

Tema 3: Fundamentos de conmutación y encaminamiento

Stallings: 11.1 a 11.5, 13.1 a 13.3

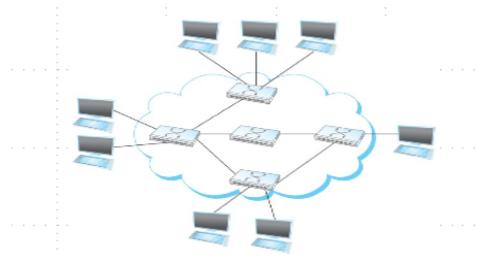
Tanenbaum 5ª ed.: 1.3, 4.3.2, 5.1.1 a 5.1.5, 4.8.1 a 4.8.5, 5.6.1, 5.6.2, 5.2.1 a 5.2.3, 5.2.5.

Índice

- Redes
 - Topologías de red
 - Clasificación de redes
 - Direccionamiento de red
- Protocolos y Servicios en redes de comunicación
 - Protocolos vs Servicios. SAP, IDU, SDU y PDU
 - Jerarquías de protocolos. Encapsulado y segmentación
 - Servicios orientados y no orientados a conexión
 - Primitivas de servicio
- Conmutación en redes de comunicación
 - Conmutación de circuitos y de paquetes
 - Redes de datagramas
 - Circuitos virtuales
 - Conmutación en Ethernet. Tramas y direcciones MAC
 - Arquitectura de puentes y conmutadores.
 - Conmutación en Internet. Paquetes IP. Arquitectura de routers.
- Encaminamiento
 - Grafo de una red. Encaminamiento óptimo
 - Algoritmo del camino más corto
 - Encaminamiento por estado de los enlaces

Redes y su Topología

Es necesario utilizar diferentes medios físicos y equipos para interconectar los usuarios conectados → **Red**

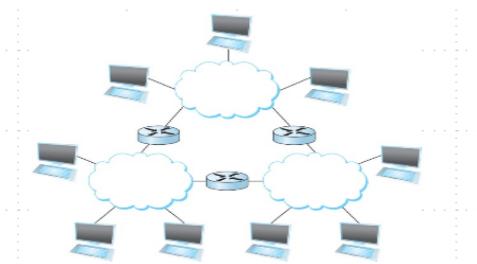


Topología = *Elementos físicos (equipos + medios) y su interconexión*

Internet introduce la **red de redes**

La topología se representa en diferentes niveles de abstracción:

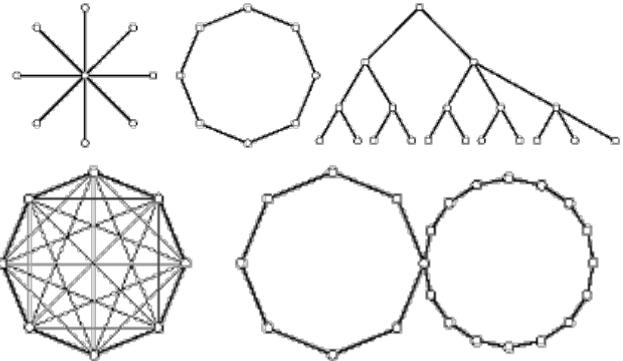
Equipos + Medios + Redes



Topología de la red

Las topologías se identifican con **figuras regulares** =

Estrella, anillo, bus, árbol, Interconexión total



O vienen determinadas por aspectos geográficos y/o de tráfico y son, por tanto, **irregulares**.



Clasificación de las redes

Por el tamaño:

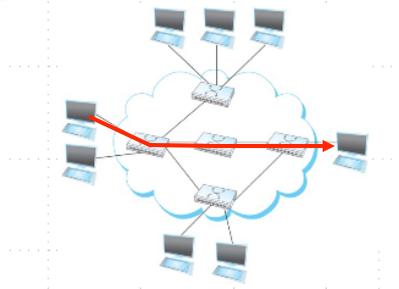
- Redes Locales (LAN)
- Redes Metropolitanas (MAN)
- Redes de Área Extensa (WAN)

Por la tecnología:

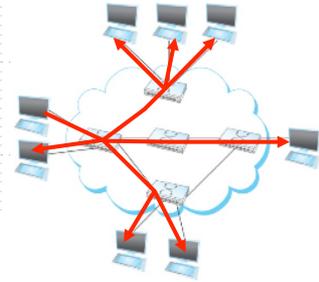
- Redes Inalámbricas:
- Enlace radio compartido. Ej. WiFi, 3G.
- Redes Cable.
-

Direccionamiento de red

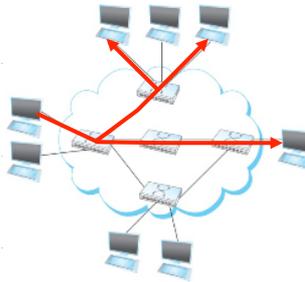
Unicast = Un único destino.



Broadcast = Todos son destino.



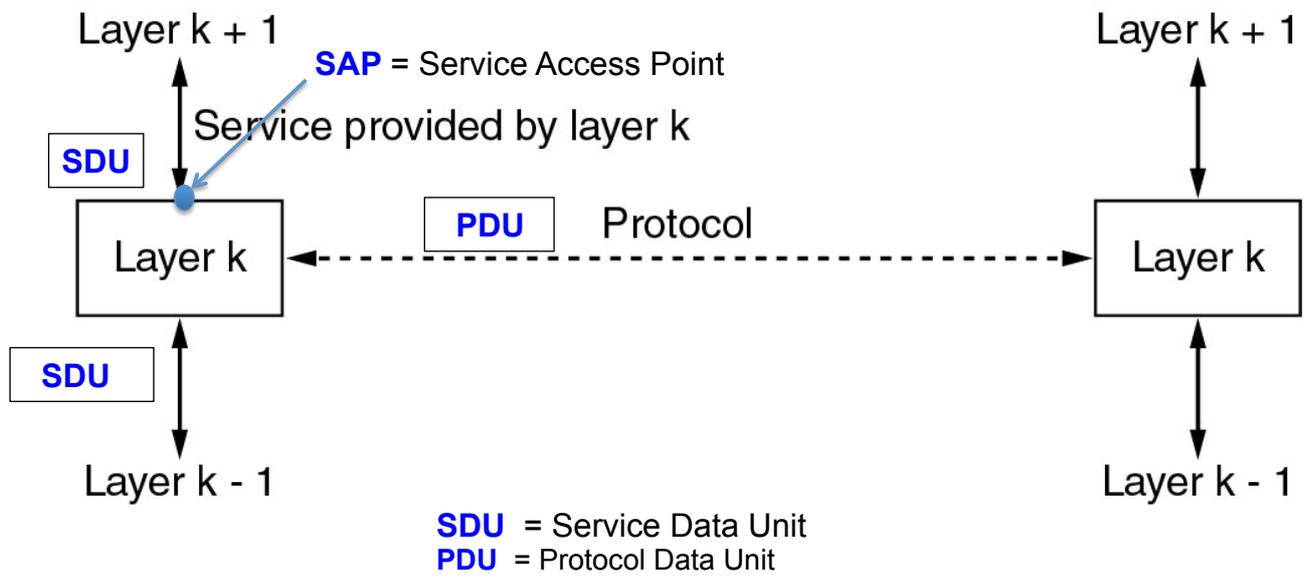
Multicast = Múltiples destinos.



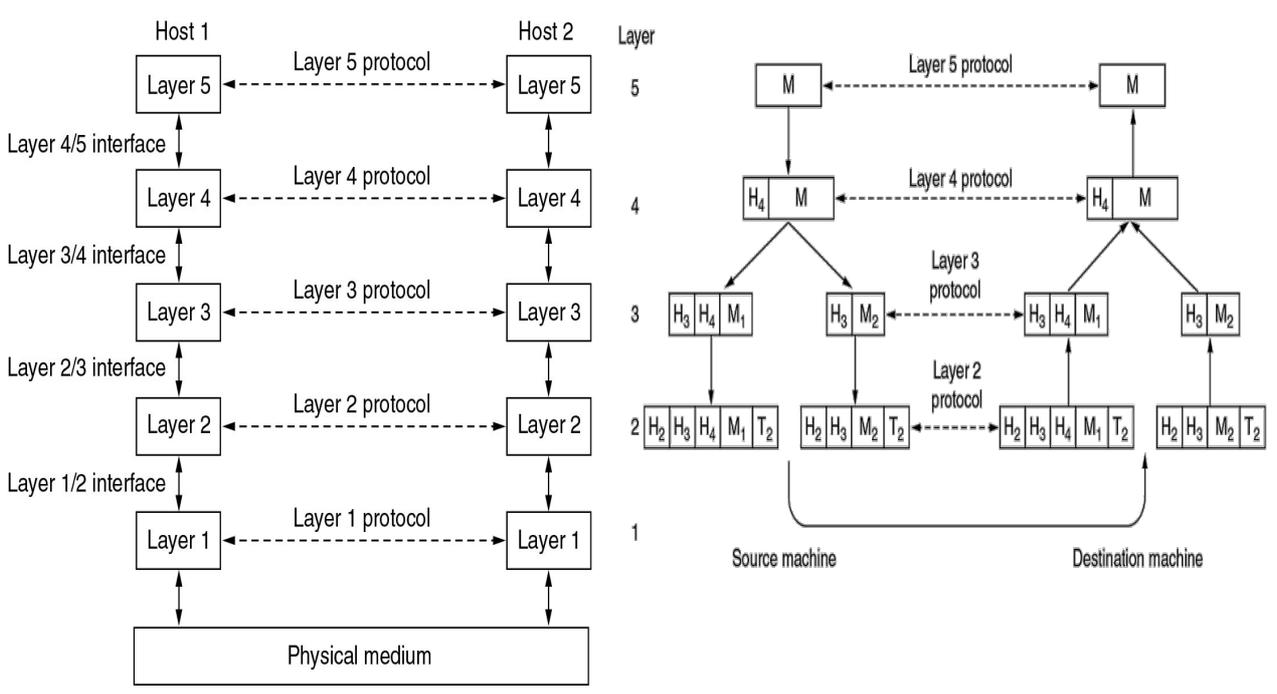
Índice

- Redes
 - Topologías de red
 - Clasificación de redes
 - Direccionamiento de red
- Protocolos y Servicios en redes de comunicación
 - Protocolos vs Servicios. SAP, IDU, SDU y PDU
 - Jerarquías de protocolos. Encapsulado y segmentación
 - Servicios orientados y no orientados a conexión
 - Primitivas de servicio
- Conmutación en redes de comunicación
 - Conmutación de circuitos y de paquetes
 - Redes de datagramas
 - Circuitos virtuales
 - Conmutación en Ethernet. Tramas y direcciones MAC
 - Arquitectura de puentes y conmutadores.
 - Conmutación en Internet. Paquetes IP. Arquitectura de routers.
- Encaminamiento
 - Grafo de una red. Encaminamiento óptimo
 - Algoritmo del camino más corto
 - Encaminamiento por estado de los enlaces

Protocolos vs Servicios. SAP, IDU, SDU y PDU



Jerarquías de protocolos. Encapsulado y segmentación



Primitivas de servicio

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

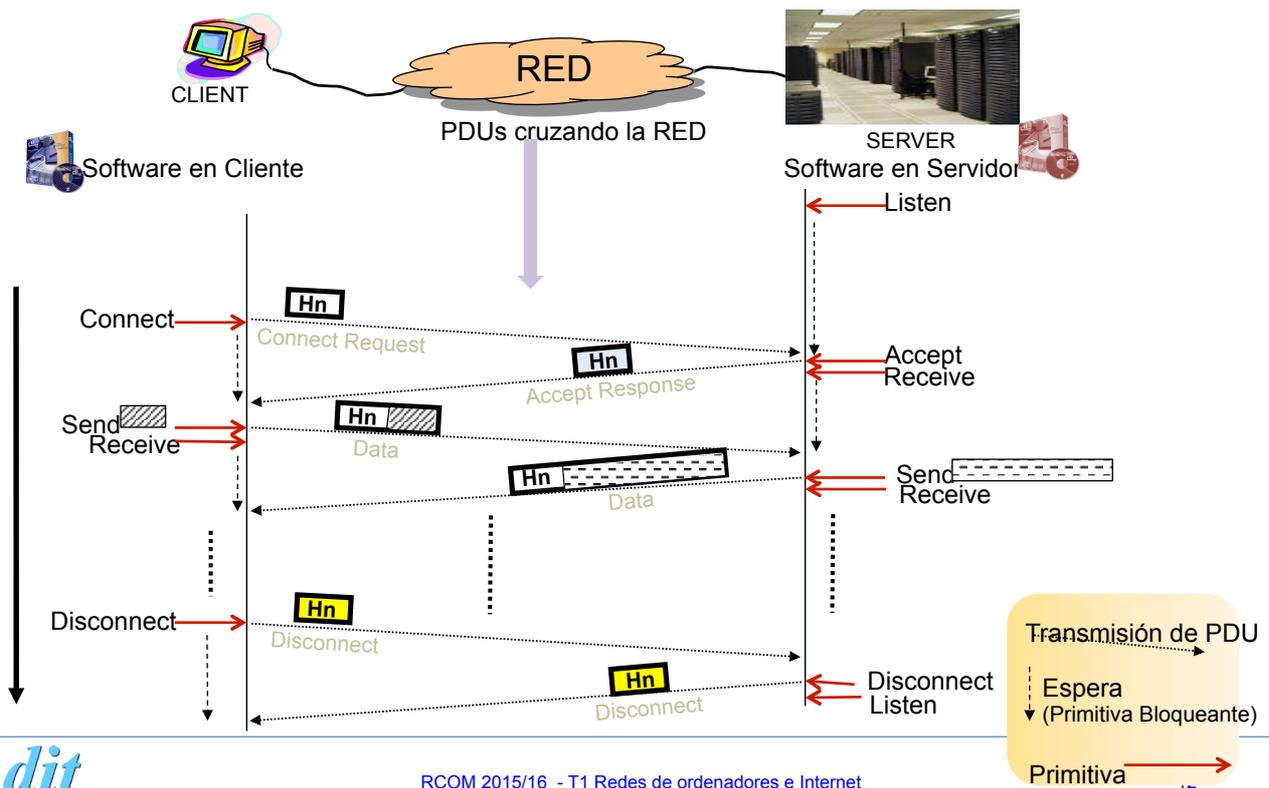
Servicio NOC (CL):

- Transporte (Send y Receive)

Servicio OC (CO):

- Establecimiento/Liberación (Connect + Accept + Disconnect)
- Transporte (Send y Receive)

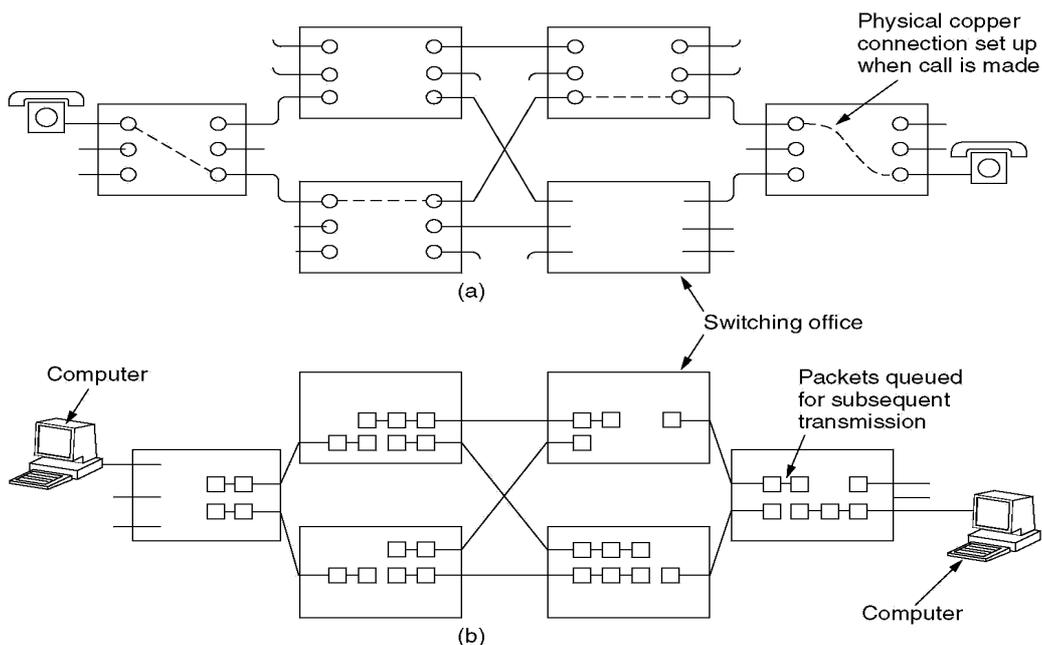
Ejemplo Cliente-Servidor: Primitivas de servicio y PDUs



Índice

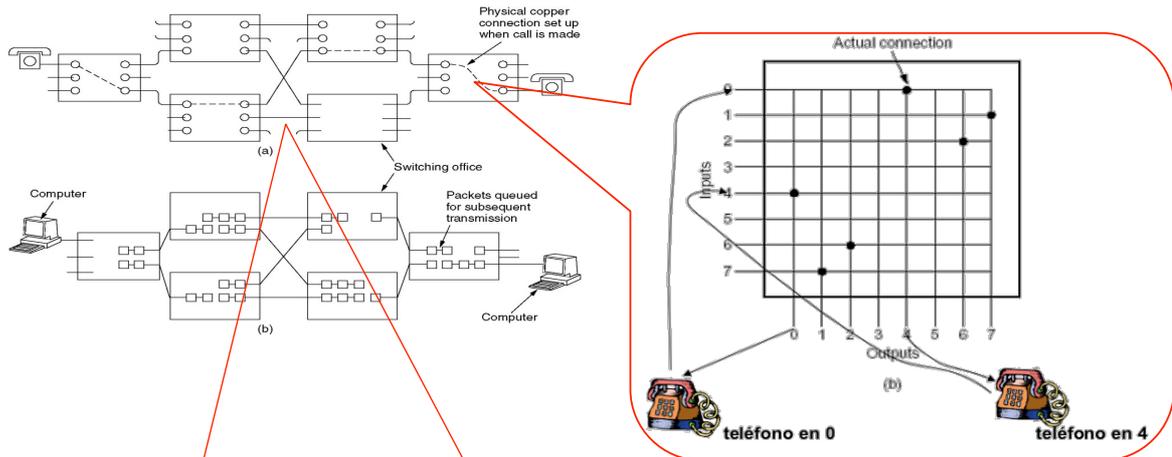
- Redes
 - Topologías de red
 - Clasificación de redes
 - Direccionamiento de red
- Protocolos y Servicios en redes de comunicación
 - Protocolos vs Servicios. SAP, IDU, SDU y PDU
 - Jerarquías de protocolos. Encapsulado y segmentación
 - Servicios orientados y no orientados a conexión
 - Primitivas de servicio
- Conmutación en redes de comunicación
 - Conmutación de circuitos y de paquetes
 - Redes de datagramas
 - Circuitos virtuales
 - Conmutación en Ethernet. Tramas y direcciones MAC
 - Arquitectura de puentes y conmutadores.
 - Conmutación en Internet. Paquetes IP. Arquitectura de routers.
- Encaminamiento
 - Grafo de una red. Encaminamiento óptimo
 - Algoritmo del camino más corto
 - Encaminamiento por estado de los enlaces

Conmutación de circuitos vs de paquetes

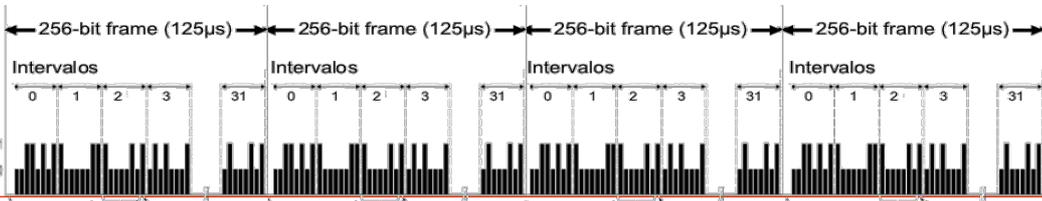


(a) Conmutación de circuitos. (b) Conmutación de paquetes

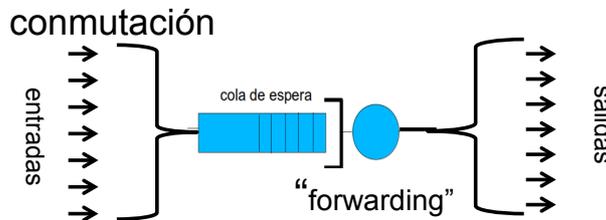
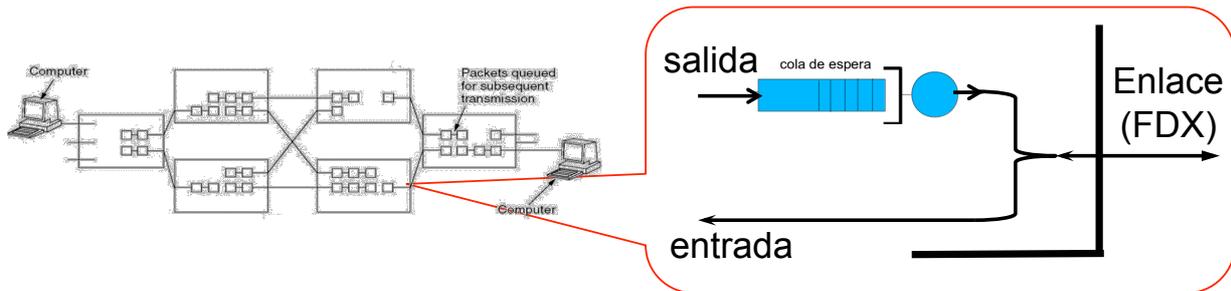
Conmutación de circuitos y multiplexación



Múltiplex E1 (2048 kbps)



Conmutación de paquetes y colas

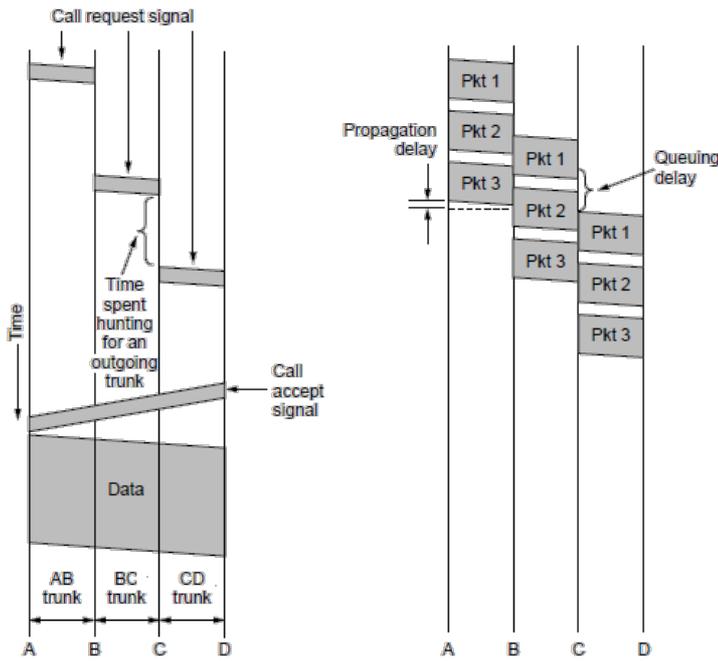


Enlace (FDX)



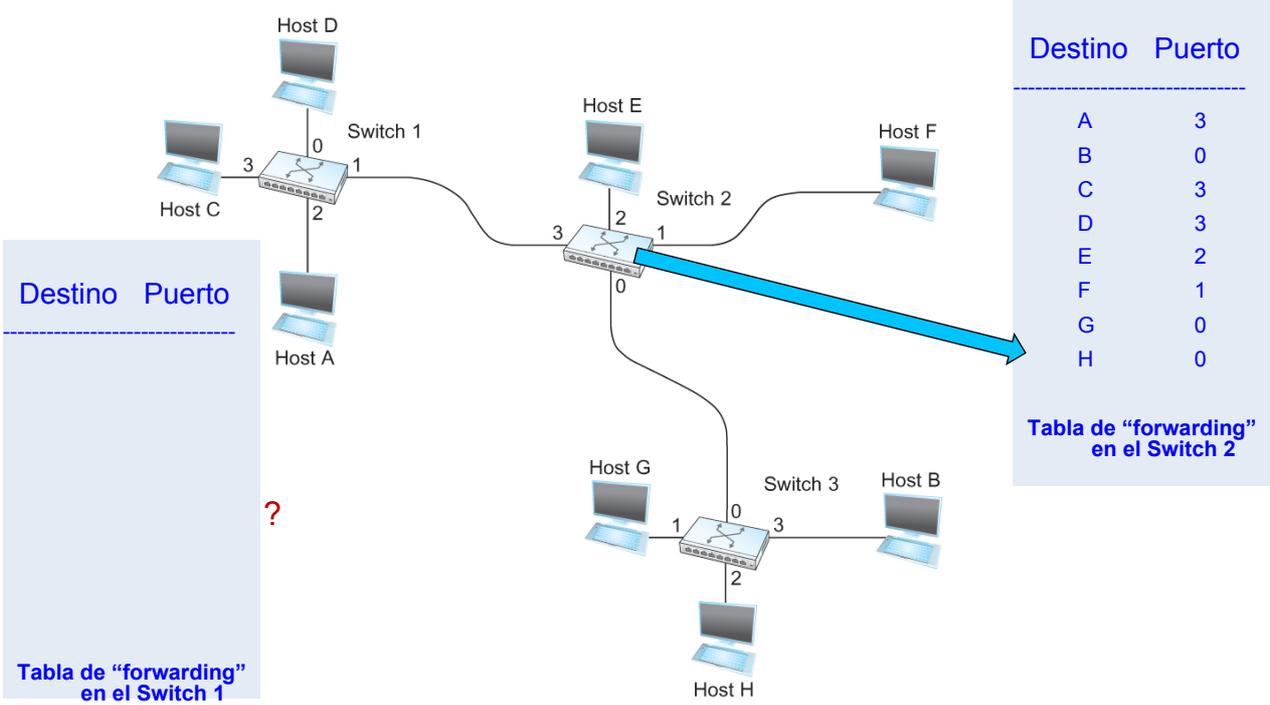
Conmutación de circuitos vs de paquetes

Cronogramas



(a) Conmutación de circuitos. (b) Conmutación de paquetes

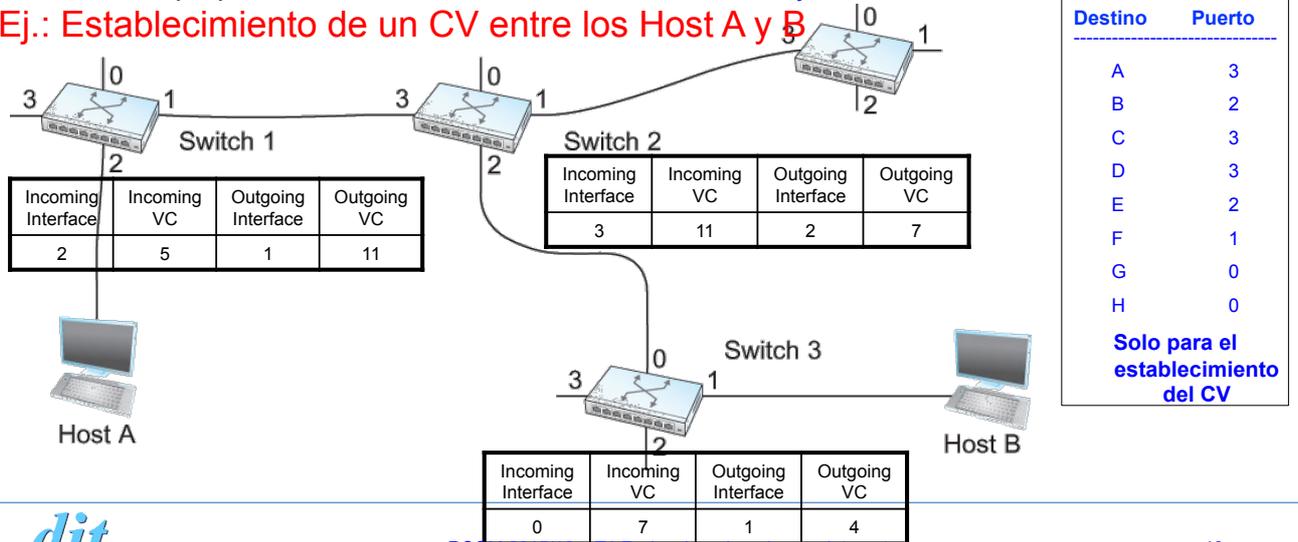
Servicios No Orientados a Conexión. Conmutación de datagramas. Tablas de encaminamiento



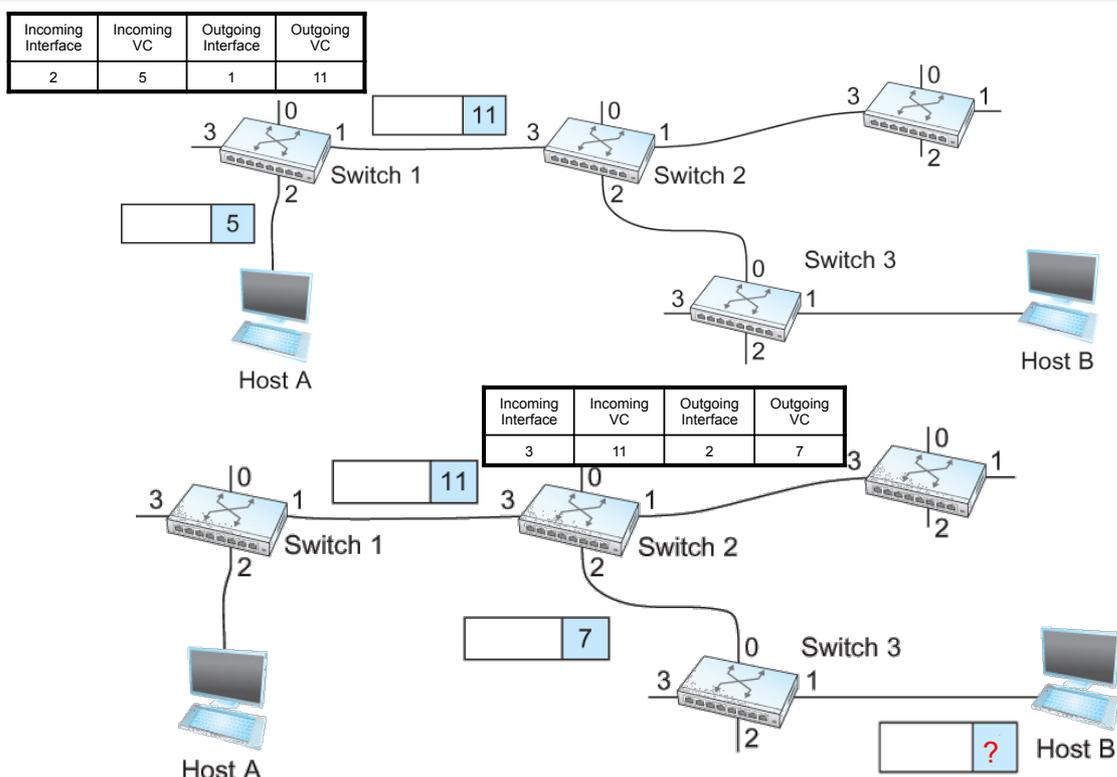
Servicios Orientados a Conexión. Conmutación de Circuitos Virtuales (CV)

1. Se deben **establecer conexiones** (usando un protocolo) entre los Host (Ej. Host A con Host B)
2. Se rellenan las Tablas de circuitos virtuales para cada conexión:
 - Por el mejor camino (usando las tablas de "forwarding"),
 - Asignando números que identifique la conexión (**Nº de CV**)
3. Los paquetes solo llevan en la cabecera el Nº de CV.
4. Los paquetes se reenvían consultando su Nº de CV y las tablas de CV.

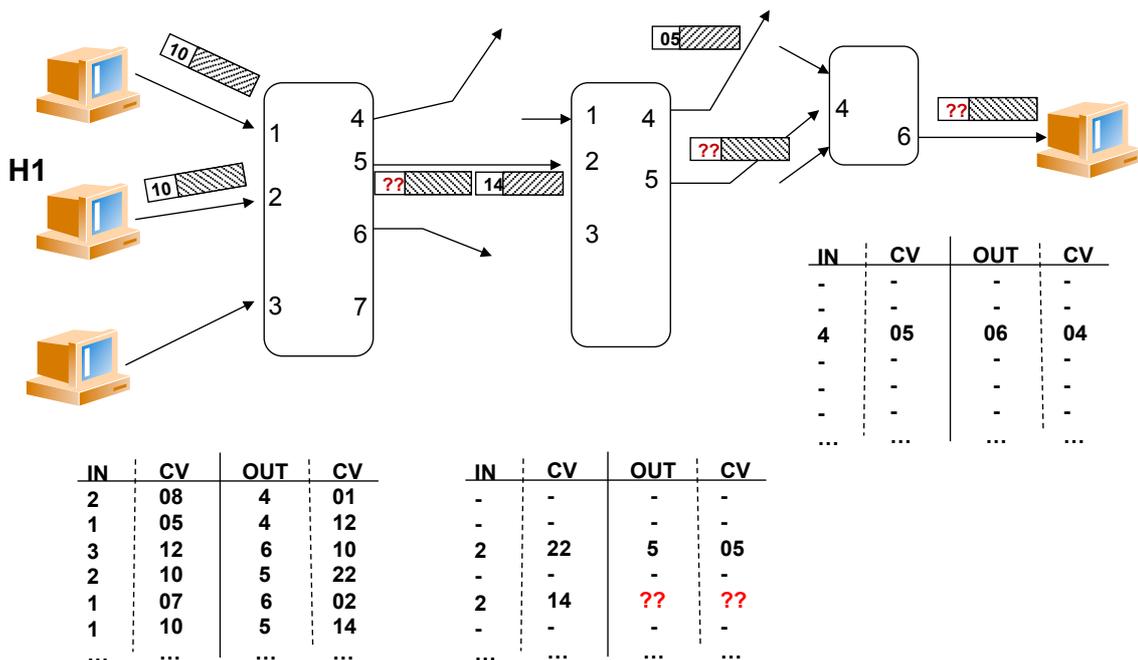
Ej.: Establecimiento de un CV entre los Host A y B



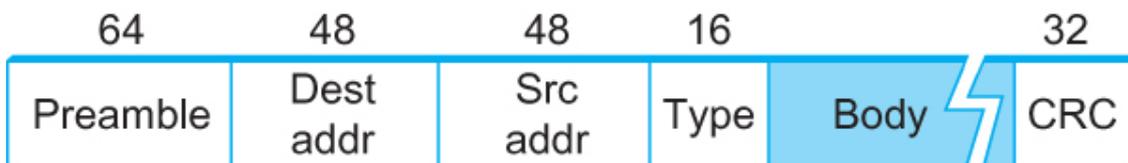
Redes con circuitos virtuales. Reenvío de paquetes



Ejercicio de circuitos virtuales entre Hosts

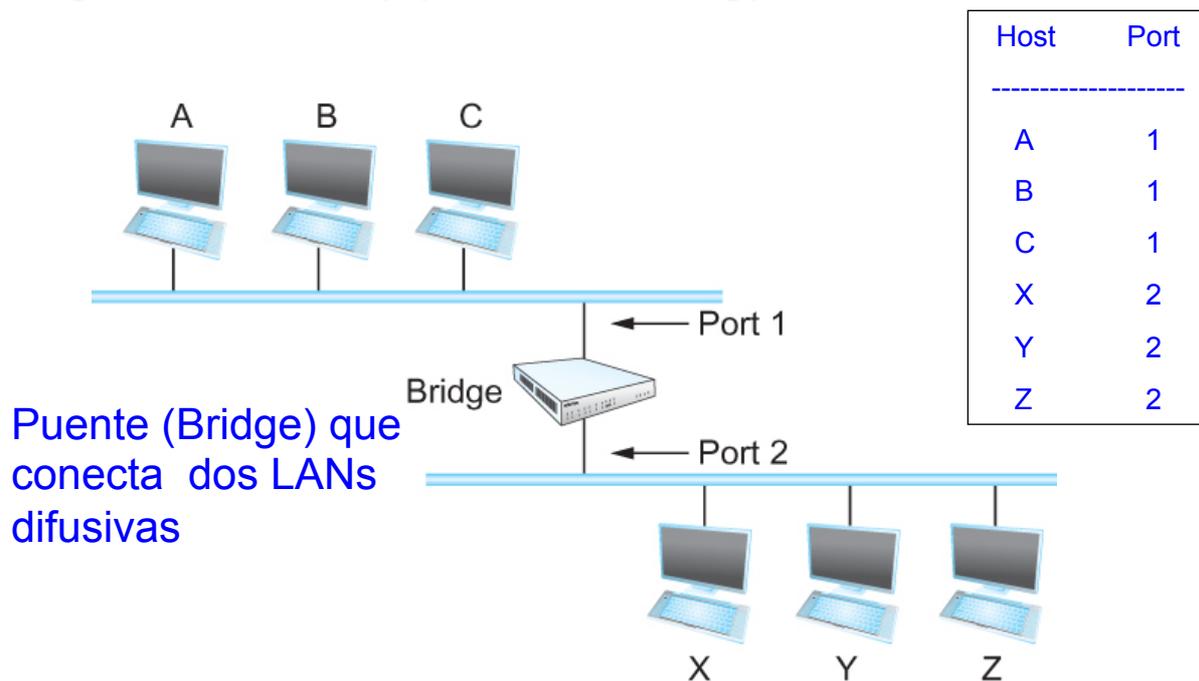


Conmutación en LAN Ethernet. Formato de trama

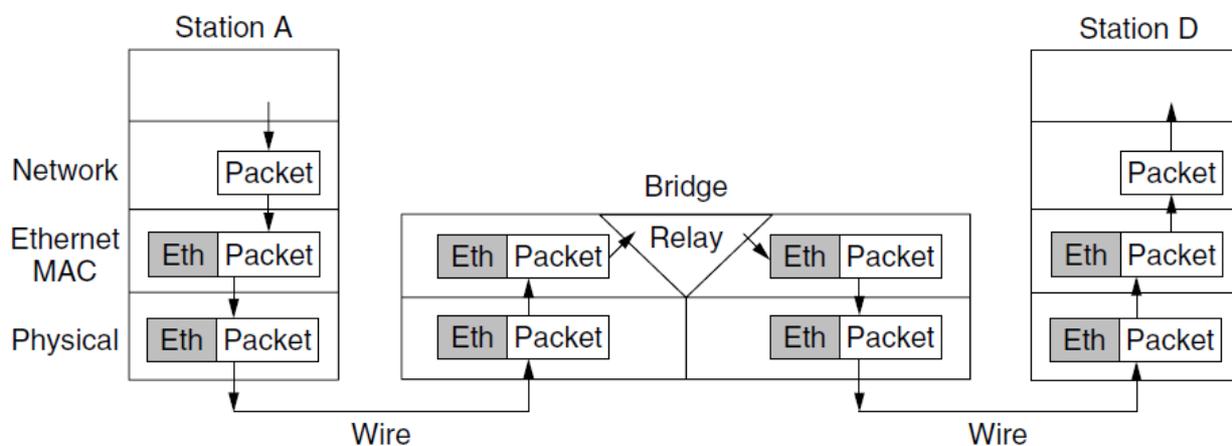


- Preámbulo
- Direcciones globales MAC (MAC Address).
El espacio de direcciones universal
Transmisión “unicast” y “multicast/broadcast”
- “Type” = Longitud/tipo
- “Body” = Carga útil (mínimo 46 bytes)
Longitud máxima de la trama 1.500 B
- “CRC” = Código Redundancia Cíclica, detección de errores

Conmutación en LAN Ethernet. Puentes y conmutadores (Bridges, Switches) (L2 - Switching)

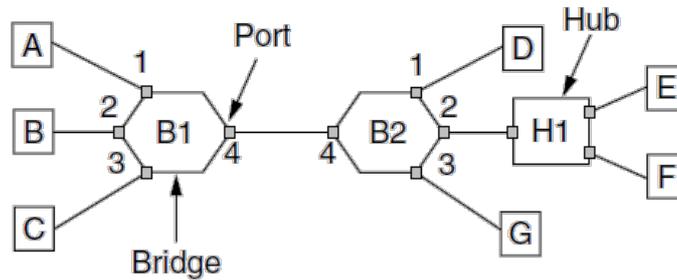


Arquitectura de Puentes transparentes. L2-switching: Protocol Stack.



Arquitectura de protocolos en una red "legacy" Ethernet conmutada

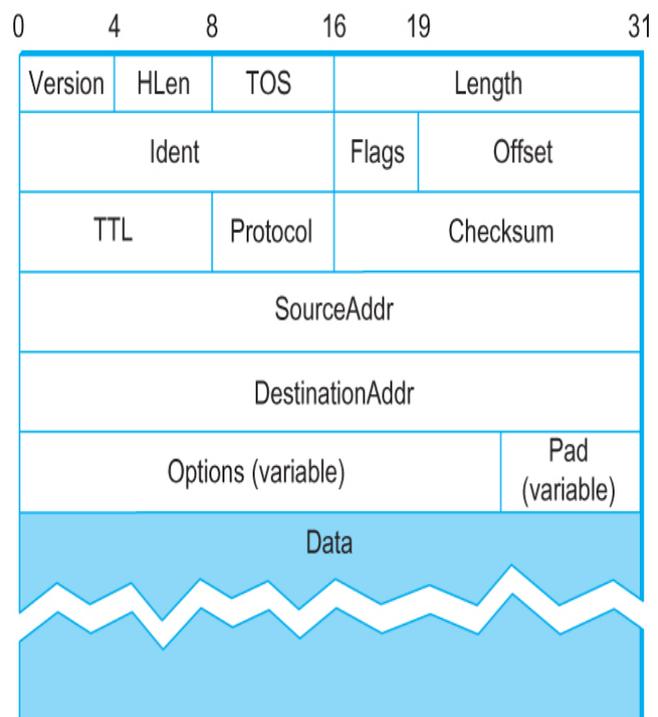
L2-switching: Puentes Transparentes en LANs Aprendizaje, Olvido e Inundación



- En cada Puento se mantiene una tabla de “forwarding”
 - Mac Address Destino ----- Puerto local
- Inicialmente vacía
- Cada paquete recibido:
 - Si Mac Address Destino está en la tabla se envía al puerto indicado
 - En caso contrario se envía a todos los puertos (inundación)
- “Backward learning”: la tabla de “forwarding” se rellena con la Mac Address Origen de las tramas (Ethernet Packet)
- Las entradas en la tabla se vacían por falta de uso

Conmutación en Internet. Formato de PDU protocolo IP

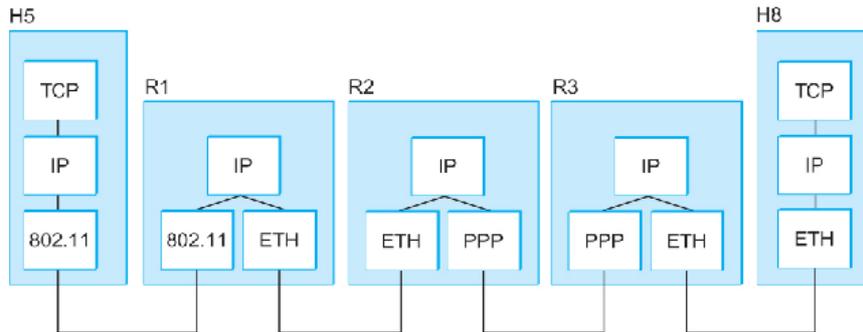
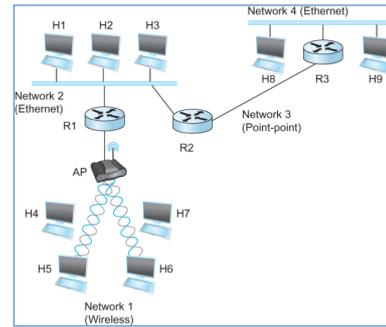
- Versión: 4 (IPv4)
- HLen: Número de palabras de 32-bit en la cabecera
- TOS: Tipo de servicios (QoS)
- Length: N°. de bytes en el datagrama
- Ident: info para fragmentación
- Flags/Offset: infor. de fragmentación
- TTL: Contador de saltos que le quedan
- Protocolo: (TCP=6, UDP=17).
- Checksum: Código de protección contra errores
- SourceAddr & DestinationAddr: Direcciones de fuente y destino



Interconexión de redes. Arquitectura de routers IP.

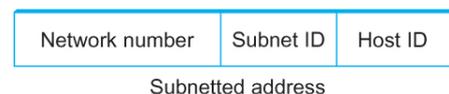
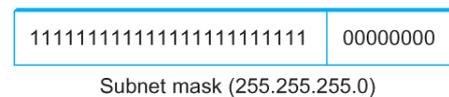
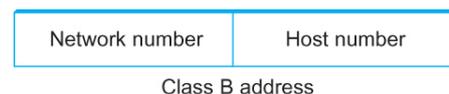
Ejemplo con LANs, enlaces punto a punto y WIFI

- Interconexión de redes heterogéneas – Internet
- Routers IP permiten interconectar redes heterogéneas
- El protocolo IP se ejecuta en sistemas finales y en routers



Direccionamiento IP universal

- Direcciones universales
- Jerarquía: nº subred + nº SF (sistema final)
- Sintaxis “dot” (dígitos decimales)
 - (a) ej. 10.3.2.4
 - (b) ej. 128.96.33.1
 - (c) ej. 192.12.69.77
- Formatos de direcciones IP:
 - (a) Tipo “A” => 126 = $2^7 - 2$ redes de 16.777.216 SF cada una
 - (b) Tipo “B” => 16.384 = $2^{14} - 2$ redes de 65.535 SF cada una
 - (c) Tipo “C” => 2.097.152 = $2^{21} - 2$ redes de 256 SF cada una



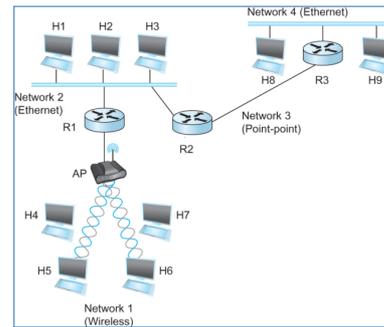
- Classless subnetting
 - Máscara (Mask) = número de bits de identificación de red
 - => 2^{mask} redes de $2^{32-\text{mask}}$ SFs cada una

- Identificación de red = Network number + Subnet ID

Conmutación en routers IP. Tabla de “forwarding” de datagramas IP

Tabla de “forwarding” de R2

NetworkNum	NextHop
1	R1
2	Interface 1
3	Interface 0
4	R3



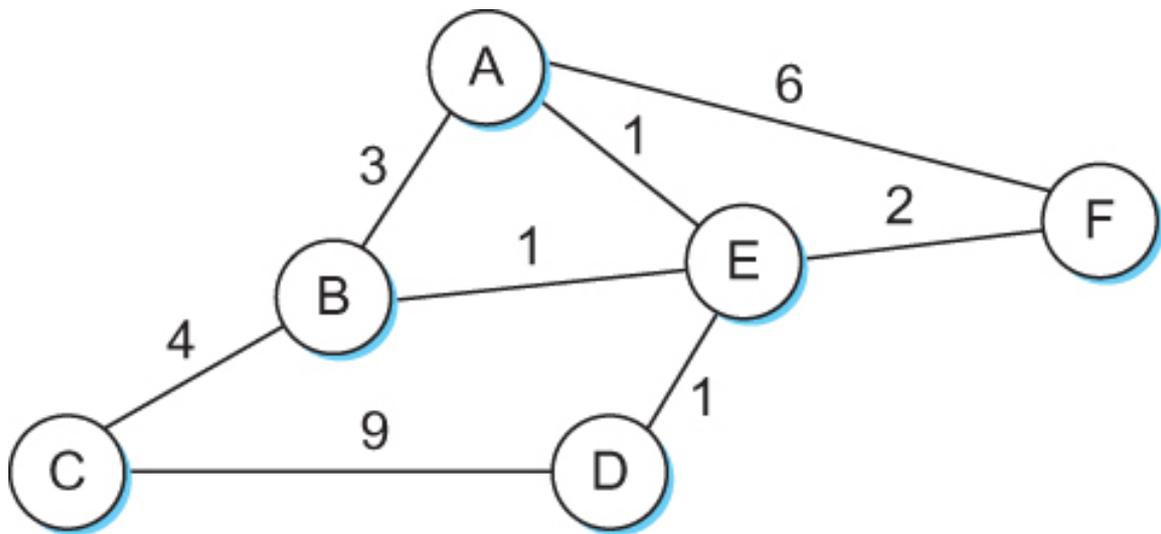
Procedimiento

- Cada datagrama tiene la dirección IP única del SF destino
- En la tabla de “forwarding” de cada Router
 - Si la subred del SF destino coincide con una de las subredes a las que está conectado el router => el datagrama se entrega por el correspondiente
 - En caso contrario => se identifica el router correspondiente al “Next Hop”
- El algoritmo de cálculo de rutas de “Encaminamiento” rellena las tablas de “forwarding”
- Cada SF tiene un “Default router”

Índice

- Redes
 - Topologías de red
 - Clasificación de redes
 - Direccionamiento de red
- Protocolos y Servicios en redes de comunicación
 - Protocolos vs Servicios. SAP, IDU, SDU y PDU
 - Jerarquías de protocolos. Encapsulado y segmentación
 - Servicios orientados y no orientados a conexión
 - Primitivas de servicio
- Conmutación en redes de comunicación
 - Conmutación de circuitos y de paquetes
 - Redes de datagramas
 - Circuitos virtuales
 - Conmutación en Ethernet. Tramas y direcciones MAC
 - Arquitectura de puentes y conmutadores.
 - Conmutación en Internet. Paquetes IP. Arquitectura de routers.
 - Direccionamiento IP.
- Encaminamiento
 - Grafo de una red. Encaminamiento óptimo
 - Algoritmo del camino más corto
 - Encaminamiento por estado de los enlace

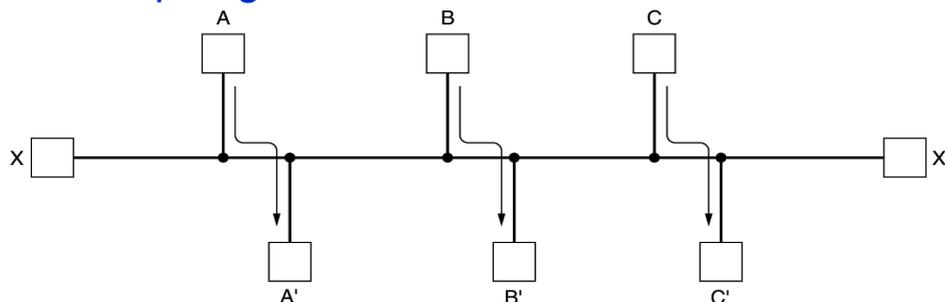
Grafos de red



Nodos, enlaces y coste

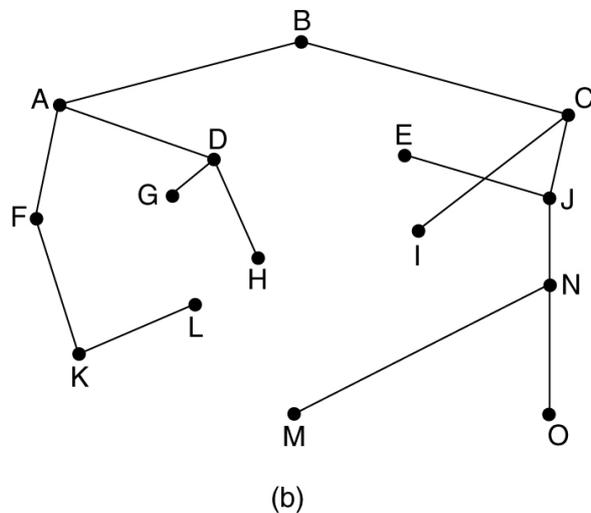
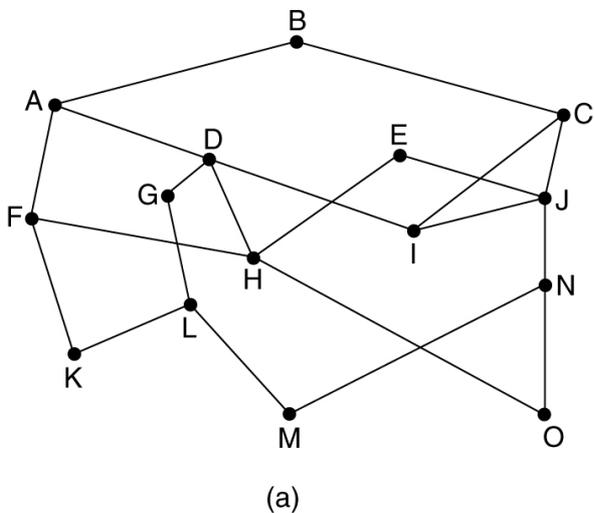
Encaminamiento: objetivos y propiedades

- Dados i, j obtener una ruta (nodo, enlace, nodo, enlace,....) de coste (global) mínimo
- Algoritmo de “routing” vs “Forwarding”
- Encaminamiento de paquete vs de sesión
- Propiedades del encaminamiento: Correcto, simple, robusto, estable, justo y óptimo, adaptable (o no) a cambios topológicos/tráfico



Conflicto: encaminamiento justo y óptimo (¿retardo, caudal?) -> “métrica”

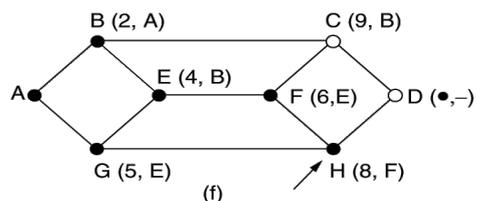
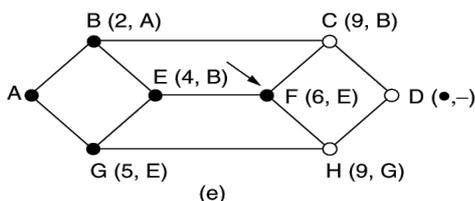
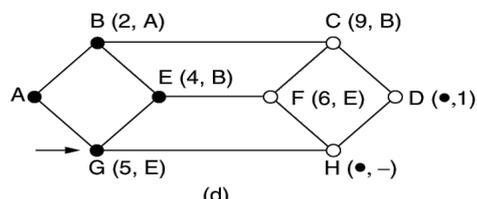
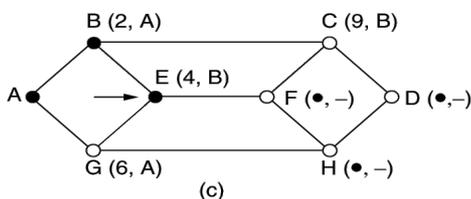
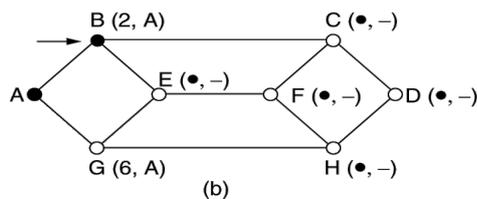
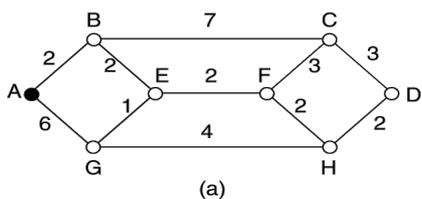
Principio del camino óptimo



(a) Una subred

(b) El árbol de rutas para el "router" B

Algoritmo del camino más corto (Dijkstra)



Los primeros 5 pasos en el cálculo del camino más corto de A a D

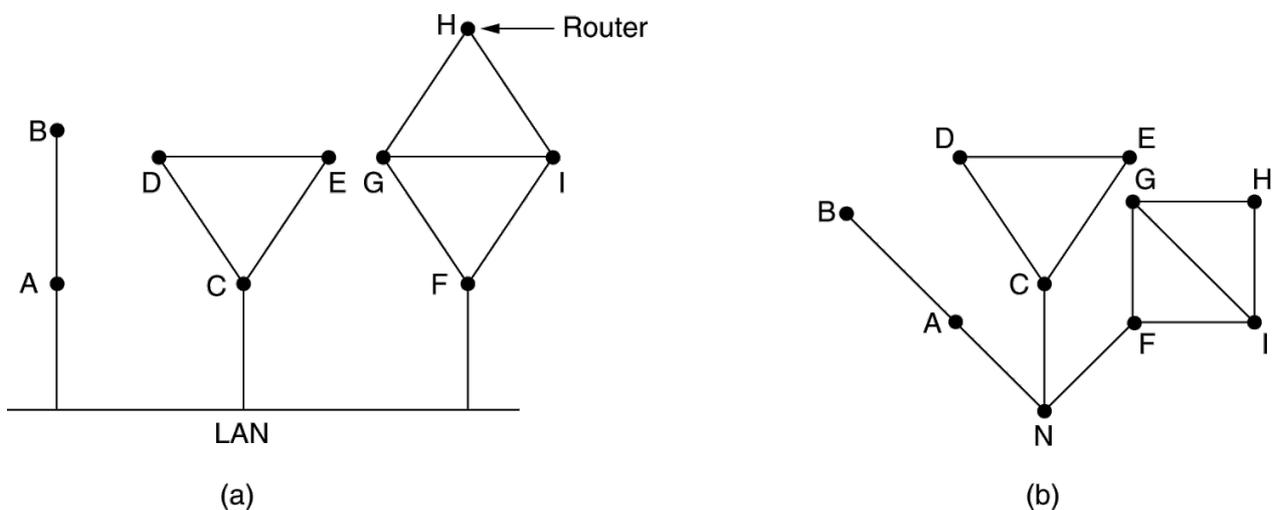
Encaminamiento por “Estado de los enlaces”

FASES

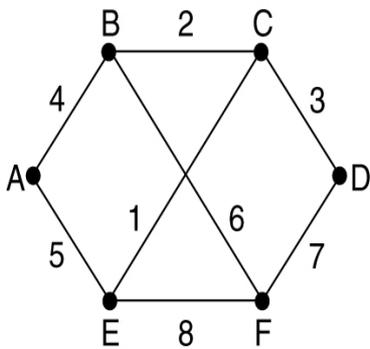
Cada “router” debe hacer lo siguiente:

- Descubrir a sus vecinos y aprender sus direcciones
- Medir la distancia a cada vecino
- Construir un paquete con la información aprendida
- Enviar ese paquete a todos los demás “routers”
- Calcular el camino más corto a cada uno de los demás “routers”

Grafo de una LAN



Estado de los enlaces. Paquetes de estado



(a)

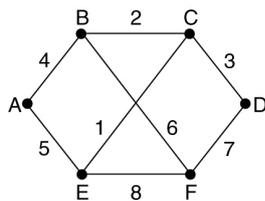
		Link	State	Packets		
A		B	C	D	E	F
Seq.		Seq.	Seq.	Seq.	Seq.	Seq.
Age		Age	Age	Age	Age	Age
B	4	A	B	C	A	B
E	5	C	D	F	C	D
		F	E		F	E

(b)

(a) Una subred

(b) Paquetes de estado de los enlaces en (a)

Estado de los enlaces. Distribución



(a)

		Link	State	Packets		
A		B	C	D	E	F
Seq.		Seq.	Seq.	Seq.	Seq.	Seq.
Age		Age	Age	Age	Age	Age
B	4	A	B	C	A	B
E	5	C	D	F	C	D
		F	E		F	E

(b)

Router B

Source	Seq.	Age	Send flags			ACK flags			Data
			A	C	F	A	C	F	
A	21	60	0	1	1	1	0	0	
F	21	60	1	1	0	0	0	1	
E	21	59	0	1	0	1	0	1	
C	20	60	1	0	1	0	1	0	
D	21	59	1	0	0	0	1	1	