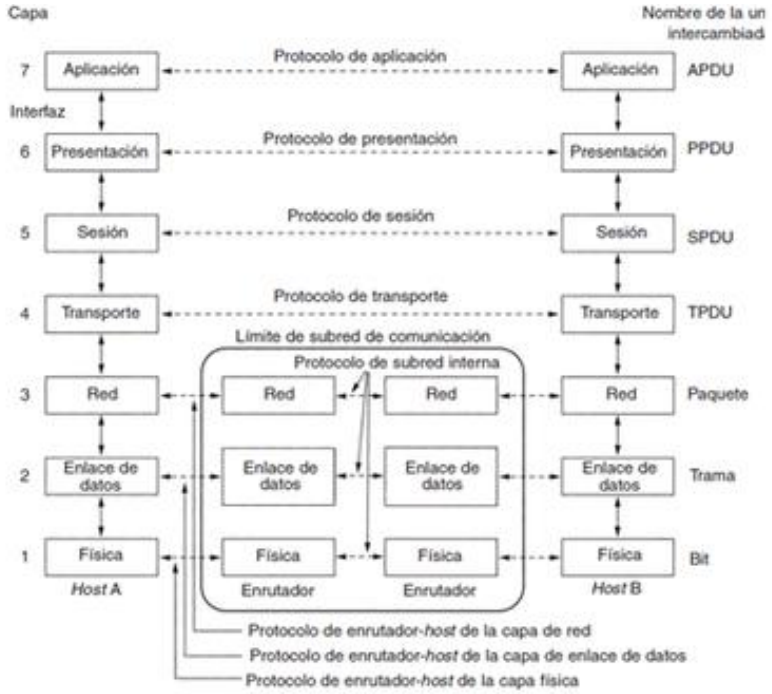
Teoría de las Comunicaciones

Segundo Cuatrimestre del 2017

Departamento de Computación
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad de Buenos Aires
Argentina

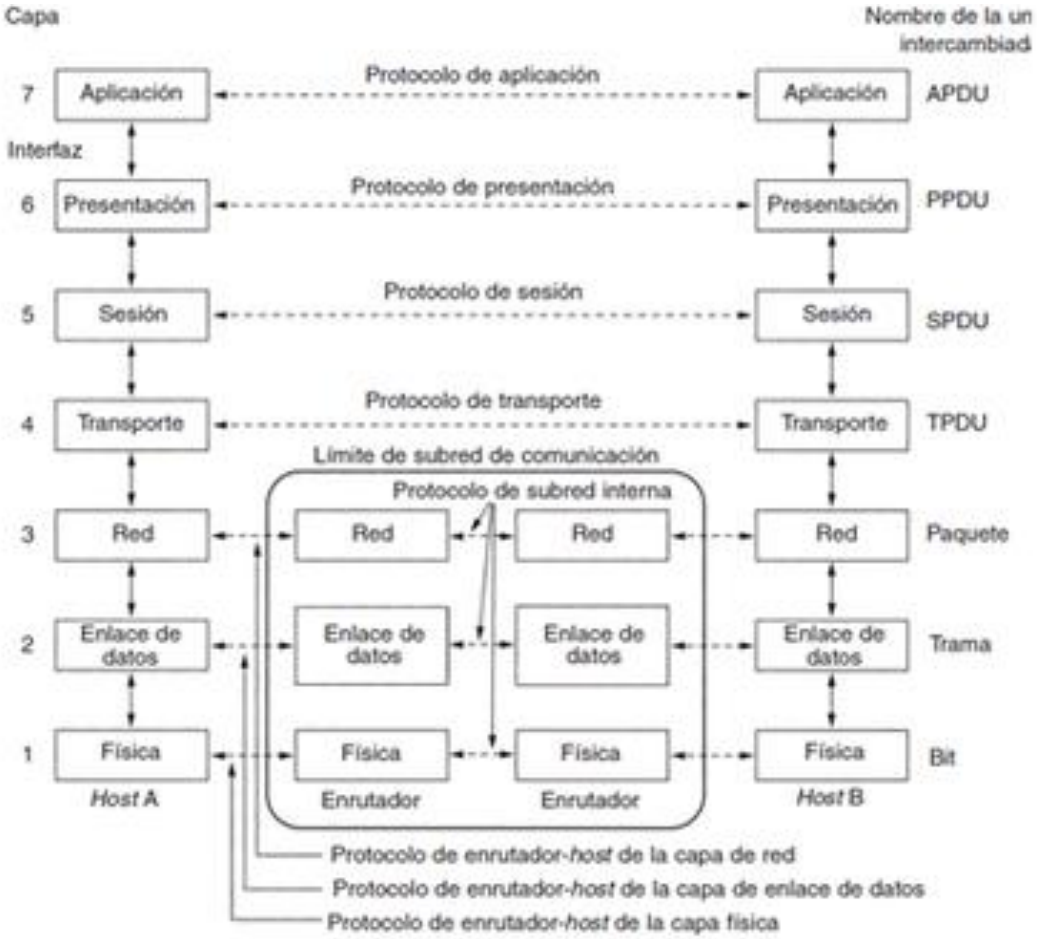


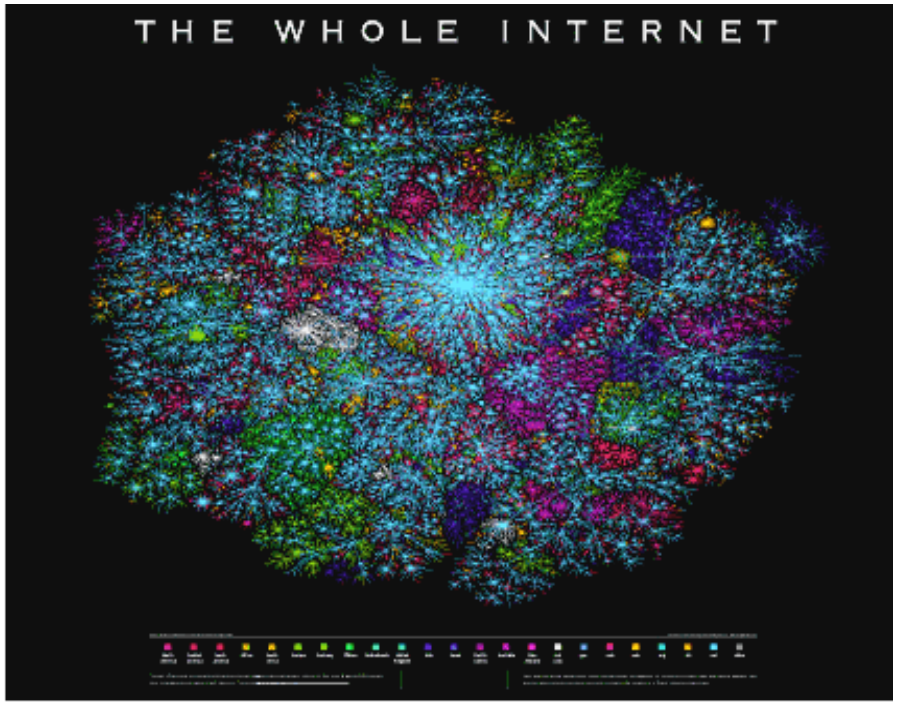
Arquitectura de Redes

Una revisión de los Fundamentos

Figura del libro de Tanenbaum

“El Modelo OSI”





Nivel de Red

Introducción

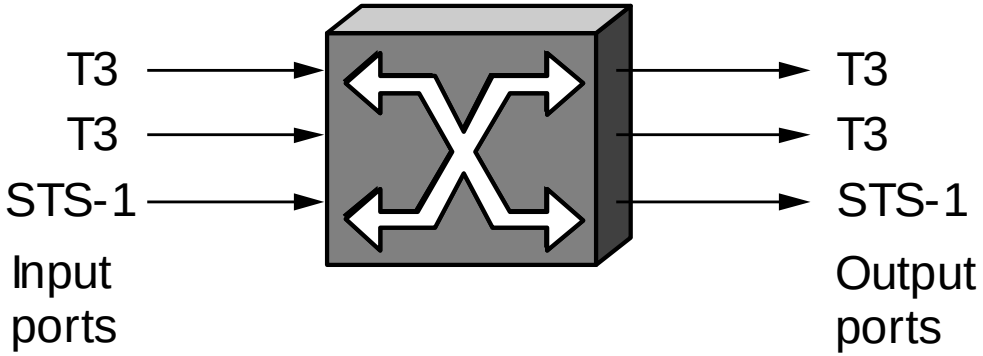
http://www.?

Agenda

- Circuitos Virtuales
- Datagramas
- Introducción IP

“Redes Escalables”

- Switch



¿Qué es un switch ?

- Es una "*appliance*" que interconecta enlaces para formar redes más grandes.
  - Un switch de datos es un dispositivo con múltiples entradas y múltiples salidas.
- Su trabajo es lograr que la mayor cantidad de paquetes que entren al switch vayan a la salida apropiada.
  - Envía paquetes, frames o celdas de un puerto de entrada a un puerto de salida (función conocida como *switching* ó *forwarding*)
  - El puerto de salida se selecciona utilizando una dirección que trae el header (encabezado) del paquete, frame o celda
- Según el tipo de switch:
  - Para distribuir los paquetes, algunos utilizan circuitos virtuales y otros conmutación de paquetes.
  - Pueden conmutar paquetes de longitud variable o de longitud fija.

El switch permite construir redes escalables

- Los switches, al interconectarse unos con otros, permiten cubrir grandes áreas geográficas (además, toleran la latencia). Permiten construir grandes redes
- Pueden soportar un gran número de nodos (ancho de banda es escalable).
- Colocar un nuevo host al switch no necesariamente carga más la red

Los dos grandes paradigmas…

Orientado a Conexión

Sin Conexión

Sin conexión : Datagramas

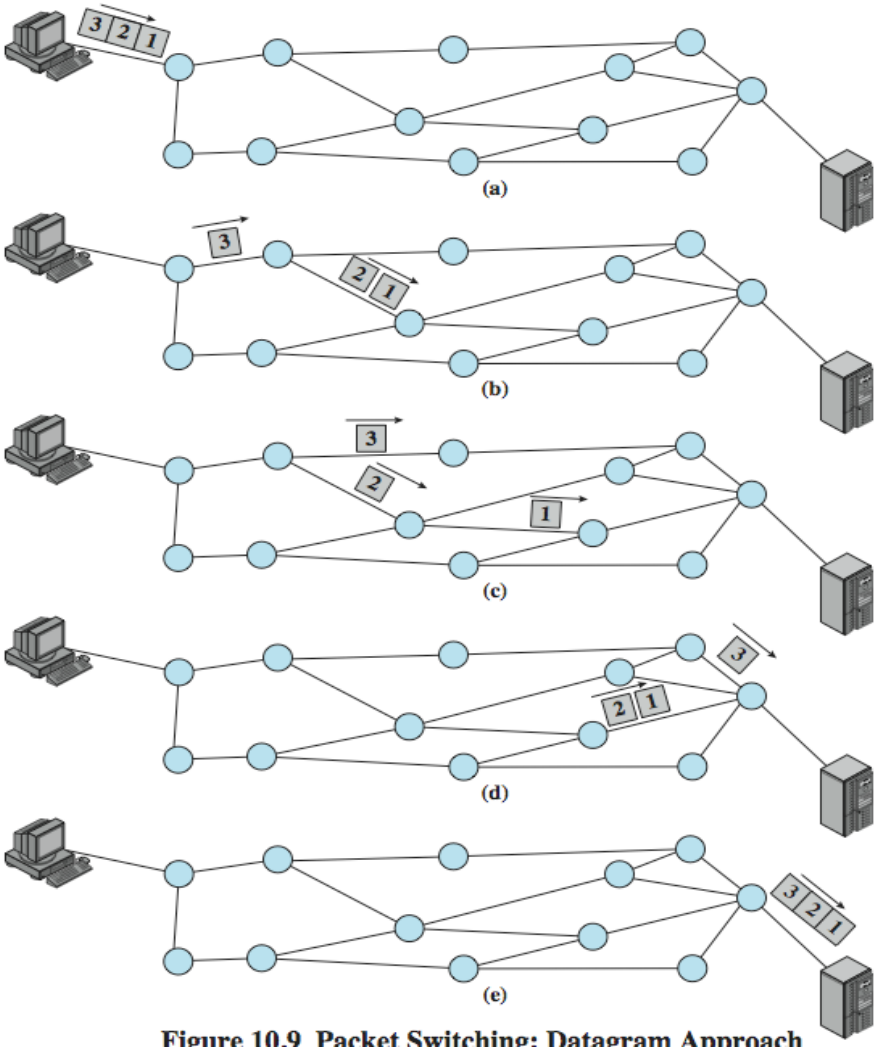


Figure 10.9 Packet Switching: Datagram Approach

Orientado a Conexión: Circuito Virtual

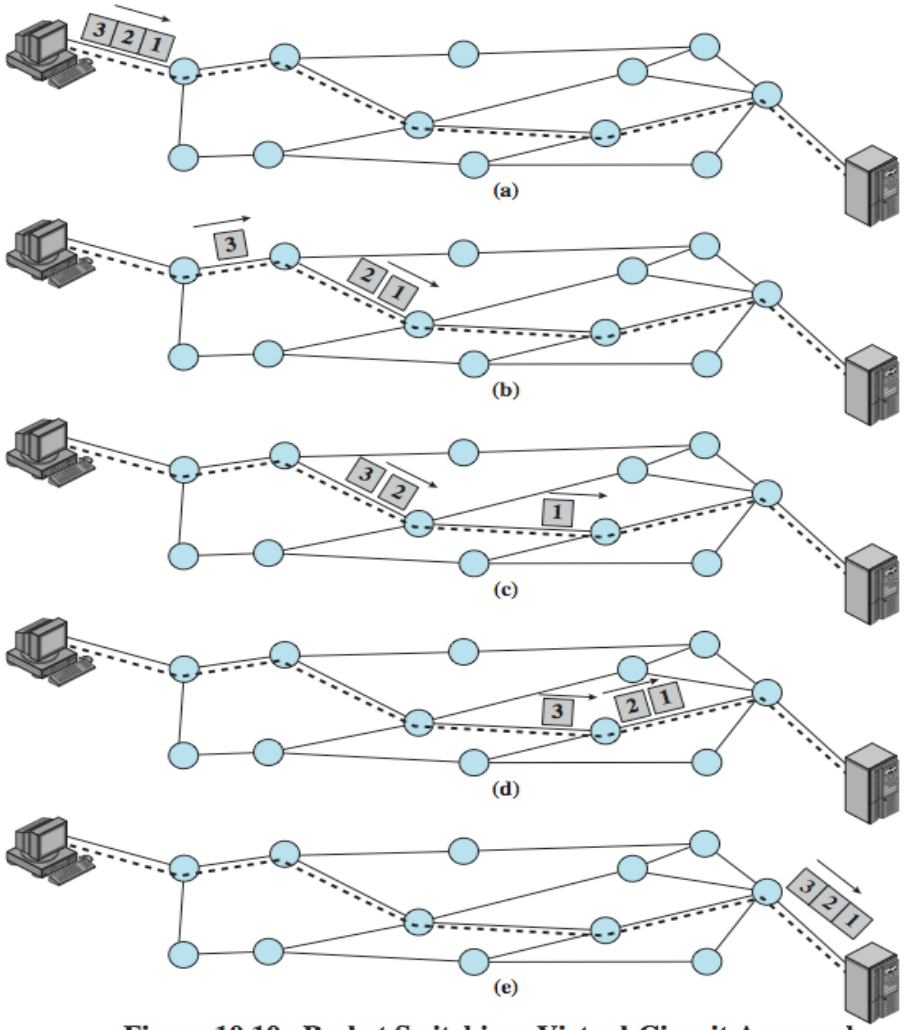


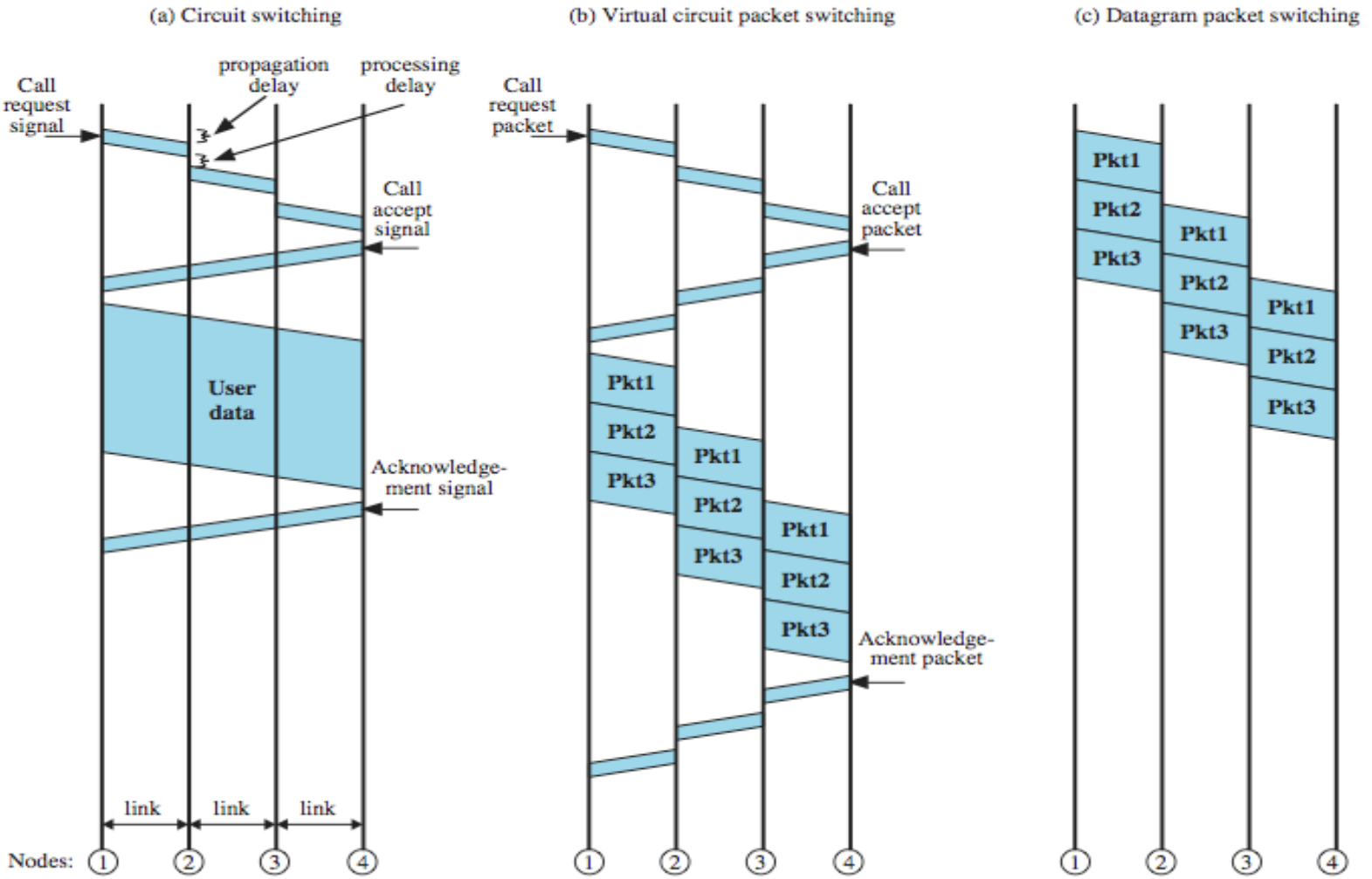
Figure 10.10 Packet Switching: Virtual-Circuit Approach

Conmutación de circuitos vs conmutación de paquetes

- La performance depende de varios retardos:
  - Retardo de propagación
  - Tiempo de transmisión
  - Retardo de nodo

- También de otras características, incluyendo:
  - Transparencia
  - Overhead

Temporización de eventos



Conmutación no orientada a conexión (datagrama)

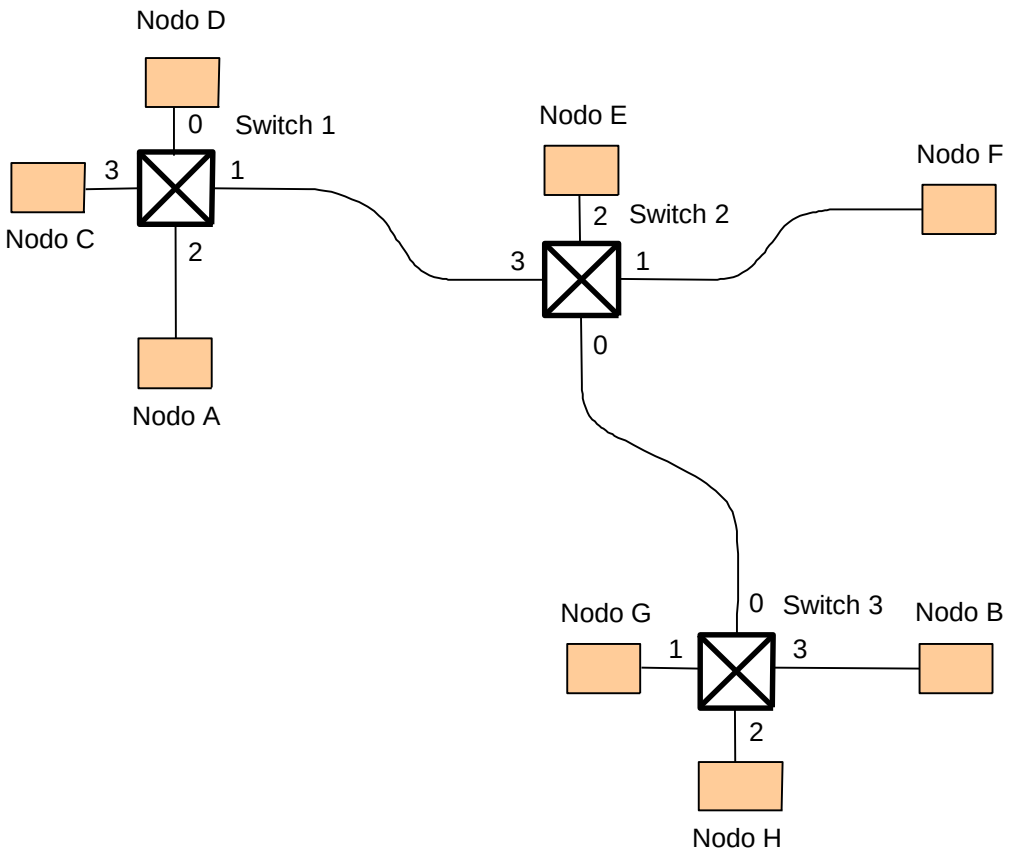
- Características
  - No existe una fase para establecer una conexión
    - el nodo puede enviar el paquete *cuando quiera*.
  - Cada paquete se envía independientemente y debe llevar toda la información necesaria para alcanzar su destino
  - Llamado modelo *Connectionless* (no orientado a conexión) o de datagrama

Conmutación sin conexión (datagrama)

Analogía: sistema postal

Cada switch mantiene una tabla de *forwarding* (*routing*)

Tabla de conmutación para el switch 2	
Destino	Puerto
A	3
B	0
C	3
D	3
E	2
F	1
G	0
H	0



Conmutación sin conexión (datagrama)

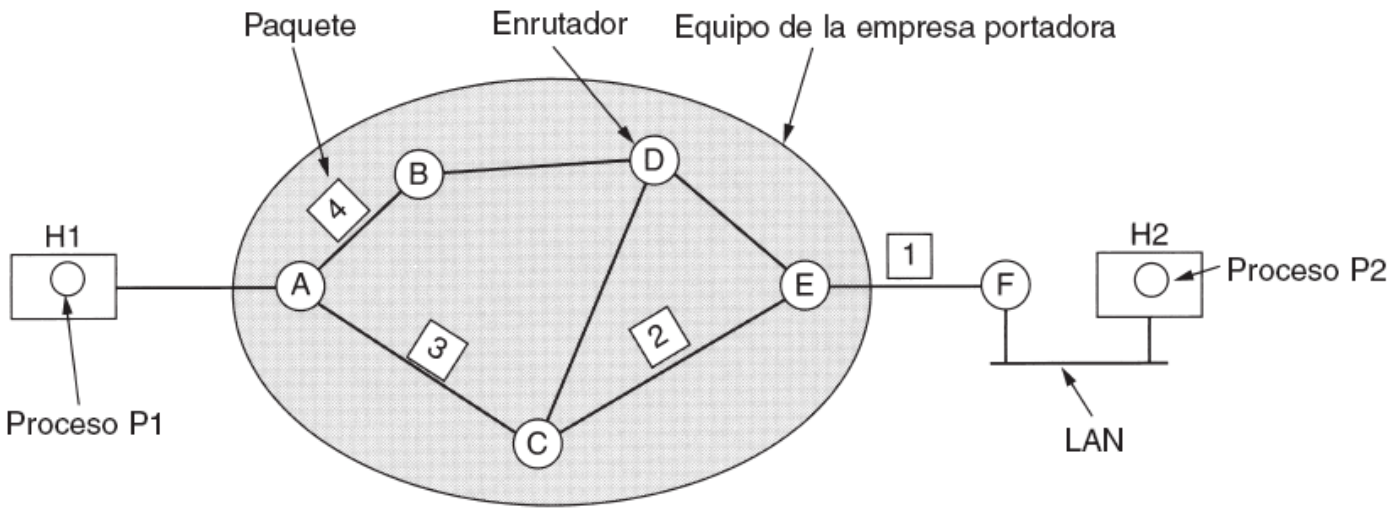


Tabla de A

Destino	inicialmente Línea	posteriormente Línea
A	–	–
B	B	B
C	C	C
D	B	B
E	C	B
F	C	B

Tabla de C

Destino	Línea
A	A
B	A
C	–
D	D
E	E
F	E

Tabla de E

Destino	Línea
A	C
B	D
C	C
D	D
E	–
F	F

Modelo de Datagrama

- No se debe esperar un RTT (*round trip time*) para establecer una conexión; un nodo puede enviar datos tan pronto como este listo.
- El nodo origen de los datos no tiene porque saber si la red es capaz de entregar un paquete o frame o si el nodo destino está listo para recibir los datos.
- Ya que los paquetes son tratados independientemente, es posible cambiar el camino para evitar los enlaces y los nodos que estén fallando.
- Ya que cada paquete lleva la dirección completa del nodo destino, la información adicional de control (*overhead*) que lleva es mucho mayor que la utilizada en el modelo orientado a conexión.

Conmutación orientada a conexión (circuito virtual)

- Se requiere una fase para establecer una conexión y otra de finalización de la conexión
- Los paquetes o celdas que se transmiten después de establecer la conexión utilizan siempre el mismo circuito
- Llamado modelo *connection-oriented* (orientado a conexión) ó circuito virtual

Conmutación orientada a conexión (circuito virtual)

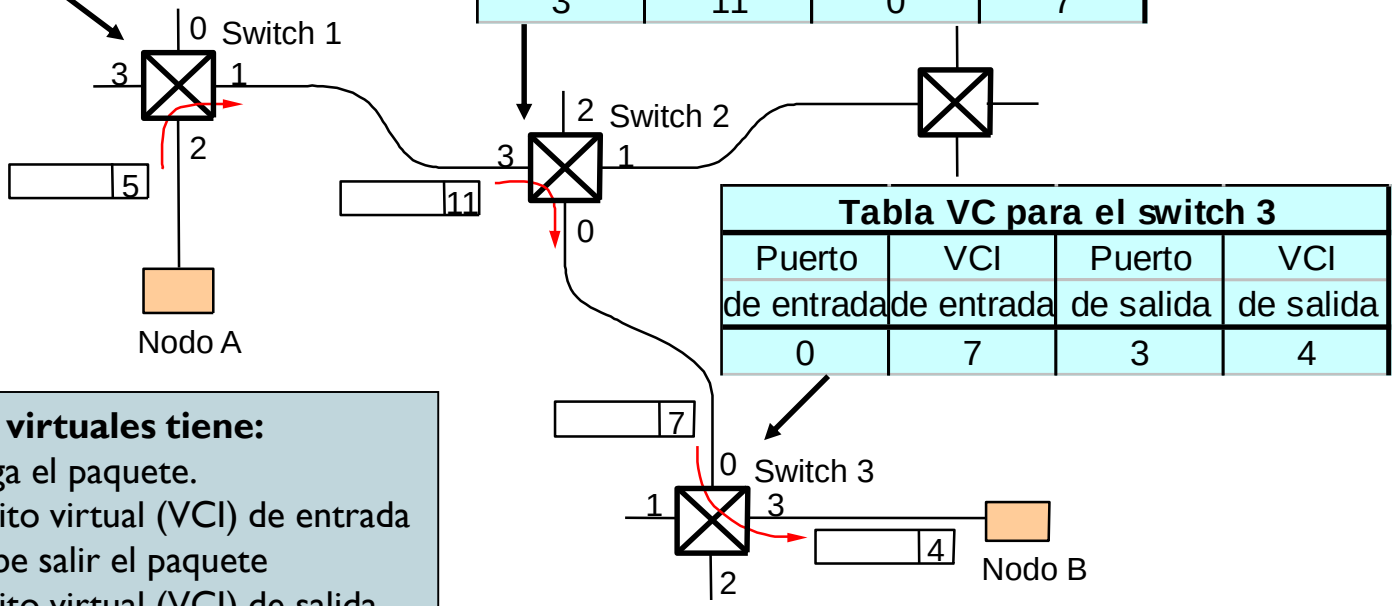
Analogía: llamada telefónica

Cada switch mantiene una tabla VC

Tabla VC para el switch 1			
Puerto de entrada	VCI de entrada	Puerto de salida	VCI de salida
2	5	1	11

Tabla VC para el switch 2			
Puerto de entrada	VCI de entrada	Puerto de salida	VCI de salida
3	11	0	7

Tabla VC para el switch 3			
Puerto de entrada	VCI de entrada	Puerto de salida	VCI de salida
0	7	3	4



Cada tabla de circuitos virtuales tiene:

1. El puerto por el cual llega el paquete.
2. El identificador del circuito virtual (VCI) de entrada
3. El puerto por el cual debe salir el paquete
4. El identificador del circuito virtual (VCI) de salida

Conmutación orientada a conexión (circuito virtual)

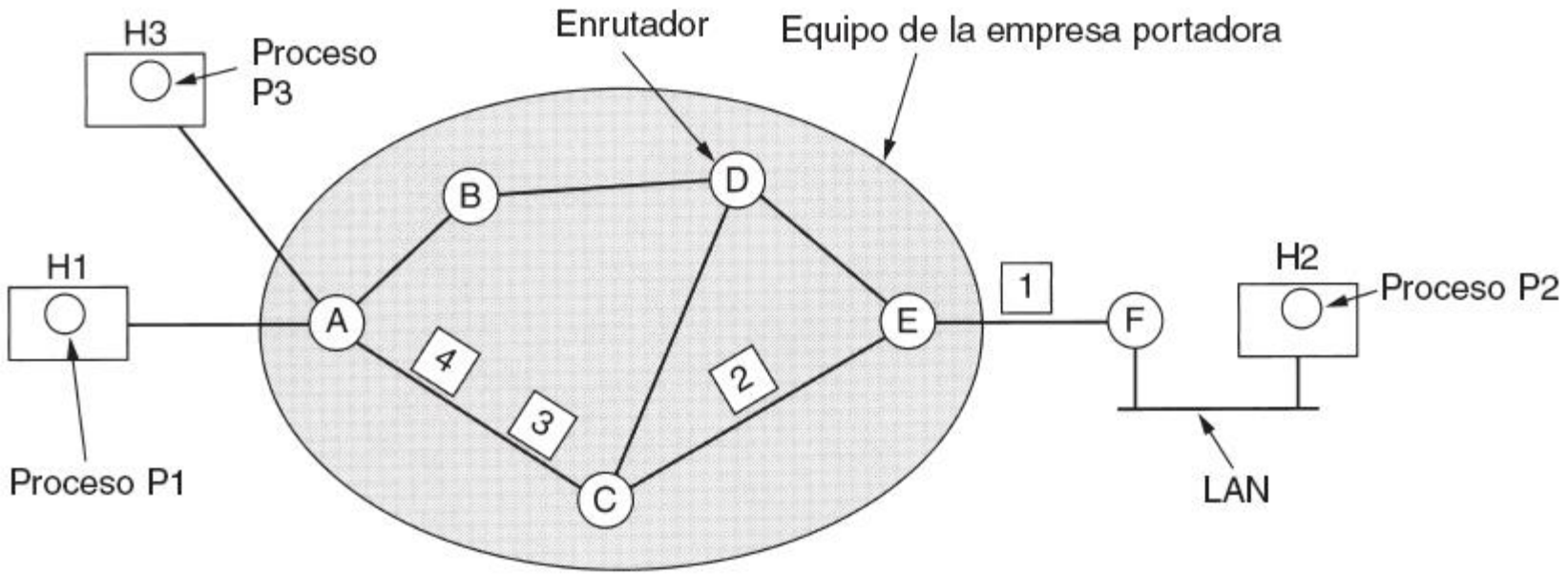


Tabla de A

H1	1	C	1
H3	1	C	2

Dentro Fuera

Tabla de C

A	1	E	1
A	2	E	2

Tabla de E

C	1	F	1
C	2	F	2

Tipos de conexiones

- Conexión Permanente (PVC)
  - Este tipo de conexión la define y la finaliza el administrador de la red: una persona solicita a la red la creación de los registros en las tablas VC. Después de creado el circuito virtual ya se pueden enviar datos.
- Conexión por Solicitud (o conmutado) (SVC)
  - Cuando el nodo A desea enviar datos al nodo B envía un mensaje de solicitud de conexión a la red, luego el switch que la recibe se lo envía al siguiente, hasta llegar al nodo B. Este úlimo, si acepta la conexión, de volverá el identificador de circuito que desea utilizar (4 en el ejemplo anterior) y esta "aceptación" se repite en todos los switches que se encuentran en el camino. Después de construir el circuito virtual se empieza a enviar datos.

Finalización de la conexión

- Conexión Permanente (PVC)
  - El administrador de la red, una persona, solicita o hace las operaciones que permitan "bajar" el circuito virtual.

- Conexión por Solicitud (SVC)
  - Cuando el nodo A no desea enviar más datos al nodo B, termina el circuito virtual enviando un mensaje de finalización a la red. El switch que recibe el mensaje borra la línea de la tabla de VC correspondiente a ese circuito y envía un mensaje de finalización al siguiente switch para que repita la misma acción y así hasta alcanzar al nodo B. Si después de esto el nodo A envía un paquete o celda a la red, este puede ser descartado pues ya no existe el circuito virtual.

Modelo de circuito virtual

- Normalmente debe esperarse un RTT completo mientras se establece una conexión para poder enviar el primer paquete o celda.
- La solicitud de conexión debe llevar la dirección completa del nodo destino, pero los demás paquetes o celdas sólo tienen un identificador muy pequeño (el VCI) haciendo que el *overhead* sea pequeño.
- Si un switch o un enlace falla, el circuito virtual falla y una nueva conexión debe establecerse.
- Establecer una conexión de antemano, permite reservar recursos en los switches (espacio en buffers).
- " Viejas " Tecnologías que utilizan circuitos virtuales son: X.25, Frame Relay (N2 ?) y ATM (N2/N3 ?).

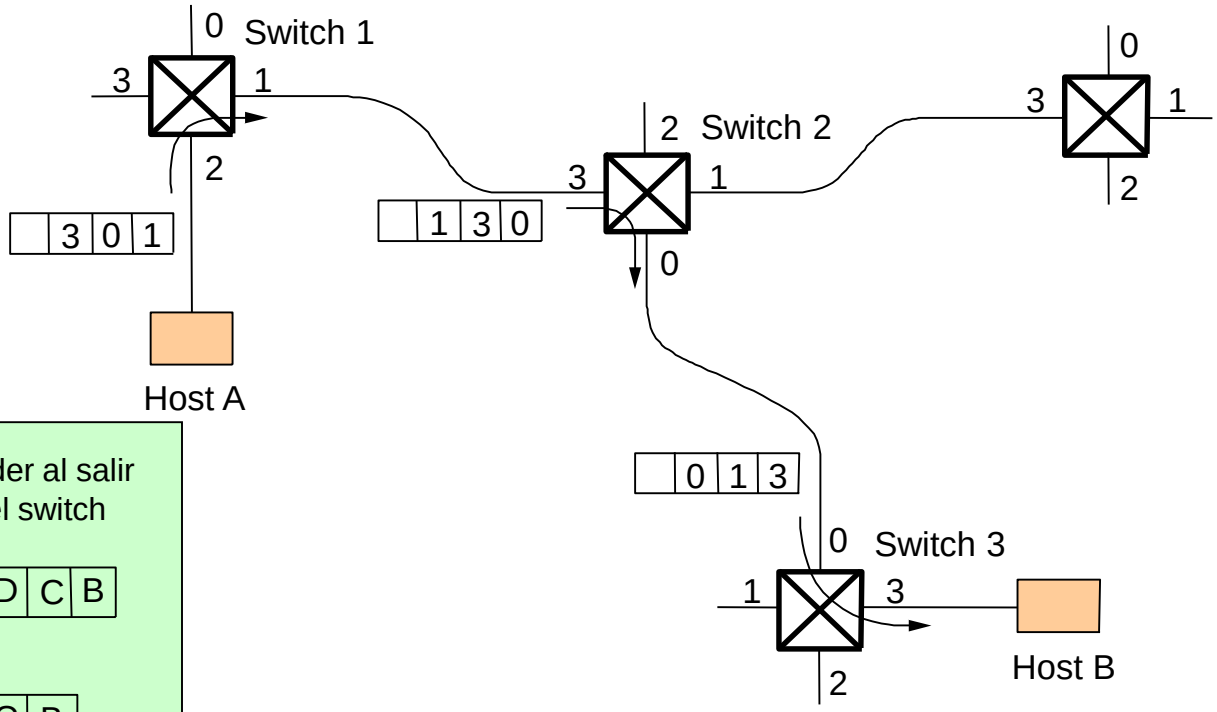
Datagrama vs CV

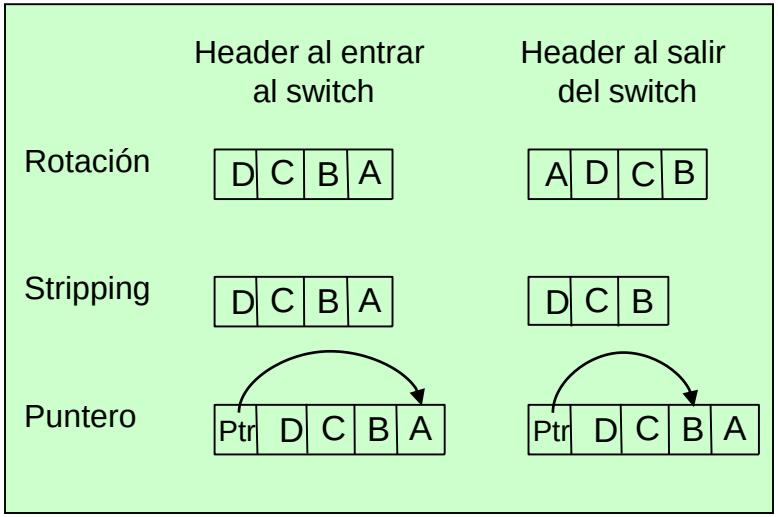
Asunto	Subred de datagramas	Subred de circuitos virtuales
Configuración del circuito	No necesaria	Requerida
Direccionamiento	Cada paquete contiene la dirección de origen y de destino	Cada paquete contiene un número de CV corto
Información de estado	Los enrutadores no contienen información de estado de las conexiones	Cada CV requiere espacio de tabla del enrutador por conexión
Enrutamiento	Cada paquete se enruta de manera independiente	Ruta escogida cuando se establece el CV; todos los paquetes siguen esta ruta
Efecto de fallas del enrutador	Ninguno, excepto para paquetes perdidos durante una caída	Terminan todos los CVs que pasan a través del enrutador
Calidad del servicio	Difícil	Fácil si se pueden asignar suficientes recursos por adelantado para cada CV
Control de congestión	Difícil	Fácil si pueden asignarse por adelantado suficientes recursos a cada CV

Conmutación *Source Routing*

- Toda la información sobre la topología de la red que se necesita para conmutar los paquetes es proporcionada por el nodo origen.
- Existen varias formas de implementar el Source Routing.
  - Rotación
  - Stripping
  - Pointer

Conmutación *Source Routing*





Uso de Source Routing

- La conmutación basada en *Source Routing* puede ser utilizada sobre redes no orientadas a conexión (datagrama) o en redes orientadas a conexión (circuito virtual). Por ejemplo:
  - IP (Internet Protocol), que es un protocolo no orientado a conexión, incluye una opción para *source routing* que permite que ciertos paquetes seleccionados para ser enrutados desde el origen.
  - En redes de circuitos virtuales, el *source routing* significa escoger un trayecto especificado sobre la red.

Internetworking

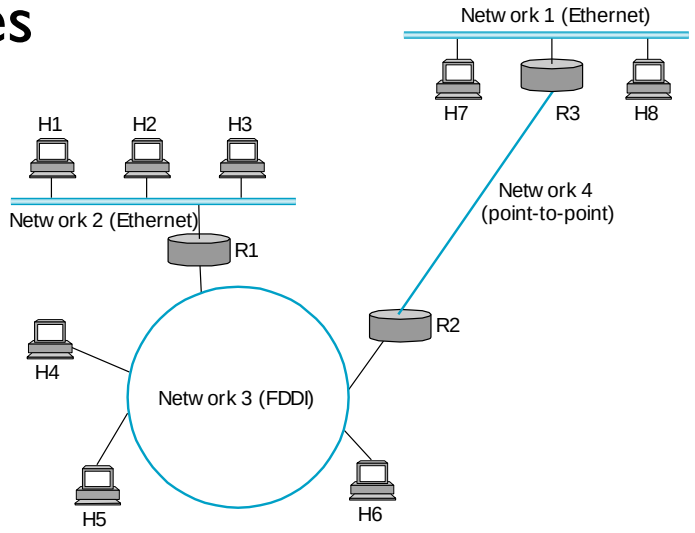
Modelo de Servicio "Best Effort Service"

Agenda

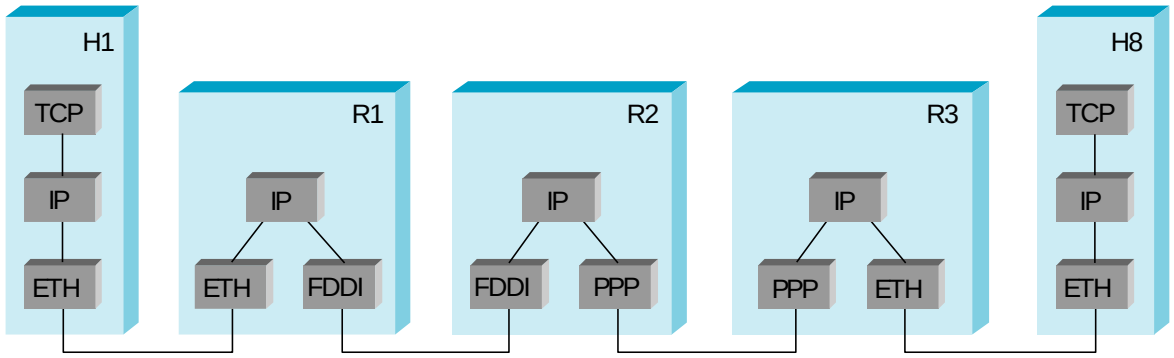
- Modelo de Servicio
- Cabecera IP
- Fragmentación
- Direccionamiento Global
- Forwarding

IP Internet

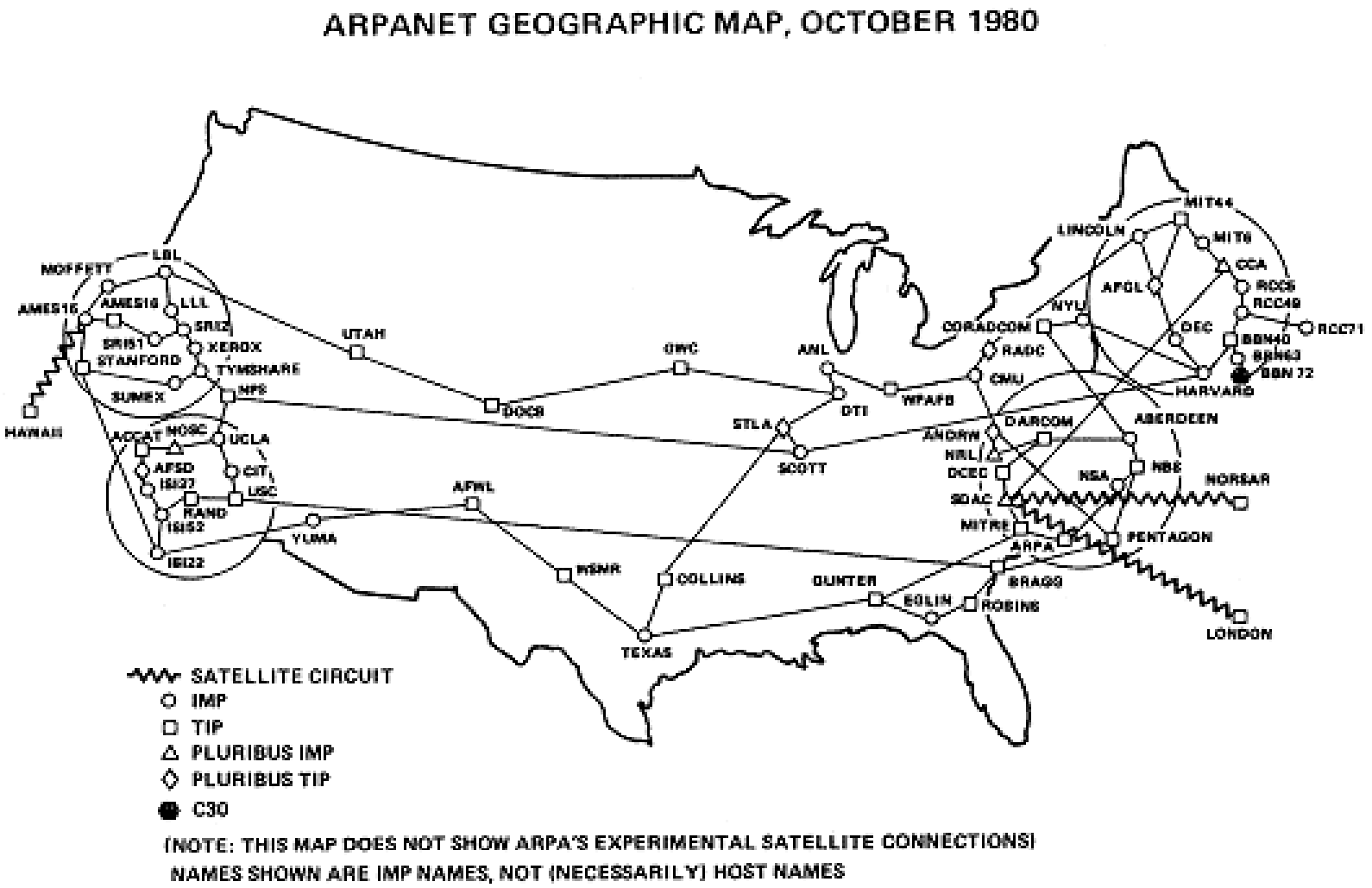
- Interconexión de Redes



- Protocol Stack

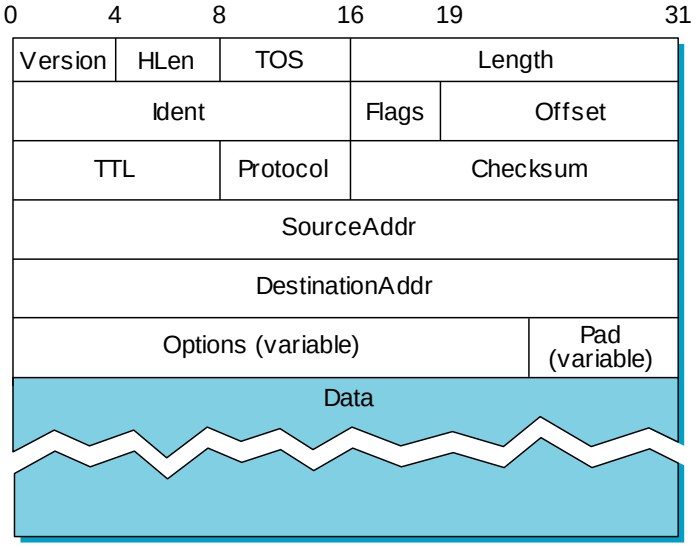


IP Internet

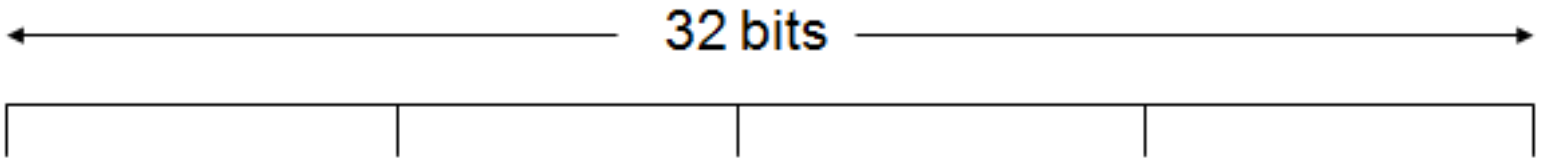

ARPANET GEOGRAPHIC MAP, OCTOBER 1980
MOFFETT
LBL
AMES16
AMES18
LLL
SRI41
SRI2
XEROX
STANFORD
TYMSHARE
SUMEX
MFE
HAWAII
ACCAT
NOSC
UCLA
AFSD
ISI3
GIT
USC
RAND
ISI52
ISI22
YUMA
AFWL
UTAH
DOCB
GWC
ANL
DTI
WPAFB
STLA
SCOTT
HSNR
COLLINS
GUNTER
EGLIN
TEXAS
CMU
RADC
CORADCOM
NYU
MIT44
LINCOLN
MIT6
CCA
APGL
RCC6
RCC49
RCC71
DEC
BBN40
BBN63
BBN 72
HARVARD
ABERDEEN
DARCOM
AMORN
NRL
DCEC
SDAC
MITRE
NSA
NBS
NORSAR
ARPA
PENTAGON
BRAGG
ROBINS
LONDON
SATELLITE CIRCUIT
IMP
TIP
PLURIBUS IMP
PLURIBUS TIP
C30
(NOTE: THIS MAP DOES NOT SHOW ARPA'S EXPERIMENTAL SATELLITE CONNECTIONS)
NAMES SHOWN ARE IMP NAMES, NOT (NECESSARILY) HOST NAMES

Modelo de Servicio

- Connectionless (datagram-based)
- Best-effort (unreliable service)
  - Paquetes se pueden perder
  - Enviar fuera de orden
  - Entrega de copias
  - No hay un cota para el tiempo de entrega
- Formato



Cabecera IP (versión 4)



Versión	Lon.Cab.	DS	Longitud total			
Identificación			□	DF	MF	Desplaz.fragmento
Tiempo de vida		Protocolo	Checksum			
Dirección de origen						
Dirección de destino						
Opciones (de 0 a 40 bytes)						

La cabecera de un datagrama IP contiene información que deben interpretar los routers. El tamaño de la cabecera es normalmente de 20 bytes, pudiendo llegar a 60 si se utilizan los campos opcionales.

Campos del header IP

- Versión: actualmente 4, comienzan los 6 pero el resto del formato del header no es el mismo en ambas versiones.
- Longitud Cabecera: en palabras de 32 bits (mínimo 5, máximo 15)
- Longitud total: en bytes, máximo 65535 (incluye la cabecera)
- Identificación, DF, MF, Desplaz.
- Fragmento: campos de fragmentación
- Tiempo de vida: contador de saltos hacia atrás (se descarta cuando es cero)
- Checksum: de toda la cabecera (no incluye los datos)
- Dirección fuente y destino 32 bits

Algunos Valores de campo protocolo

Valor	Protocolo	Descripción
1	ICMP	Internet Control Message Protocol
2	IGMP	Internet Group Management Protocol
3	GGP	Gateway-to-Gateway Protocol
4	IP	IP en IP (encapsulado)
5	ST	Stream
6	TCP	Transmission Control Protocol
8	EGP	Exterior Gateway Protocol
17	UDP	User Datagram Protocol
29	ISO-TP4	ISO Transport Protocol Clase 4
80	CLNP	Connectionless Network Protocol
88	IGRP	Internet Gateway Routing Protocol
89	OSPF	Open Shortest Path First

IP Fragmentación y reensamblado

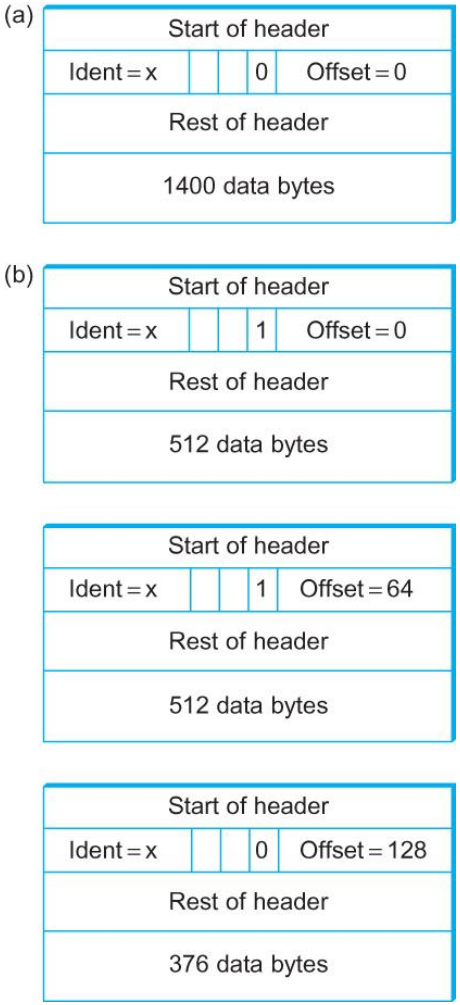
- Cada tecnología de red tiene a nivel de enlace un MTU (Maximum Transmission Unit)
  - Ethernet (1500 bytes), FDDI (4500 bytes)
- Estrategia : IP se adapta a la tecnología de red subyacente (MTU !!)
  - Fragmentación ocurre si un router recibe un datagrama que debe reenviar a una red donde su

    MTU < Tamaño_datagrama
  - Reensamblado se realiza en el host destino
  - Todos los fragmentos tienen el mismo identificador
  - Fragmentos son datagramas autocontenidos
  - IP no recupera fragmentos perdidos

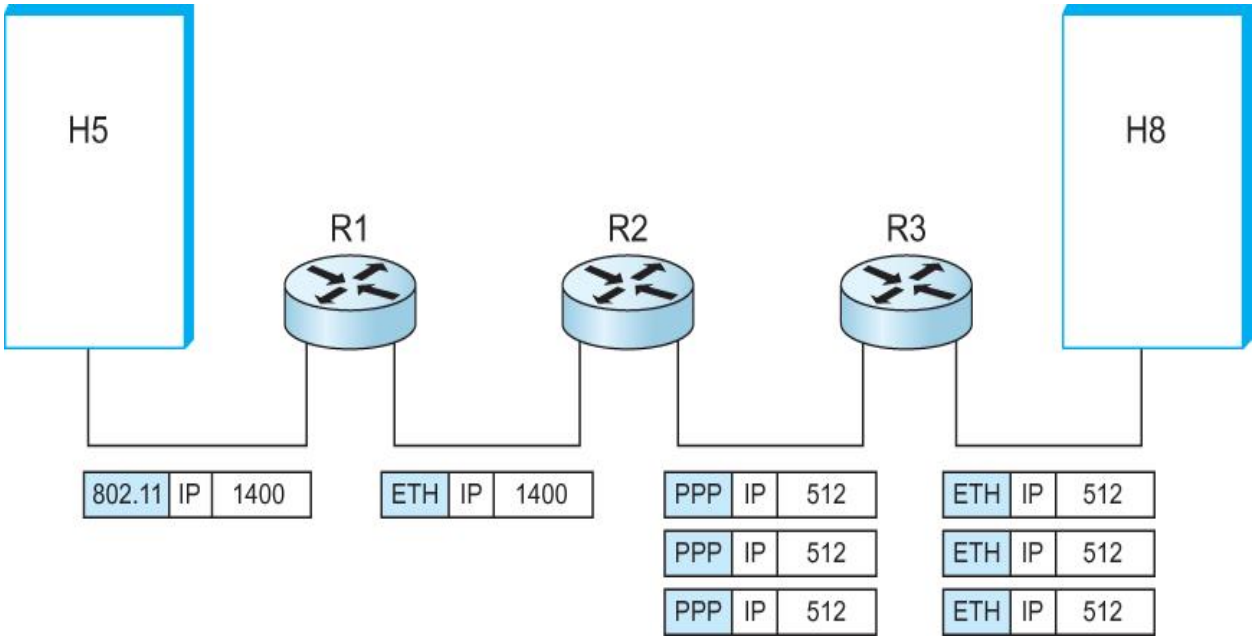
Fragmentación en IP

- Los fragmentos reciben la misma cabecera que el datagrama original salvo por los campos 'MF' y 'Desplazamiento del Fragmento'.
- Los fragmentos de un mismo datagrama se identifican por el campo 'Identificación'.
- Todos los fragmentos, menos el último, tienen a 1 el bit MF (More Fragments).
- La unidad básica de fragmentación es 8 bytes. Los datos se reparten en tantos fragmentos como haga falta, todos múltiplos de 8 bytes (salvo quizá el último).
- Toda red debe aceptar un MTU de al menos 68 bytes (60 de cabecera y 8 de datos). Recomendado 576

Fragmentación

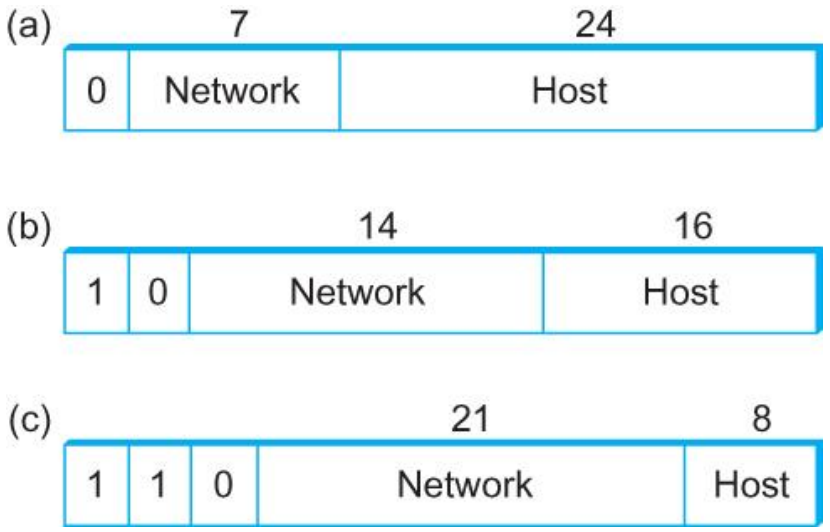


Fugura (a) Paquete sin Fragmentar (b) Paquete fragmentado



Direccionamiento Global

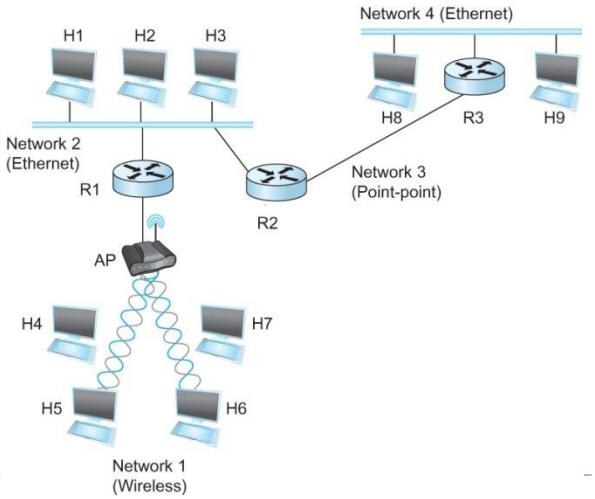
- Propiedades
  - Globalmente única
  - Jerárquica : red + host
  - 4 Mil Millones de IP address, mitad clase A , ¼ son B, y un 1/8 son clase C
- Formato



- Notación "Dot"
  - 10.3.2.4
  - 128.96.33.81
  - 192.12.69.77

IP Forwarding

- Estrategia
  - cada datagrama tiene la dirección destino
  - Si esta directamente conectado a la red destino => forward al host
  - Si NO esta directamente conectado a la red destino => forward algún router
  - forwarding " table maps network number" al "next hop"
  - cada host tiene un "default router"
  - cada router mantiene una "forwarding table"
- Para el router R



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

IP Forwarding

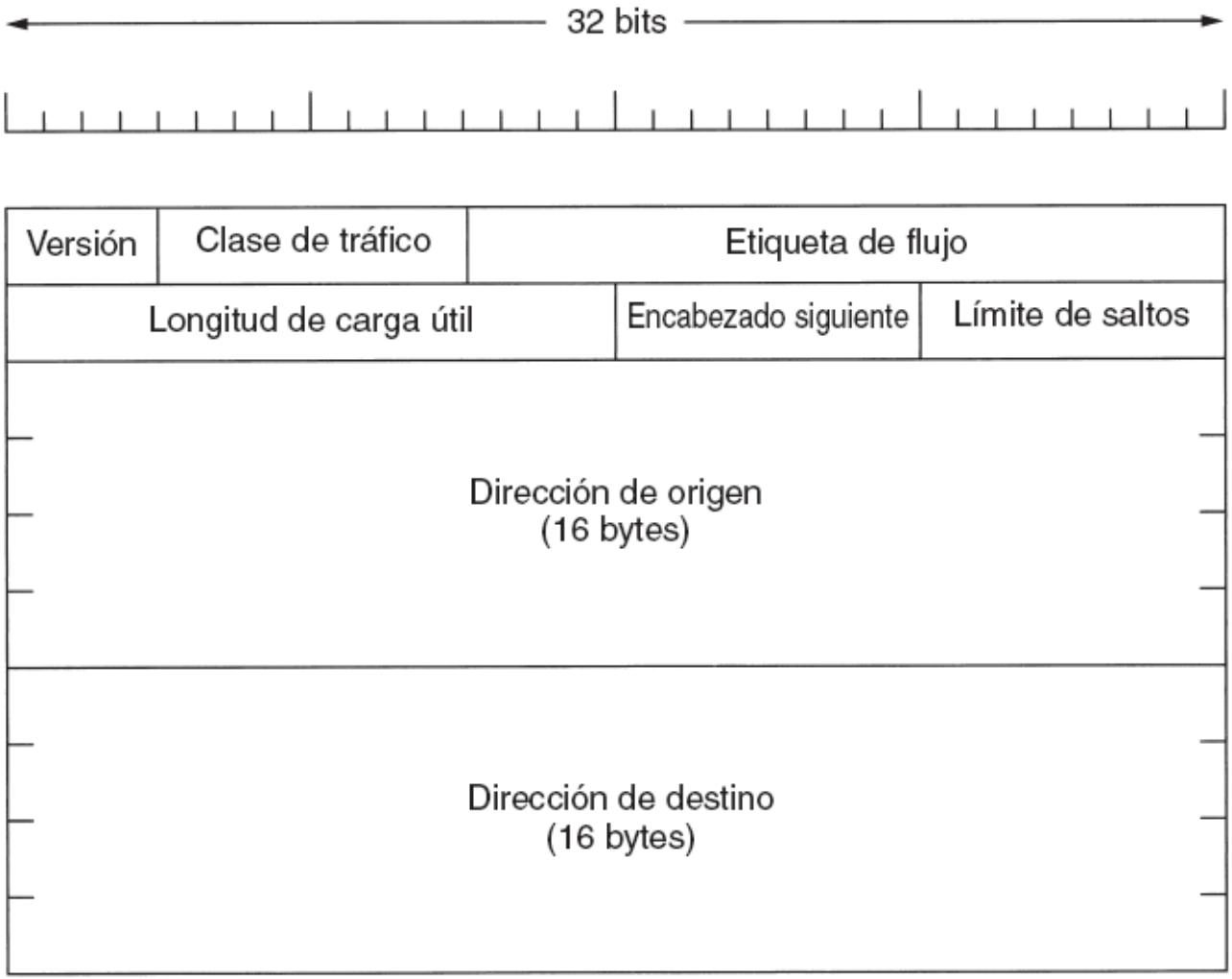
- Algoritmo

if (NetworkNum del destino = NetworkNum de algunas de mis interfaces) **then**
    enviar datagrama al destino por esa interface
else
    if (NetworkNum del destino esta en mi forwarding table) **then**
        enviar datagrama al NextHop router
    else
        enviar datagrama al default router

En que caso el algoritmo de forwarding se reduce a :

if (NetworkNum del destino = a mi NetworkNum) **then**
    enviar datagrama al destino directamente
else
    enviar el datagrama al default router

IPv6


32 bits
Versión
Clase de tráfico
Etiqueta de flujo
Longitud de carga útil
Encabezado siguiente
Límite de saltos
Dirección de origen
(16 bytes)
Dirección de destino
(16 bytes)

IPv6

8000:0000:0000:0000:0123:4567:89AB:CDEF