

Capítulo 4: Capa Red - II

ELO322: Redes de Computadores

Agustín J. González

Este material está basado en:

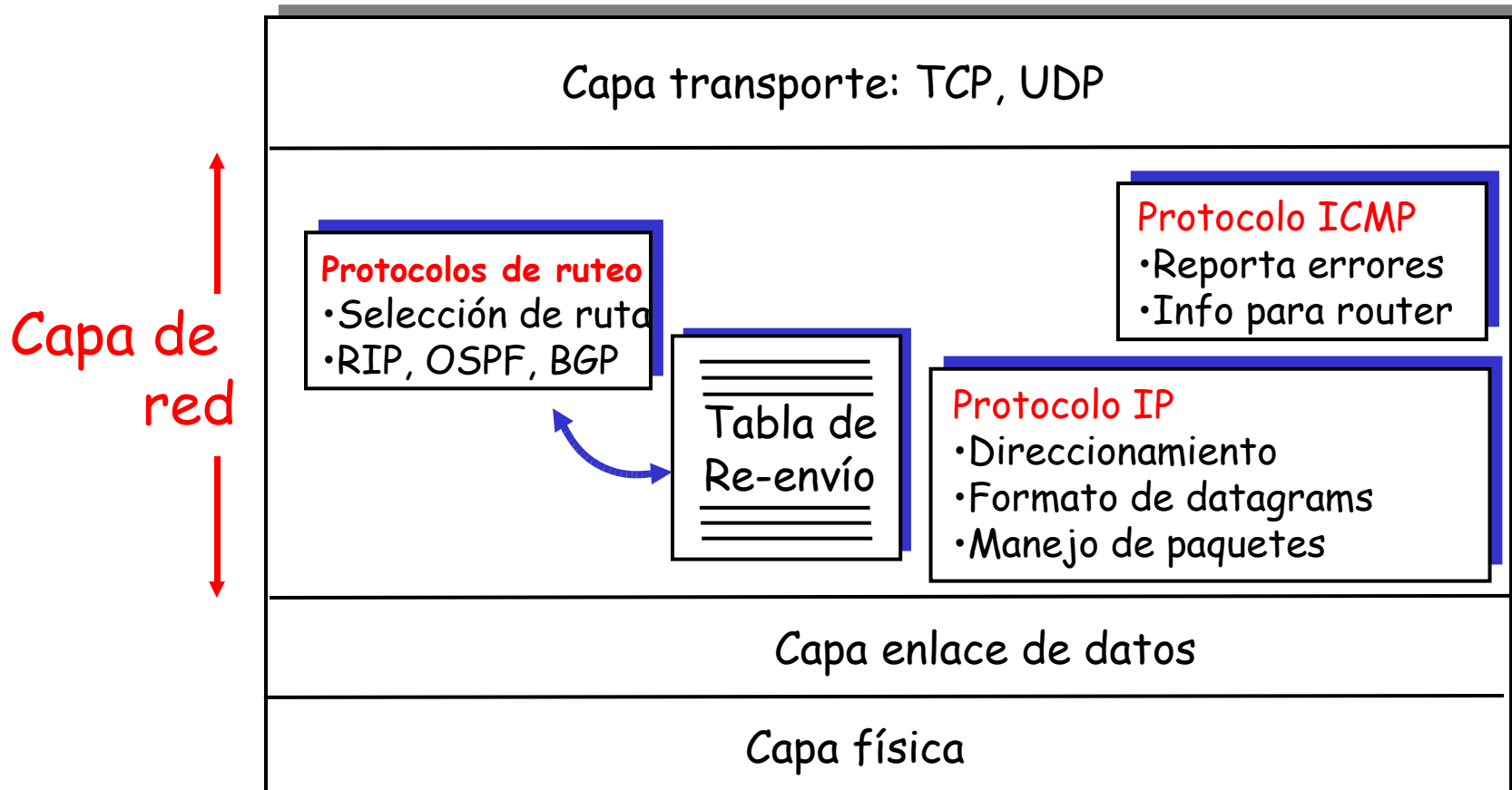
- ❑ Material de apoyo al texto *Computer Networking: A Top Down Approach Featuring the Internet* 3rd edition. Jim Kurose, Keith Ross Addison-Wesley, 2004.
- ❑ Material del curso anterior ELO322 del Prof. Tomás Arredondo V.

Capítulo 4: Capa de Red

- 4.1 Introducción
- 4.2 Circuitos virtuales y redes de datagramas
- 4.3 ¿Qué hay dentro de un router?
- 4.4 IP: Internet Protocol
 - Formato de Datagrama
 - Direccionamiento IPv4
 - ICMP
 - IPv6
- 4.5 Algoritmo de ruteo
 - Estado de enlace
 - Vector de Distancias
 - Ruteo Jerárquico
- 4.6 Ruteo en la Internet
 - RIP
 - OSPF
 - BGP
- 4.7 Ruteo Broadcast y multicast

Capa de red en Internet

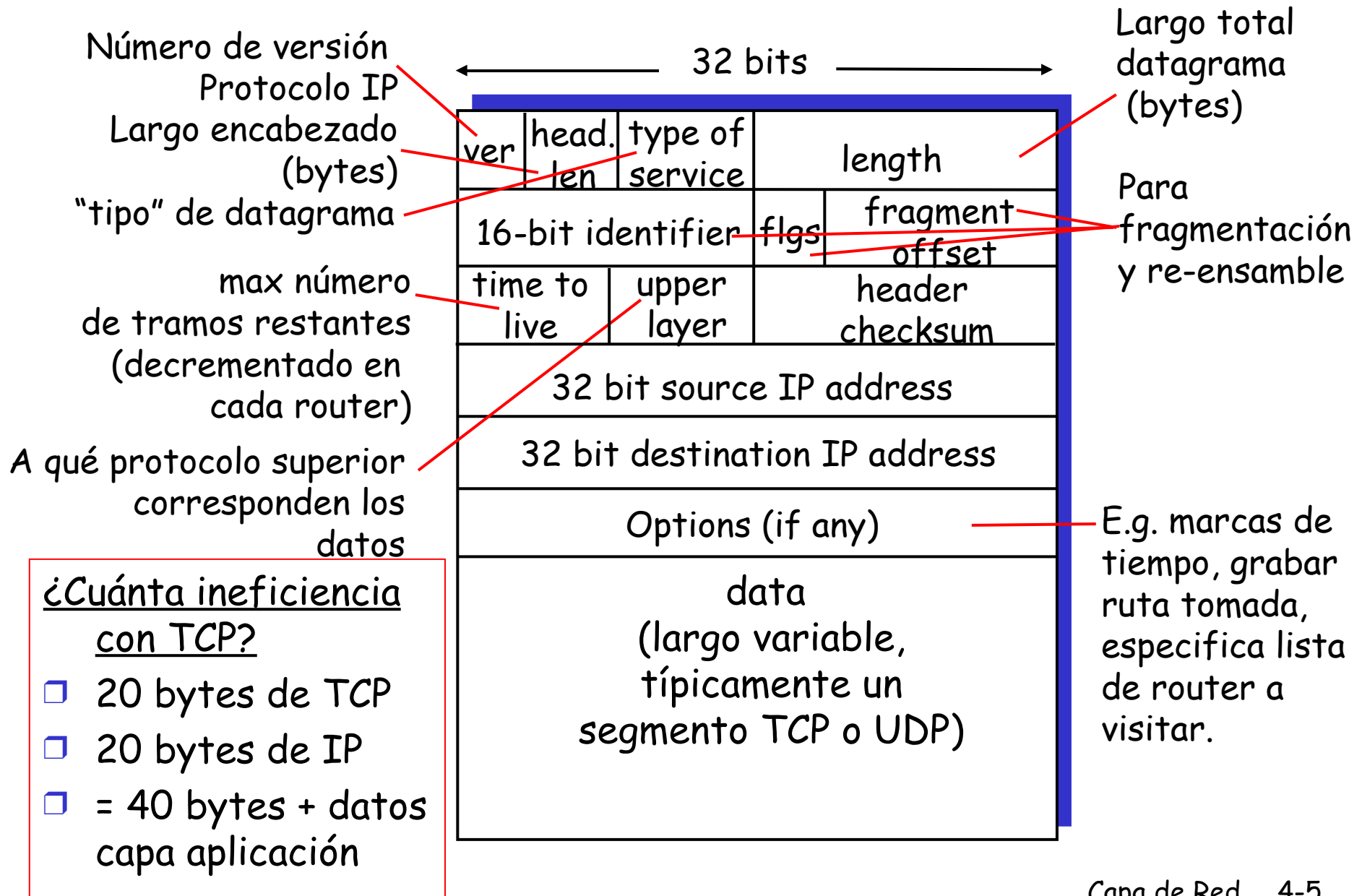
Funciones de la capa de red del host y router :



Capítulo 4: Capa de Red

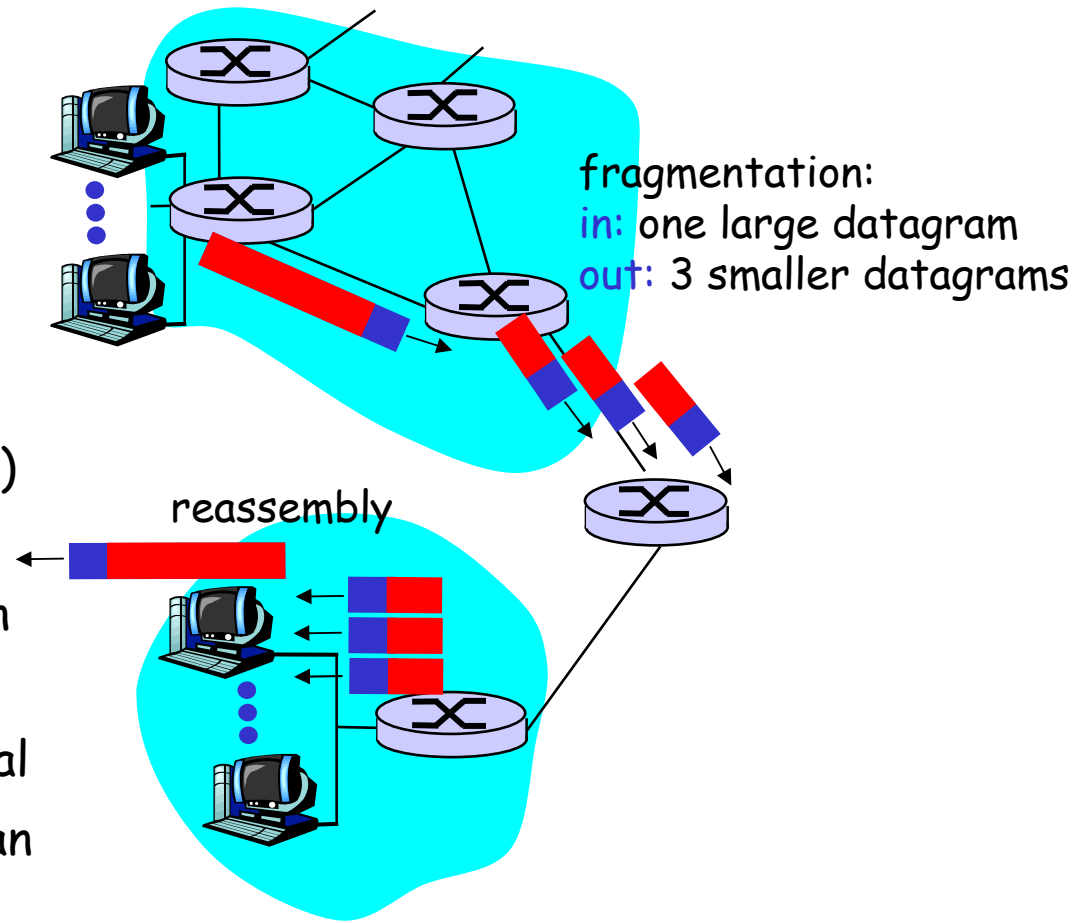
- 4.1 Introducción
- 4.2 Circuitos virtuales y redes de datagramas
- 4.3 ¿Qué hay dentro de un router?
- 4.4 IP: Internet Protocol
 - Formato de Datagrama
 - Direccionamiento IPv4
 - ICMP
 - IPv6
- 4.5 Algoritmo de ruteo
 - Estado de enlace
 - Vector de Distancias
 - Ruteo Jerárquico
- 4.6 Ruteo en la Internet
 - RIP
 - OSPF
 - BGP
- 4.7 Ruteo Broadcast y multicast

Formato del datagrama IPv4



Fragmentación y re-ensamble IP

- Enlaces de red tienen MTU (max. transmission unit) - mayor tamaño de un frame en la capa enlace.
 - Diferentes tipos de enlace tienen diferentes MTUs
- Por esto es que un datagrama IP grande es dividido ("fragmented") en la red
 - Un datagrama se convierte en varios datagramas
 - Se "rearma" en el destino final
 - Bits del encabezado IP se usan para identificar y ordenar fragmentos relacionados



Fragmentación y re-ensamble IP

Ejemplo

- 4000 byte datagram (20 bytes header IP + 3980 en campo datos datagrama)
- MTU = 1500 bytes
1480 bytes en campo de datos de datagrama
offset en bloques de 8 bytes
 $1480/8 = 185$

	largo =4000	ID =x	fragflag =0	offset =0	
--	----------------	----------	----------------	--------------	--

Un datagrama grande es transformado en varios datagramas más pequeños

	largo =1500	ID =x	fragflag =1	offset =0	
--	----------------	----------	----------------	--------------	--

	largo =1500	ID =x	fragflag =1	offset =185	
--	----------------	----------	----------------	----------------	--

	largo =1040	ID =x	fragflag =0	offset =370	
--	----------------	----------	----------------	----------------	--

Largo datos último = $3980 - 1480 - 1480 = 1020$

Más header => 1040

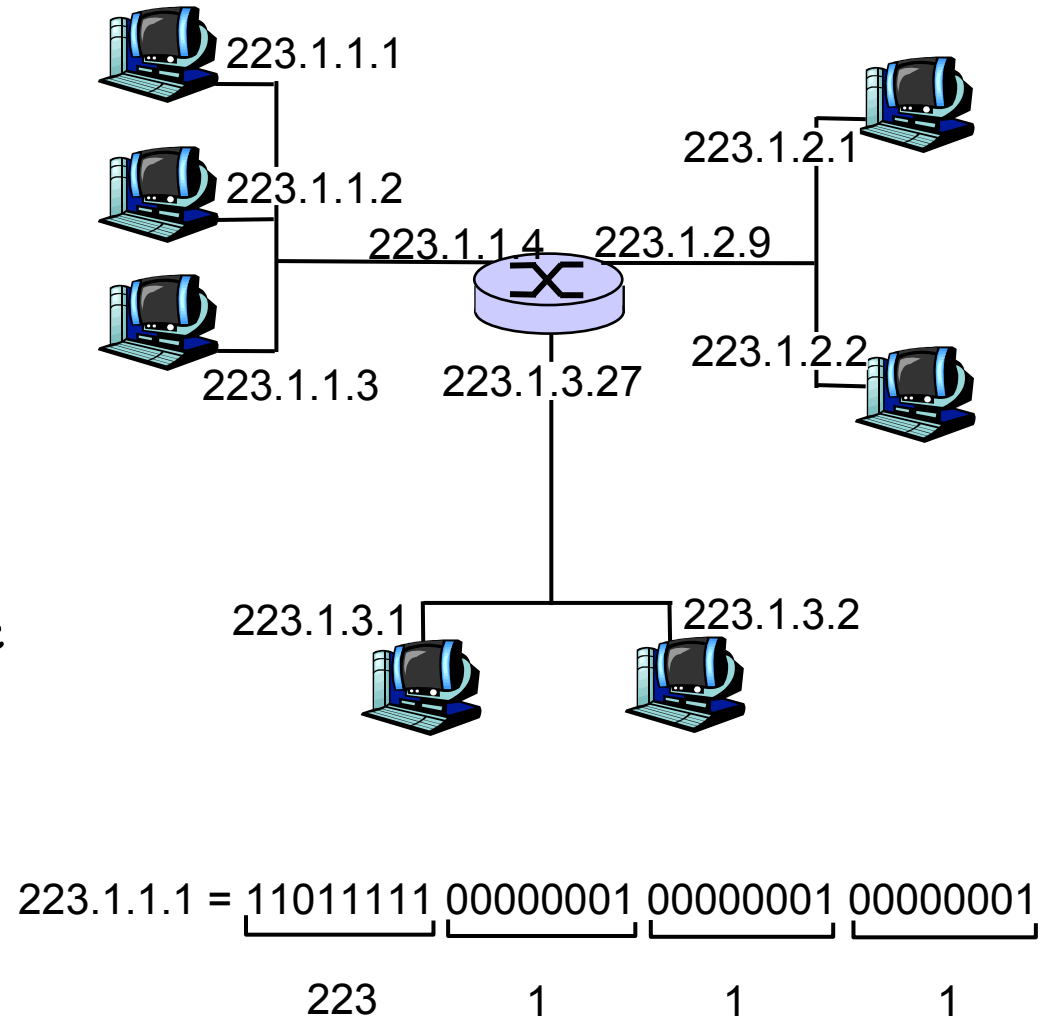
byte insertado en posición $370 * 8 = 2960$

Capítulo 4: Capa de Red

- 4.1 Introducción
- 4.2 Circuitos virtuales y redes de datagramas
- 4.3 ¿Qué hay dentro de un router?
- 4.4 IP: Internet Protocol
 - Formato de Datagrama
 - Direccionamiento IPv4
 - ICMP
 - IPv6
- 4.5 Algoritmo de ruteo
 - Estado de enlace
 - Vector de Distancias
 - Ruteo Jerárquico
- 4.6 Ruteo en la Internet
 - RIP
 - OSPF
 - BGP
- 4.7 Ruteo Broadcast y multicast

Direccionamiento IP: introducción

- **Dirección IP:** identificador de 32-bit del host, *interfaz* del router
- **Interfaz:** conexión entre host y router, enlace físico
 - Router típicamente tiene múltiples interfaces (bocas)
 - Host puede tener múltiples interfaces
 - Dirección IP está asociada a cada interfaz



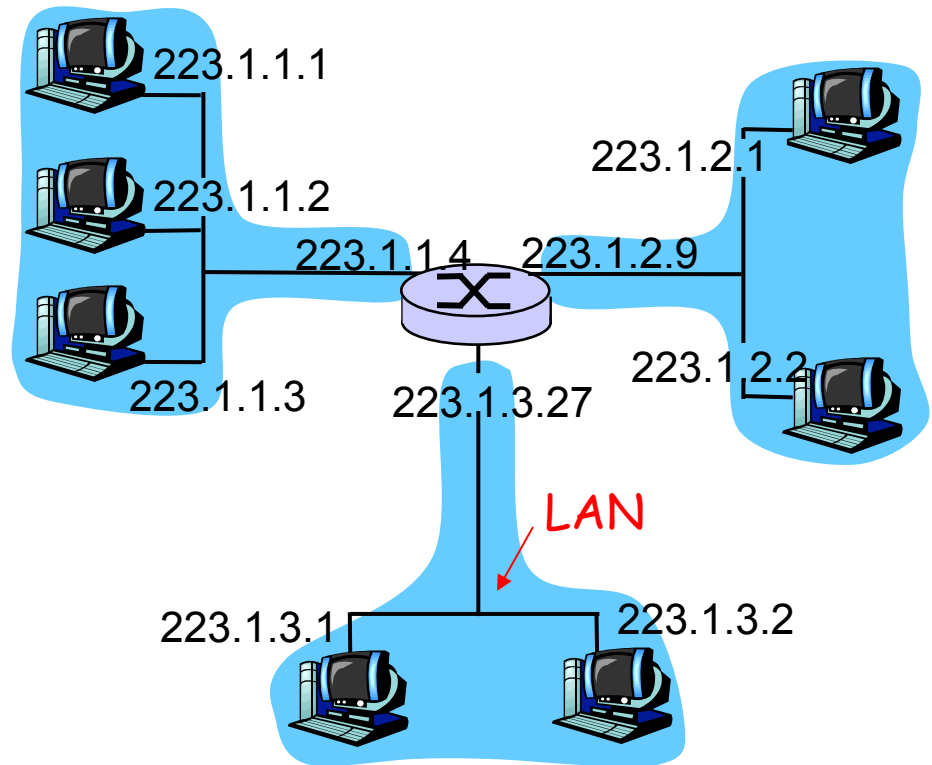
Sub-redes

□ Dirección IP:

- Direc. sub-red (bits alto orden)
- Direc. del host (bits bajo orden)

□ *Que es una sub-red ?*

- Red local que utiliza la misma parte alta de la dirección ip
- Se podrían interconectar sin tener un router (e.g. con un switch o hub)

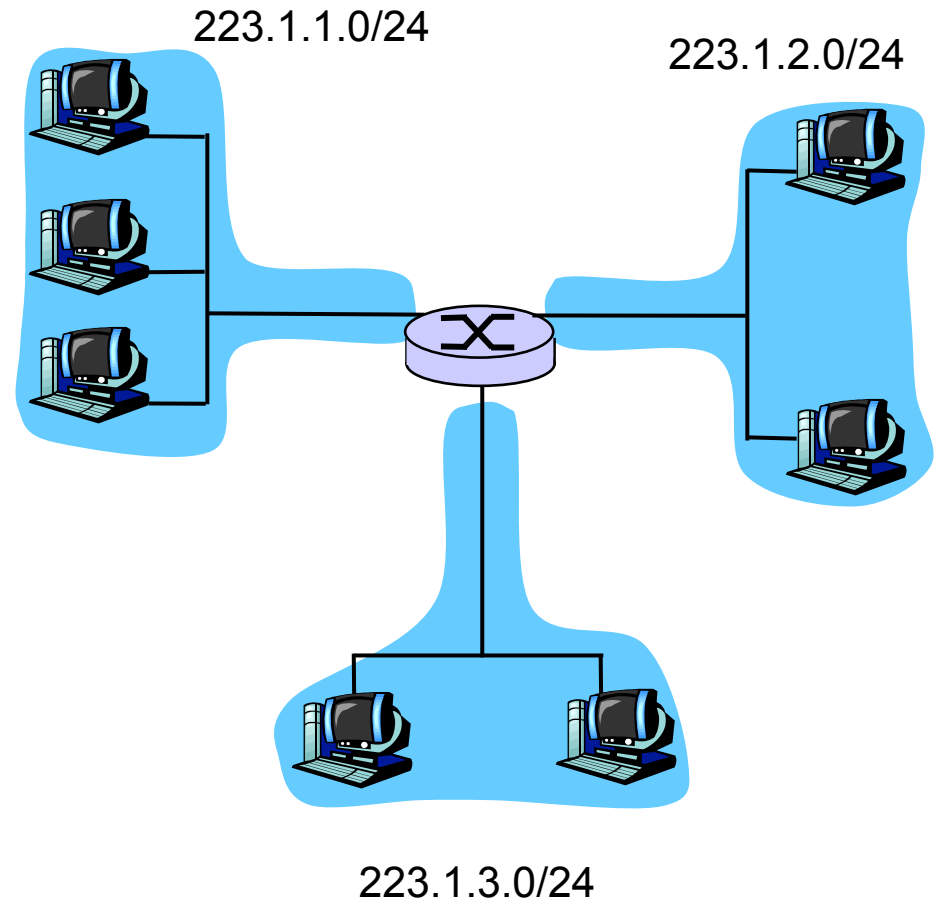


Red consiste de 3 sub-redes

Sub-redes

Receta

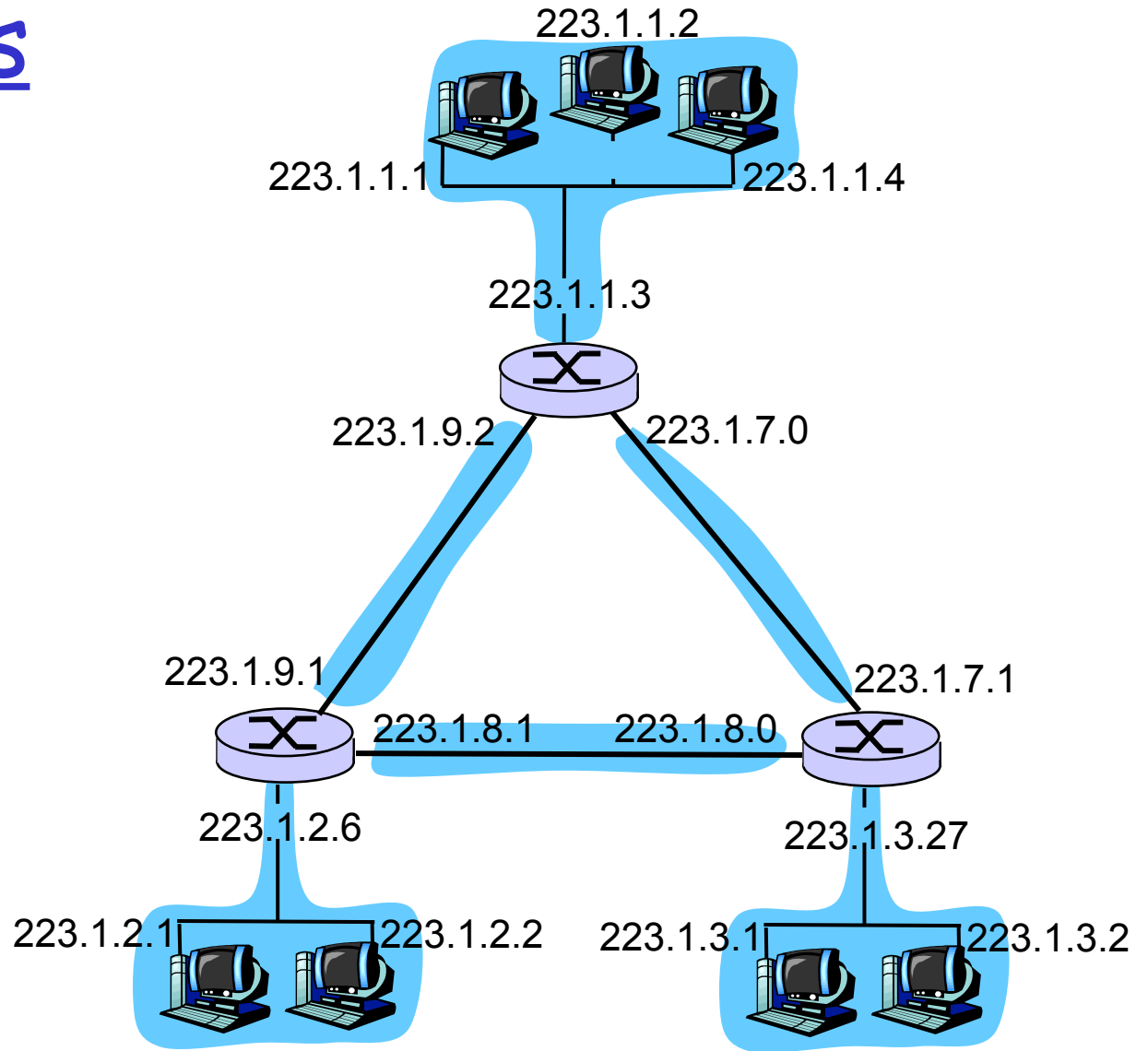
- ❑ Para determinar las sub-redes, desconectar los interfaces del router para crear redes tipo islas independientes.
- ❑ Cada red independiente se llama un **sub-red**.



Máscara de sub-red: /24

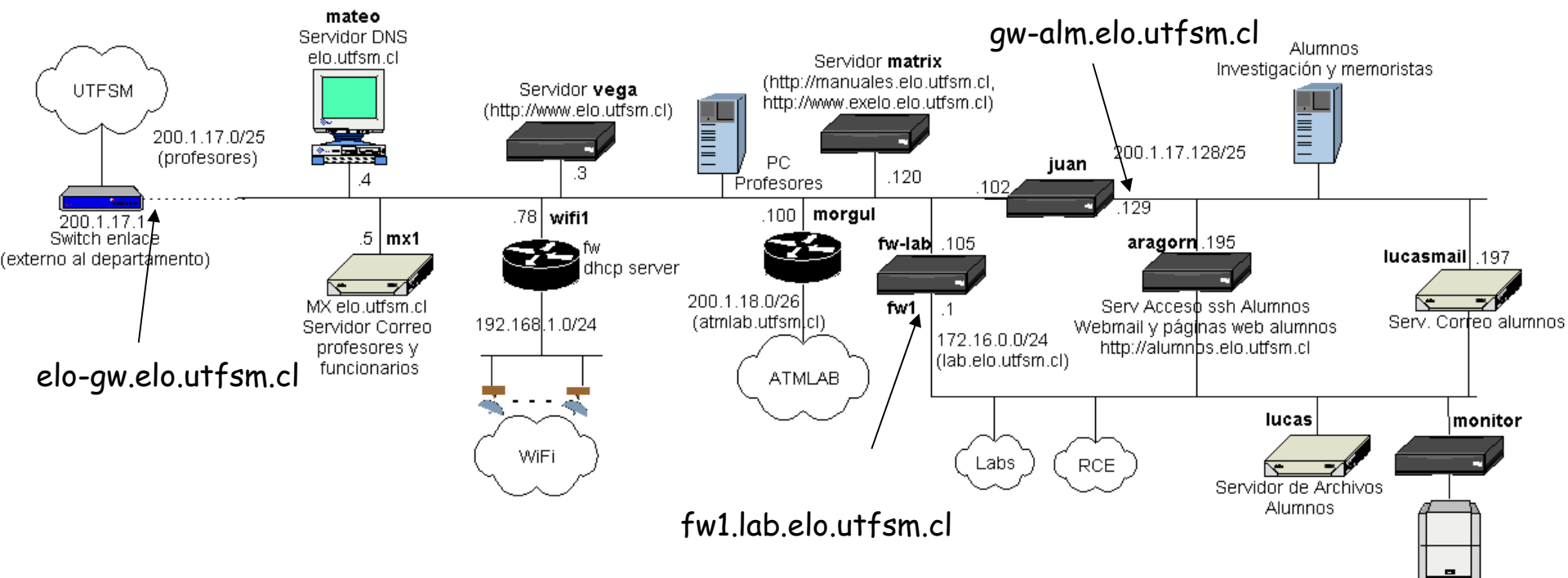
Sub-redes

Cuántas hay?



Ejemplo: traceroute desde red ELO (es esto vigente?)

Diagrama de conexiones lógicas en Elo.



```
aragorn:~$ traceroute www.google.com
```

```
traceroute: Warning: www.google.com has multiple addresses; using 216.239.37.104
```

```
traceroute to www.l.google.com (216.239.37.104), 30 hops max, 38 byte packets
```

- 1 gw-alm (200.1.17.129) 0.151 ms 0.128 ms 0.130 ms
- 2 elo-gw (200.1.17.1) 0.668 ms 2.125 ms 0.590 ms
- 3 * * *

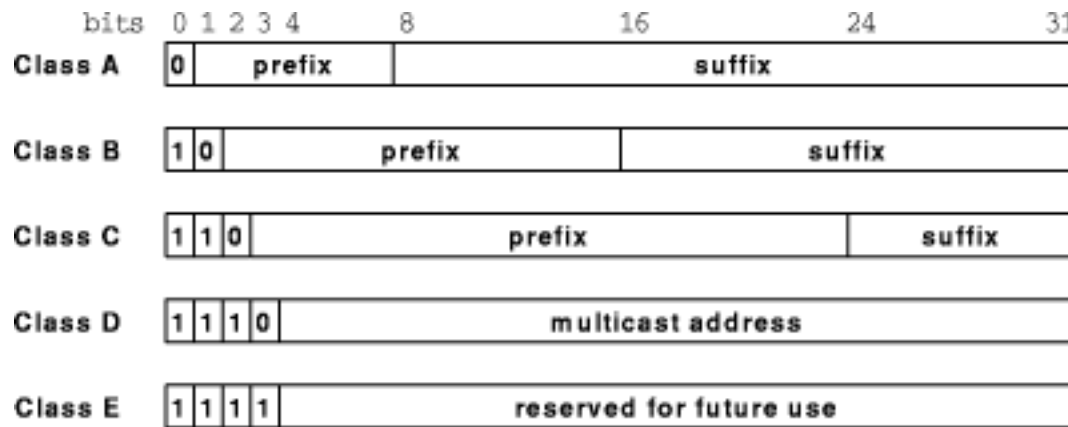
Direccionamiento IP: CLASES

Clases

- Porción de dirección de la red (sub-red) se hace de tamaño fijo
- Ejemplo: Clase C



Classful addressing: Esquema original (con clases A, B, C, D, E)

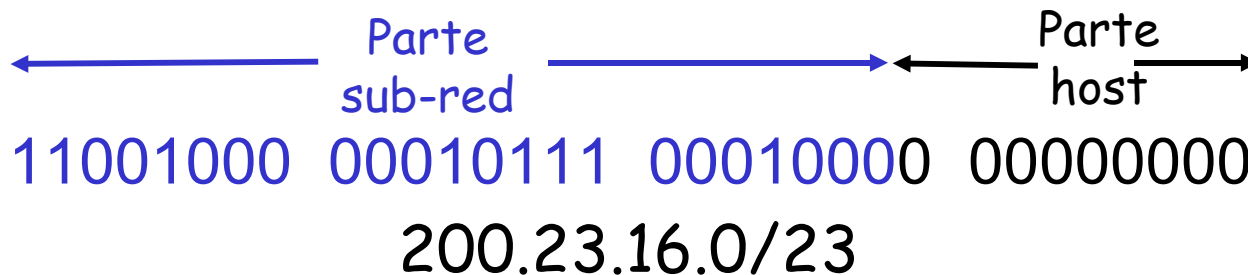


Clase A = subnet /8
Clase B = subnet /16
Clase C = subnet /24

Direccionamiento IP: CIDR

CIDR: Classless InterDomain Routing

- Porción de dirección de la red (subred) se hace de tamaño arbitrario
- Formato de dirección: **a.b.c.d/x**, donde x es el # de bits de la dirección de sub-red



Direcciones IP: ¿Cómo obtener una?

Q: ¿Cómo es que un *host* obtiene su dirección IP?

- Configurada por el administrador en un archivo
 - Windows: control-panel->network->configuration->tcp/ip->properties
 - Linux: /etc/network/interfaces
- **DHCP: Dynamic Host Configuration Protocol:** el host obtiene la dirección dinámicamente desde un servidor
 - "plug-and-play" (más adelante)

Direcciones IP: ¿Cómo obtener una?

Q: ¿Cómo la red obtiene la dirección de subred parte de la dirección IP?

A: Obteniendo una porción del espacio de direcciones del proveedor ISP.

ISP's block	<u>11001000</u>	<u>00010111</u>	<u>00010000</u>	00000000	200.23.16.0/20
Organization 0	<u>11001000</u>	<u>00010111</u>	<u>00010000</u>	00000000	200.23.16.0/23
Organization 1	<u>11001000</u>	<u>00010111</u>	<u>00010010</u>	00000000	200.23.18.0/23
Organization 2	<u>11001000</u>	<u>00010111</u>	<u>00010100</u>	00000000	200.23.20.0/23
...
Organization 7	<u>11001000</u>	<u>00010111</u>	<u>00011110</u>	00000000	200.23.30.0/23

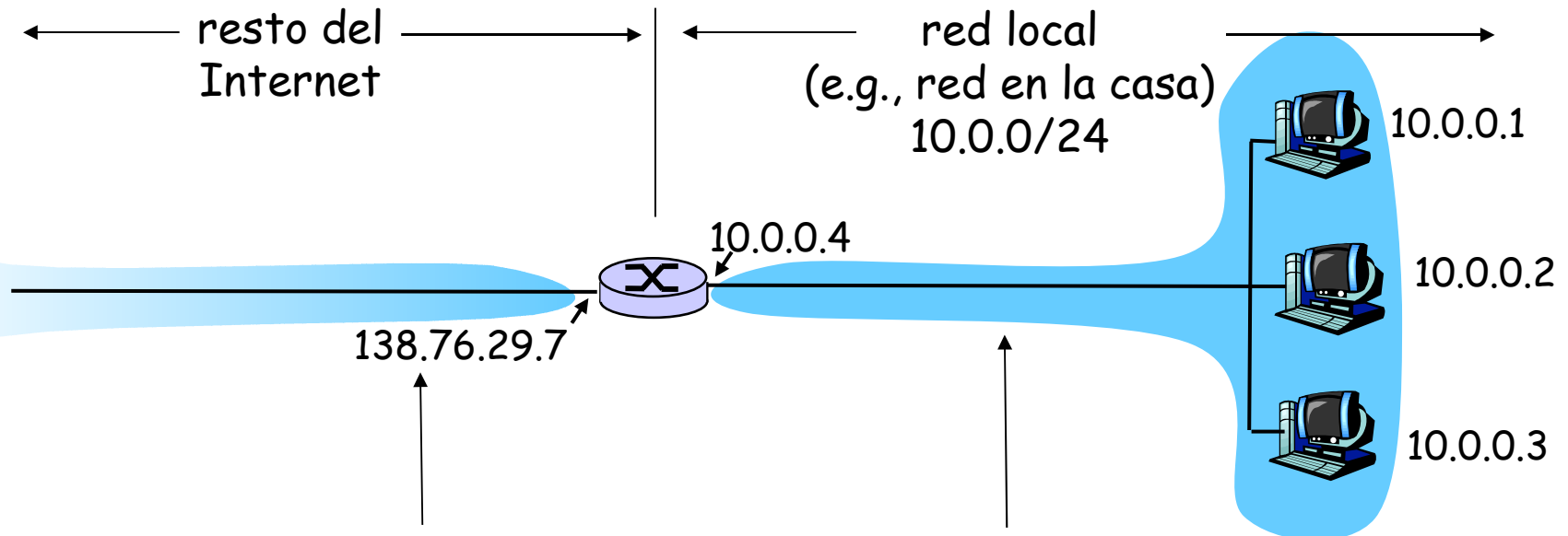
Direccionamiento IP: la última palabra...

Q: ¿Cómo un ISP obtiene un bloque de direcciones?

A: **ICANN:** Internet **C**orporation for **A**ssigned **N**ames and **N**umbers

- Asigna direcciones
- Administra DNS
- Asigna nombre de dominio, resuelve disputas

NAT: Network Address Translation



Todos los datagramas *saliendo* de la red local tienen la *misma* dirección NAT IP: 138.76.29.7, pero diferentes números de puerto

Datagramas con fuente o destino en esta red tienen direcciones 10.0.0/24 (También se puede usar: 192.168.1/24)

NAT: Network Address Translation

- **Motivación:** la idea es usar sólo una dirección IP para acceder al mundo exterior:
 - No necesitamos asignación de un rango del ISP: sólo una dirección externa es usada por todos los equipos internos
 - Podemos cambiar la dirección de equipos en red local sin notificar al mundo exterior
 - Podemos cambiar ISP sin cambiar direcciones de equipos en red local
 - Equipos dentro de la red no son explícitamente direccionables o visibles desde afuera (una ventaja de seguridad).

NAT: Network Address Translation

Implementación: ruteador NAT debe:

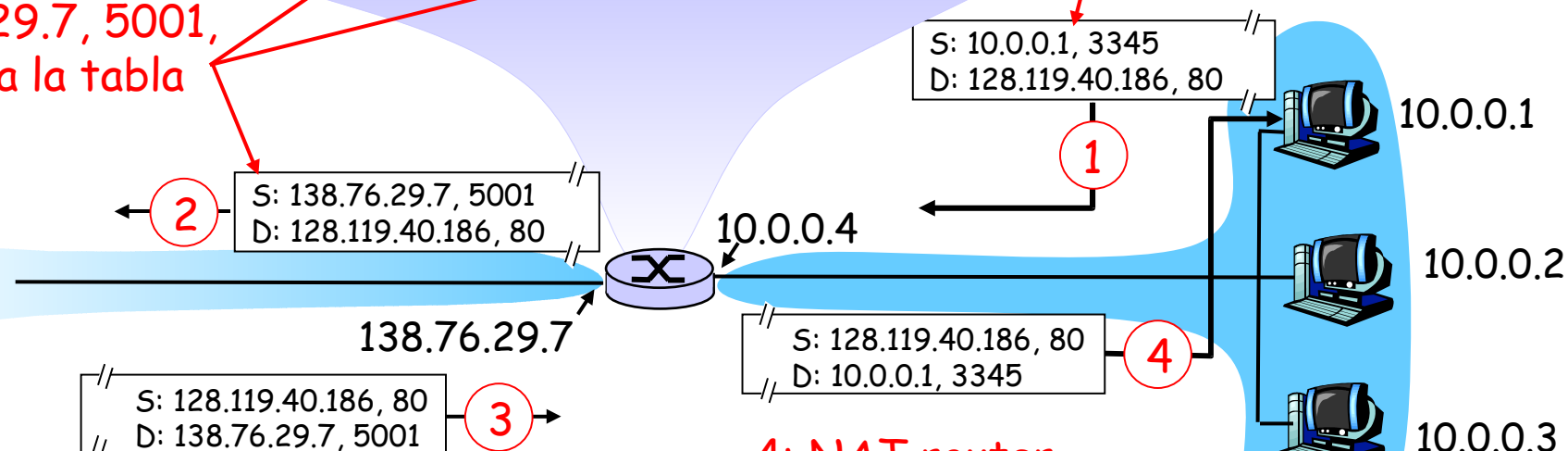
- Para Datagramas salientes: **reemplazar** (IP fuente, # puerto) de cada datagrama saliente por (IP NAT, nuevo # puerto)
... Clientes y servidores remotos responderán usando (IP NAT, nuevo # puerto) como dirección destino.
- **Recordar (en tabla de traducción NAT)** cada par de traducción (IP fuente, # puerto) a (IP NAT, nuevo # puerto)
- Para Datagramas entrantes: **reemplazar** (IP NAT, nuevo # puerto) en campo destino de cada datagrama entrante por correspondiente (IP fuente, # puerto) almacenado en tabla NAT

NAT: Network Address Translation

NAT translation table	
WAN side addr	LAN side addr
138.76.29.7, 5001	10.0.0.1, 3345
.....

2: NAT router cambia la dirección fuente del datagrama de 10.0.0.1, 3345 a 138.76.29.7, 5001, actualiza la tabla

1: host 10.0.0.1 envía datagrama a 128.119.40, 80



3: Respuesta llega a la dirección destino: 138.76.29.7, 5001

4: NAT router cambia dirección destino del datagrama de 138.76.29.7, 5001 a 10.0.0.1, 3345

NAT: Network Address Translation

- ❑ Campo número de puerto es de 16 bits:
 - ~65,000 conexiones simultáneas con una única dirección dentro de la LAN!
- ❑ NAT es controversial:
 - Routers deberían procesar sólo hasta capa 3
 - Viola argumento extremo-a-extremo
 - Posiblemente los NAT deben ser tomados en cuenta por los diseñadores de aplicaciones, eg, aplicaciones P2P
 - En lugar de usar NAT, la carencia de direcciones debería ser resuelta por IPv6

Capítulo 4: Capa de Red

- 4.1 Introducción
- 4.2 Circuitos virtuales y redes de datagramas
- 4.3 ¿Qué hay dentro de un router?
- 4.4 IP: Internet Protocol
 - Formato de Datagrama
 - Direccionamiento IPv4
 - ICMP
 - IPv6
- 4.5 Algoritmo de ruteo
 - Estado de enlace
 - Vector de Distancias
 - Ruteo Jerárquico
- 4.6 Ruteo en la Internet
 - RIP
 - OSPF
 - BGP
- 4.7 Ruteo Broadcast y multicast

ICMP: Internet Control Message Protocol

- ❑ Usado por hosts & routers para comunicar información a nivel de la red
 - Reporte de errores: host inalcanzable, o red, o puerto, o protocolo
 - Echo request/reply (usado por ping)
 - Usado por traceroute (TTL expired, dest port unreachable)
- ❑ Opera en capa transporte:
 - ICMP son llevados por datagramas IP
- ❑ **Mensajes ICMP:** tipo y código de error, más primeros 8 bytes del datagrama que causó el error

<u>Type</u>	<u>Code</u>	<u>description</u>
0	0	echo reply (ping)
3	0	dest. network unreachable
3	1	dest host unreachable
3	2	dest protocol unreachable
3	3	dest port unreachable
3	6	dest network unknown
3	7	dest host unknown
4	0	source quench (congestion control - seldom used)
8	0	echo request (ping)
9	0	route advertisement
10	0	router discovery
11	0	TTL expired
12	0	bad IP header

Traceroute e ICMP

- La fuente envía una serie de segmentos UDP al destino
 - Primero usa TTL=1
 - Luego usa TTL=2, etc.
 - Número de puerto probablemente no usado
 - Cuando el n-ésimo datagrama llega a n-ésimo router:
 - Router descarta el datagrama, y
 - Envía a la fuente un mensaje ICMP "TTL expirado" (tipo 11, código 0)
 - Mensaje incluye nombre del router y dirección IP
 - Cuando mensaje ICMP llega, la fuente calcula el RTT
 - Traceroute hace esto 3 veces
- Criterio de parada
- Segmento UDP eventualmente llega al host destino
 - Host destino retorna paquete ICMP "puerto inalcanzable" (tipo 3, código 3)
 - Cuando la fuente recibe este ICMP, para.

Capítulo 4: Capa de Red

- 4.1 Introducción
- 4.2 Circuitos virtuales y redes de datagramas
- 4.3 ¿Qué hay dentro de un router?
- 4.4 IP: Internet Protocol
 - Formato de Datagrama
 - Direccionamiento IPv4
 - ICMP
 - IPv6
- 4.5 Algoritmo de ruteo
 - Estado de enlace
 - Vector de Distancias
 - Ruteo Jerárquico
- 4.6 Ruteo en la Internet
 - RIP
 - OSPF
 - BGP
- 4.7 Ruteo Broadcast y multicast

IPv6

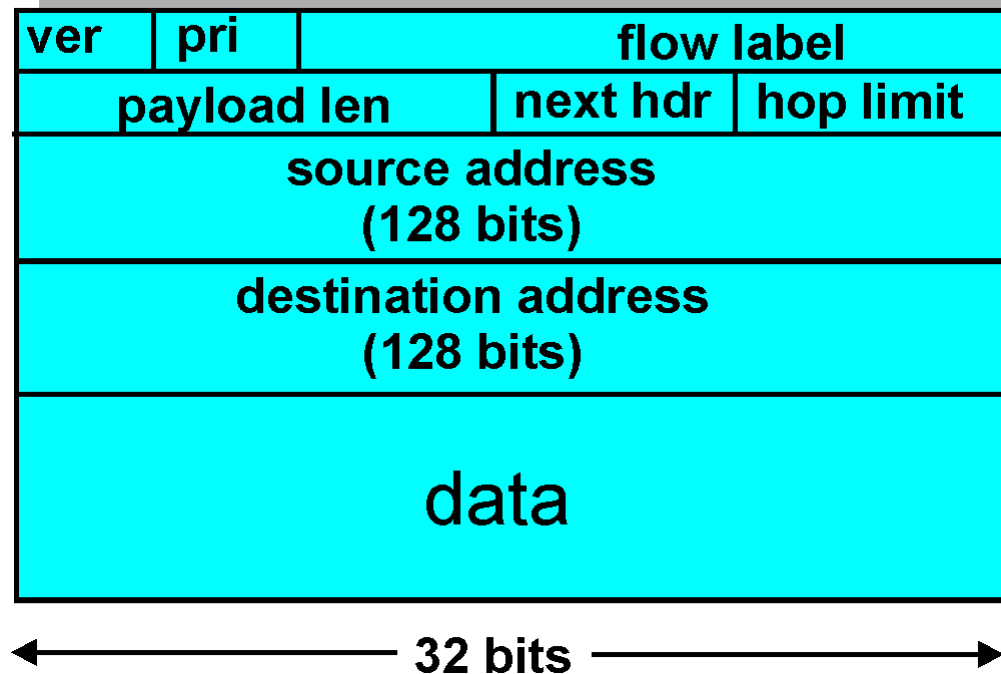
- **Motivación Inicial:** espacio de direcciones de 32-bit pronto serán completamente asignadas.
- **Motivación adicional:**
 - Formato de encabezado debería ayudar a acelerar el procesamiento y re-envío
 - Cambiar encabezado para facilitar QoS

Formato de datagrama IPv6:

- Encabezado de largo fijo de 40 bytes (se duplicó)
- Fragmentación no es permitida

Encabezado IPv6

- *Prioridad*: identifica prioridad entre datagramas en flujo
- *Flow Label*: identifica datagramas del mismo "flujo."
(concepto de "flujo" no está bien definido).
- *Next header*: identifica protocolo de capa superior de los datos



Otros cambios de IPv4 a v6

- ❑ *Checksum*: eliminada enteramente para reducir tiempo de procesamiento en cada router al ser redundante, ya está en capa transporte y enlace (Ethernet)
- ❑ *Options*: permitidas, pero fuera del encabezado, indicado por campo "Next Header"
- ❑ *ICMPv6*: nueva versión de ICMP
 - Tipos de mensajes adicionales, e.g. "Paquete muy grande" (usado en el descubrimiento de MTU: unidad máxima de transmisión)
 - Funciones para administrar grupos multicast

Transición de IPv4 a IPv6

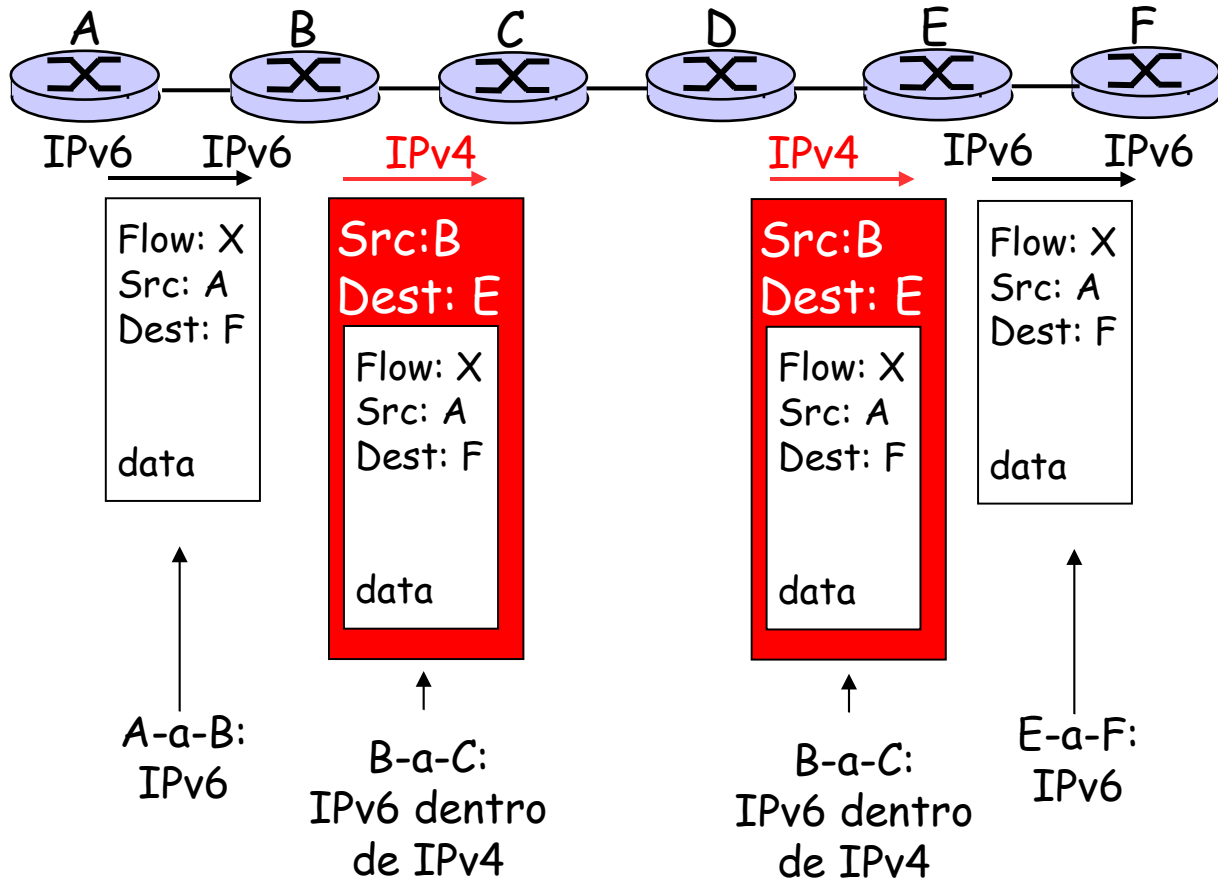
- ❑ No todos los routers pueden ser actualizados (upgraded) simultáneamente
 - No es posible definir un día para cambio "día de bajada de bandera"
 - ¿Cómo operará la red con routers IPv4 e IPv6 mezclados?
- ❑ *Tunneling*: IPv6 es llevado como carga en datagramas IPv4 entre routers IPv4

Tunneling

Vista l3gica:



Vista f3sica:



Capítulo 4: Capa de Red

- ❑ 4.1 Introducción
- ❑ 4.2 Circuitos virtuales y redes de datagramas
- ❑ 4.3 ¿Qué hay dentro de un router?
- ❑ 4.4 IP: Internet Protocol
 - Formato de Datagrama
 - Direccionamiento IPv4
 - ICMP
 - IPv6
- ❑ 4.5 Algoritmos de ruteo
 - Estado de enlace
 - Vector de Distancias
 - Ruteo Jerárquico
- ❑ 4.6 Ruteo en la Internet
 - RIP
 - OSPF
 - BGP
- ❑ 4.7 Ruteo Broadcast y multicast