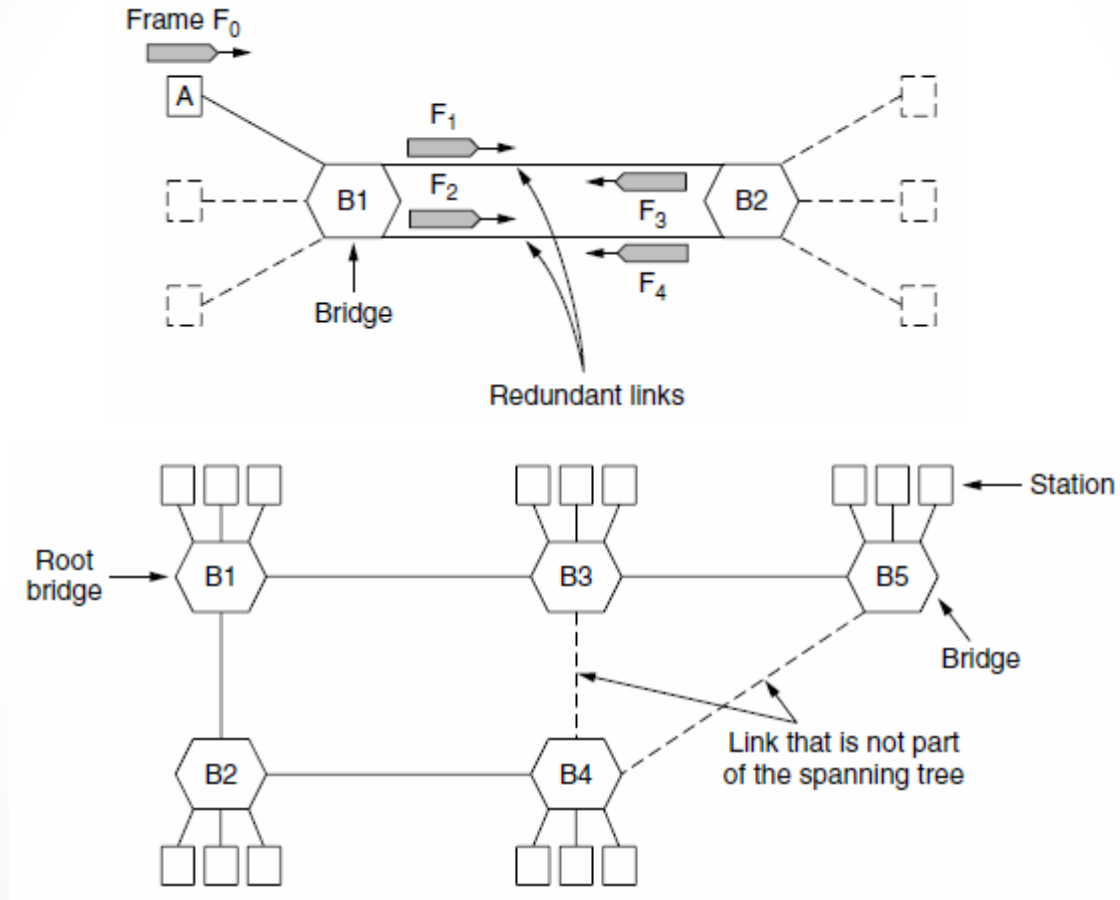


Learning Bridges



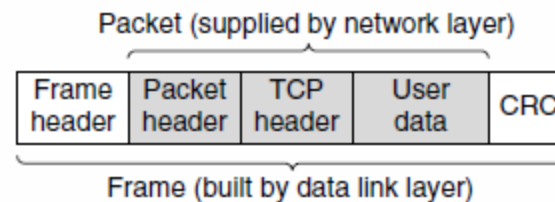
- Hash table con las direcciones MAC y los puertos de salida
- Timestamp de último frame visto
- Purga de entradas viejas
- Flooding cuando la dirección no está en la tabla

Spanning Tree Bridges

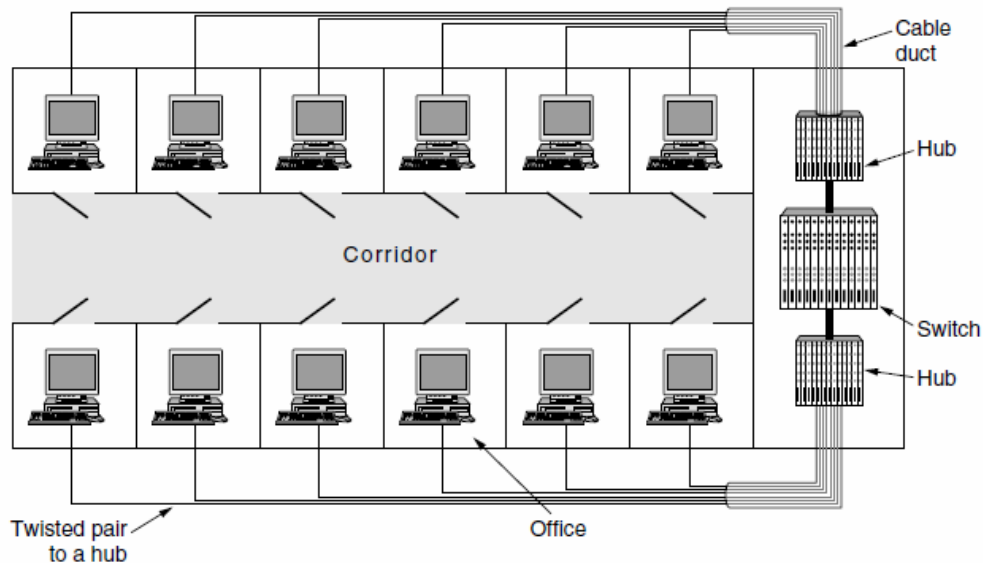


Repeaters, Hubs, Bridges, Switches, Routers y Gateways

Application layer	Application gateway
Transport layer	Transport gateway
Network layer	Router
Data link layer	Bridge, switch
Physical layer	Repeater, hub



Virtual LANs

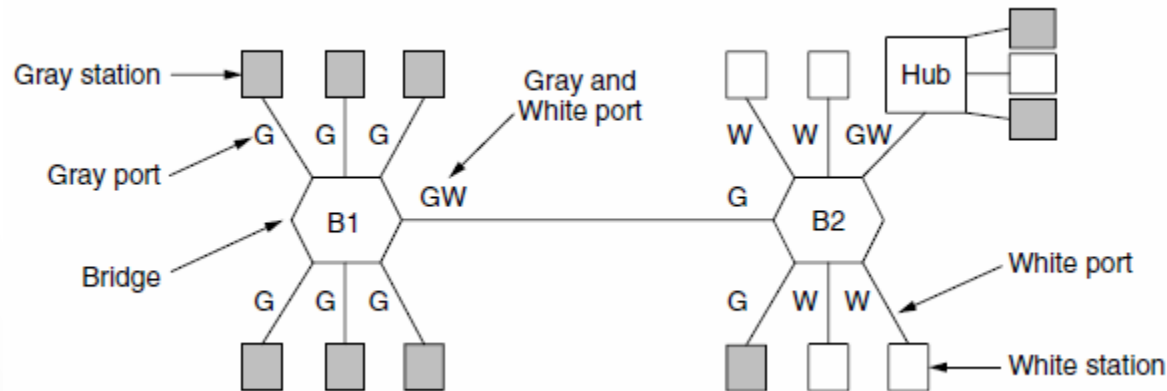


Problemas:

- Dominios de broadcast
- Seguridad
- QoS

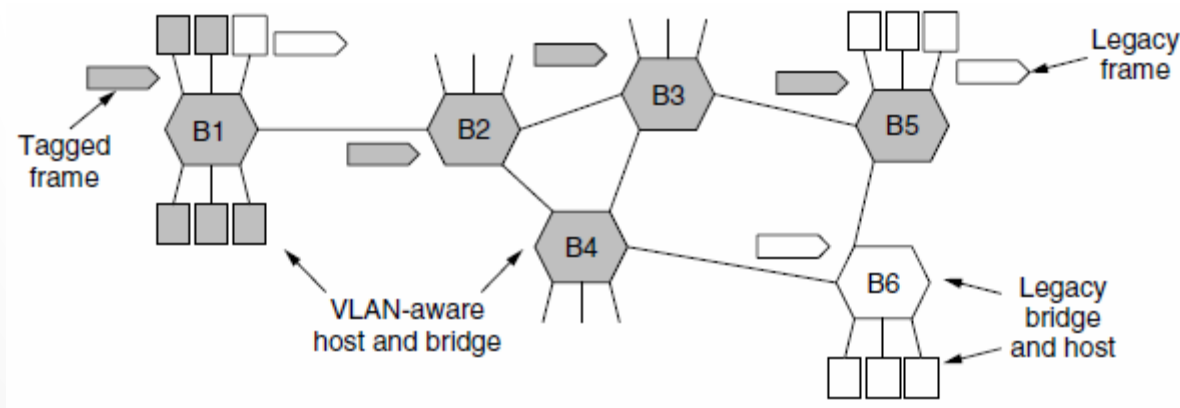
Virtual LANs

- “Colorear” los puertos de los switches
- Tablas de configuración en los switches

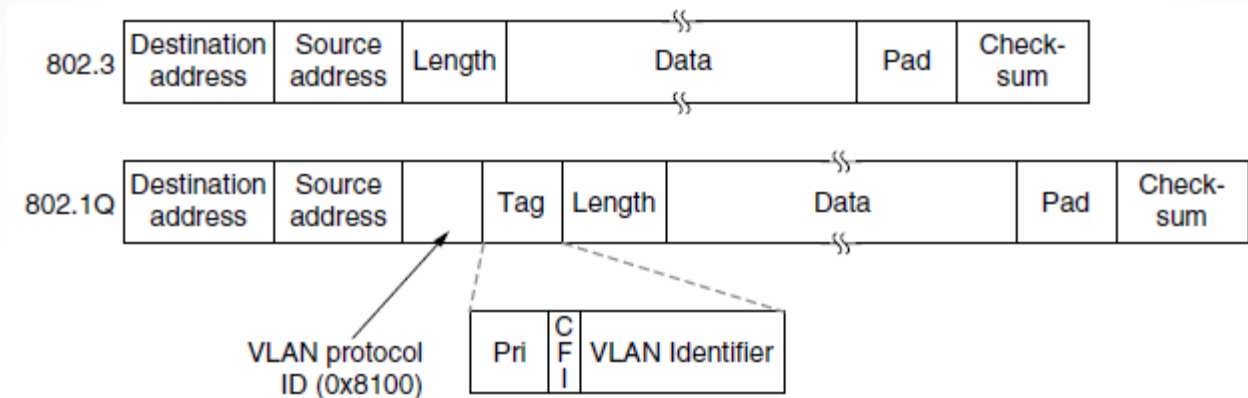


IEEE 802.1Q VLANs

- Agrega un tag con color a los frames
- Cambia el header de Ethernet!
- Los hosts no necesitan cambios, sólo los switches
- Los frames son coloreados según el port que ingresan



IEEE 802.1Q Frame Format



- 12 bits VLAN Id
- 3 bits Priority
- 1 bit Canonical Format Indicator, (DEI Drop Eligible)

IEEE 802.1ak, IEEE 802.1Qat y IEEE 802.1Qay. Última revisión IEEE 802.1BR-2012

VLANs Management

- Asignación de tags a los puertos
 - Dinámica
 - Estática
 - Protocolos propietarios
- VLAN Registration Protocols
- Multiple Spanning Tree Protocol
- Double Tagging