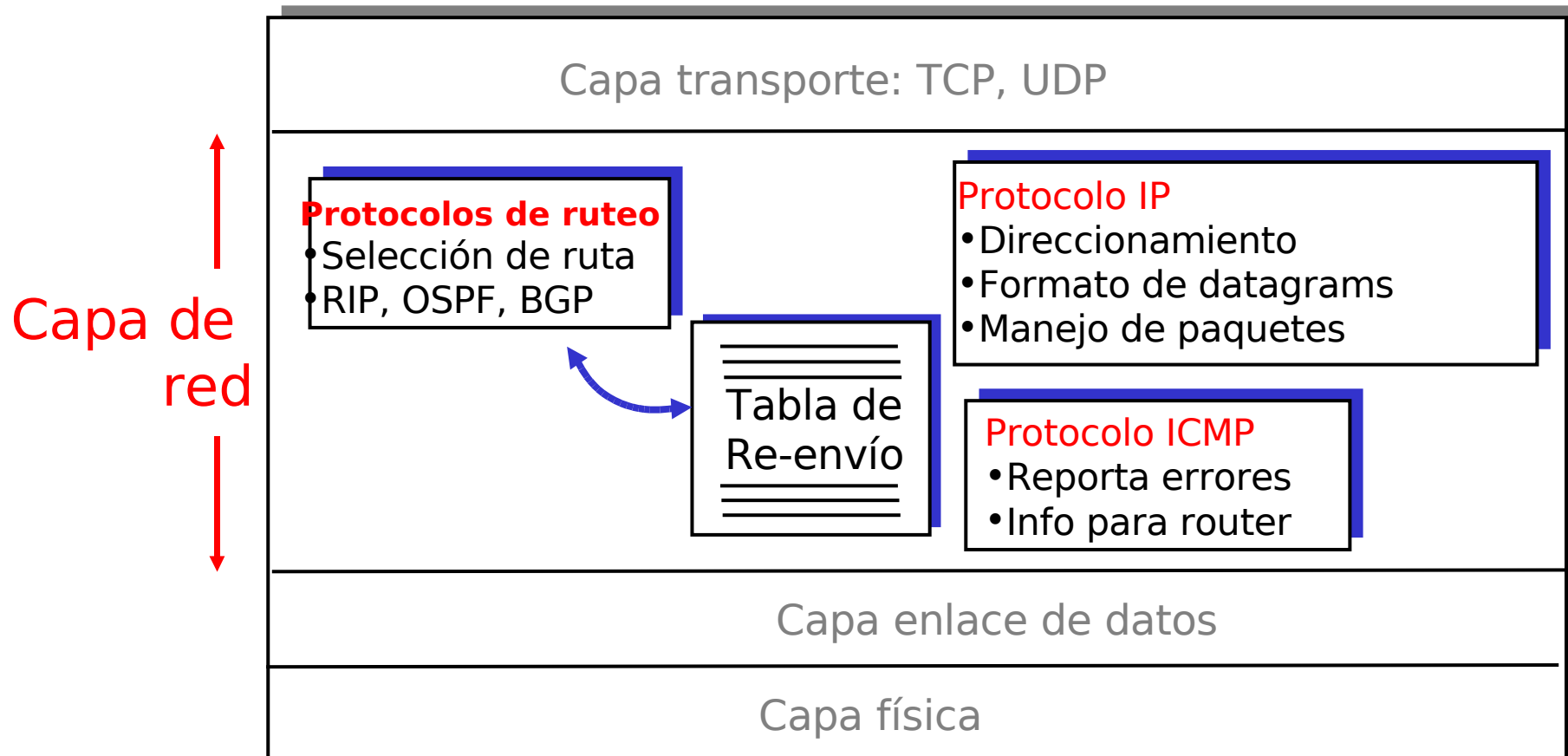


Capítulo 4: Capa de Red

- ❑ 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

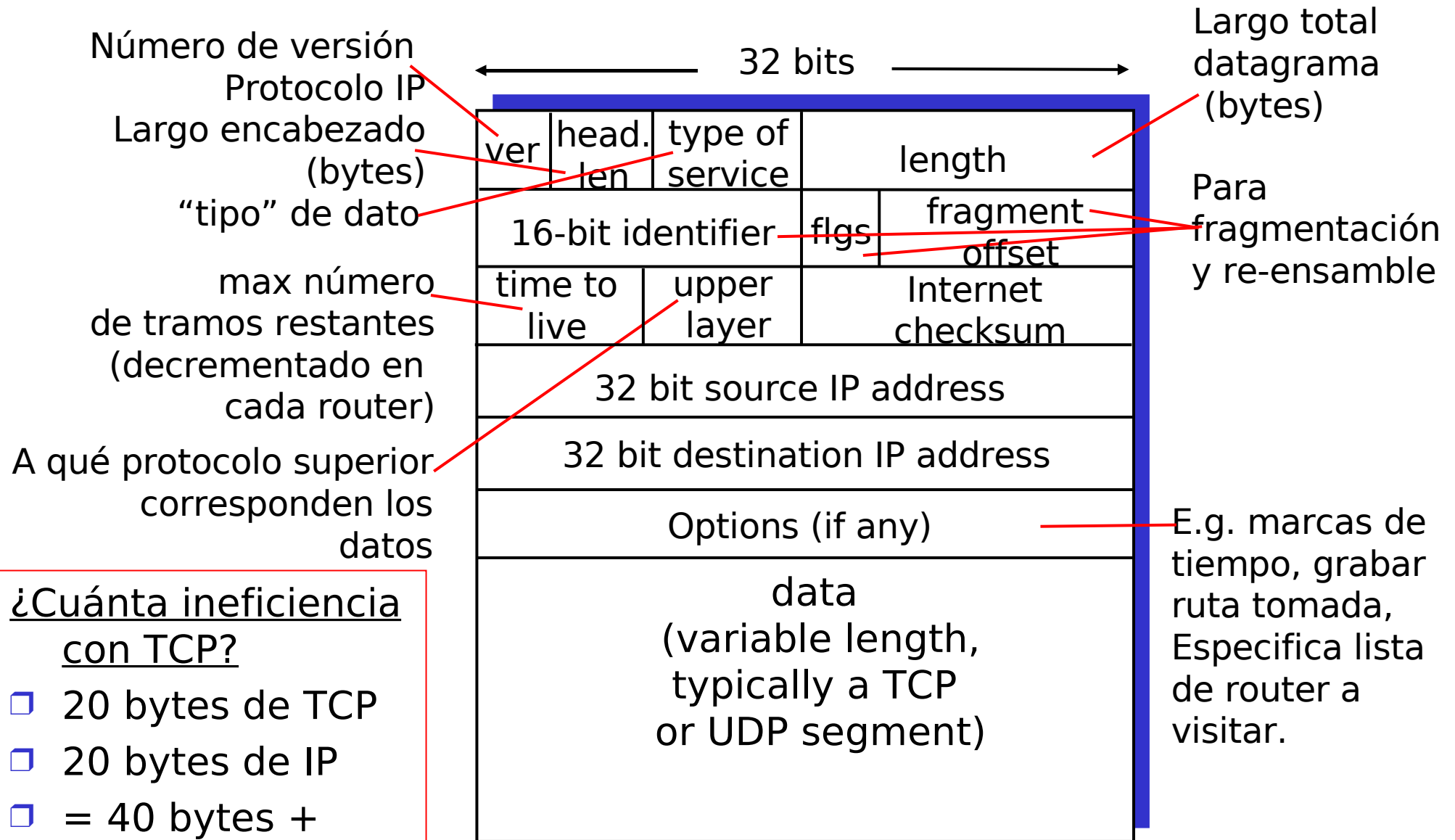
Funciones de la capa de red de host y router :



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 IP



¿Cuánta ineficiencia con TCP?

- ❑ 20 bytes de TCP
- ❑ 20 bytes de IP
- ❑ = 40 bytes + encabezado capa aplicación

Fragmentación y re-ensamble IP

Ejemplo

- ❑ 4000 byte datagram
- ❑ MTU = 1500 bytes

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

Un datagrama grande es transformado en varios datagramas más pequeños

1480 bytes en
campo de datos

offset =
 $1480/8$

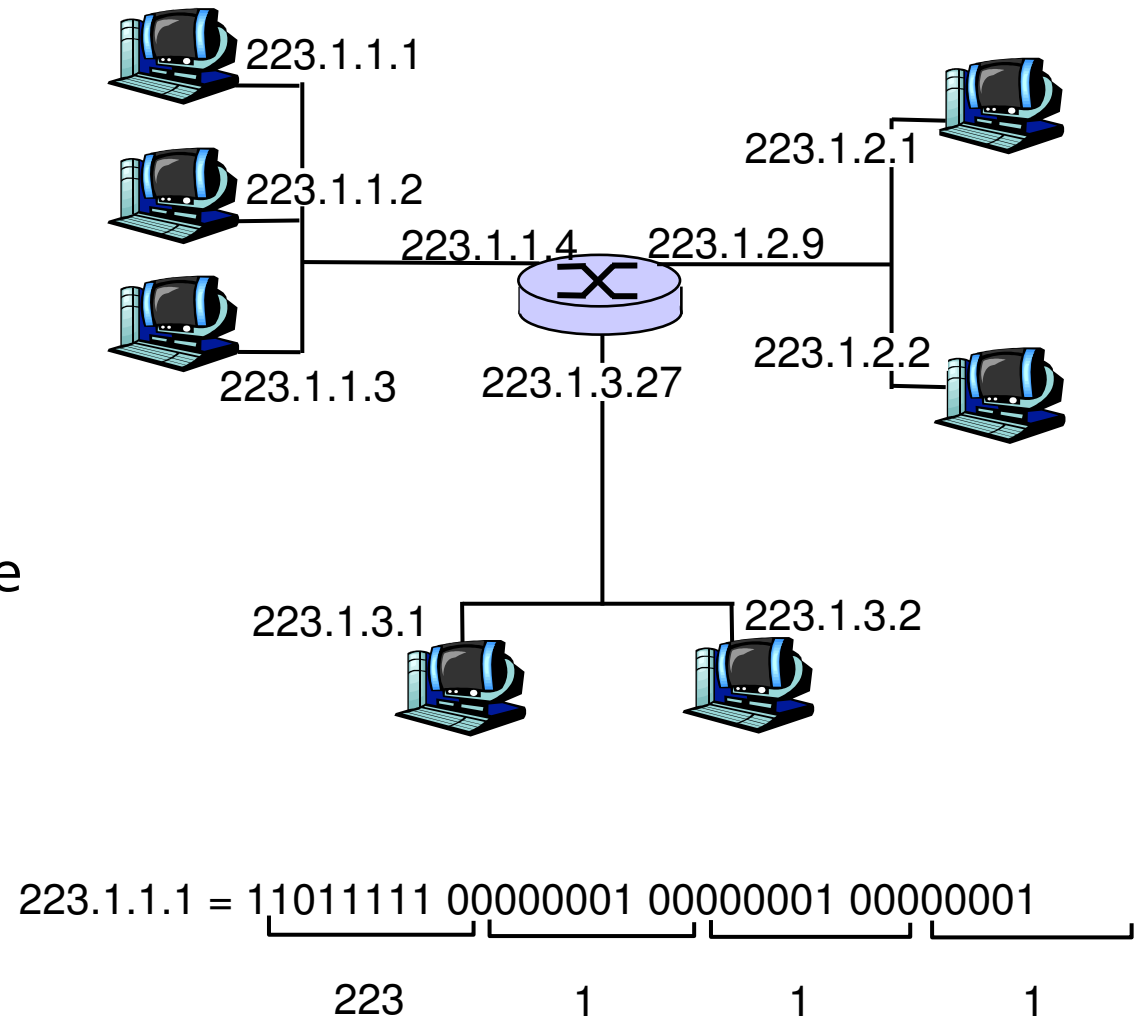
| | | | | | |
|--|----------------|----------|----------------|----------------|--|
| | largo =1500 | ID =x | fragflag =1 | offset =0 | |
| | largo =1500 | ID =x | fragflag =1 | offset =185 | |
| | largo =1040 | ID =x | fragflag =0 | offset =370 | |

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

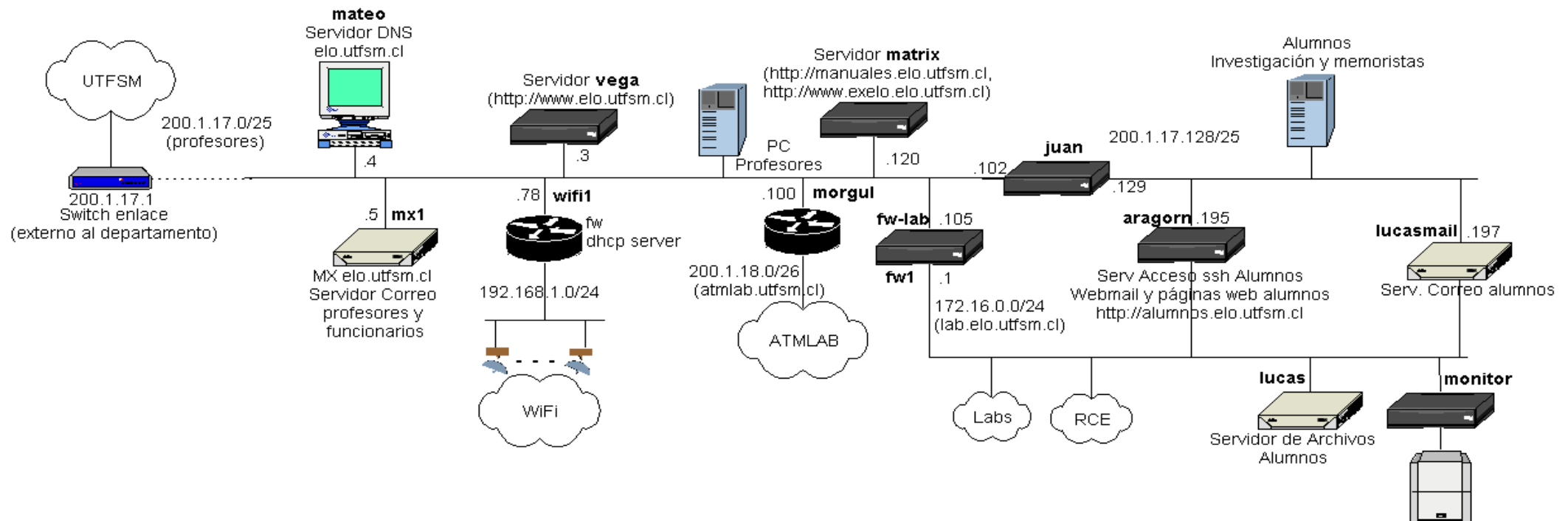
- ❑ Dirección IP:
identificador de 32-bit
por host o *interfaz* en
router
- ❑ *interfaz*: conexión
entre host o router y
enlace físico
 - router típicamente tiene
múltiples interfaces
 - host puede tener
múltiples interfaces
 - Direcciones IP están
asociadas a cada
interfaz



RED ELO

(http://www.elo.utfsm.cl/~rce/images/stories/rce/diagrama_red_elos_todo.png)

Diagrama de conexiones lógicas en Elo.



Direccionamiento IP: CIDR

CIDR: Classless InterDomain Routing

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



200.23.16.0/23

Situación original
(con clases):

| | bits | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 8 | 16 | 24 | 31 |
|---------|------|---|---|---|---|---|-------------------------|----|----|--------|
| Class A | | 0 | | | | | prefix | | | suffix |
| Class B | | 1 | 0 | | | | prefix | | | suffix |
| Class C | | 1 | 1 | 0 | | | prefix | | | suffix |
| Class D | | 1 | 1 | 1 | 0 | | multicast address | | | |
| Class E | | 1 | 1 | 1 | 1 | | reserved for future use | | | |

Direcciones IP: ¿Cómo obtener una?

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

- ❑ Configurada por el administrador en un archivo
 - Windows: control-panel->network->configuration->tcp/ip->properties
 - UNIX: /etc/rc.config
- ❑ **DHCP**: **D**ynamic **H**ost **C**onfiguration **P**rotocol: 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 00010111 00010000</u> 00000000 | 200.23.16.0/20 |
| Organization 0 | <u>11001000 00010111 00010000</u> 00000000 | 200.23.16.0/23 |
| Organization 1 | <u>11001000 00010111 00010010</u> 00000000 | 200.23.18.0/23 |
| Organization 2 | <u>11001000 00010111 00010100</u> 00000000 | 200.23.20.0/23 |
| ... | | |
| Organization 7 | <u>11001000 00010111 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

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

NAT: Network Address Translation

Implementación: ruteador NAT debe:

- *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)
- *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

- ❑ Campo de número de puerto es de 16 bits:
 - ~60,000 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 de a nivel de la red

- Reporte de errores: host inalcanzable, o red, o puerto, o protocolo
- eco request/reply (usado por ping)

- ❑ Funcionalidad de Capa de red “sobre” IP:

- 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 - not 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 no probablemente 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

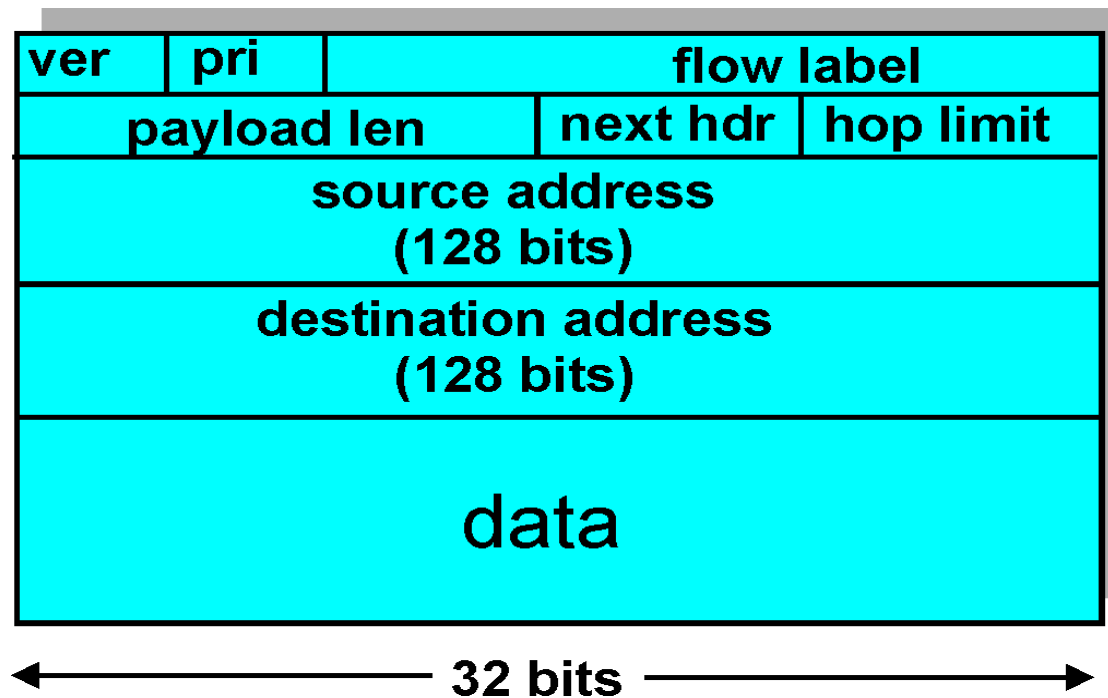
- ❑ 4. 1 Introducción
- ❑ 4.2 Circuitos virtuales y redes de datagramas
- ❑ 4.3 ¿Qué hay dentro de un router?
- ❑ 4.4 IP: Internet Protocol
 - Formato de Datagrama
 - Direccionamiento IPv4
 - ICMP
 - IPv6
- ❑ 4.5 Algoritmo de ruteo
 - Estado de enlace
 - Vector de Distancias
 - Ruteo Jerárquico
- ❑ 4.6 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 ayuda a acelerar el procesamiento y re-envío
 - Encabezado cambia para facilitar QoS
- Formato de datagrama IPv6:**
- Encabezado de largo fijo de 40 bytes
 - 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
- ❑ *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

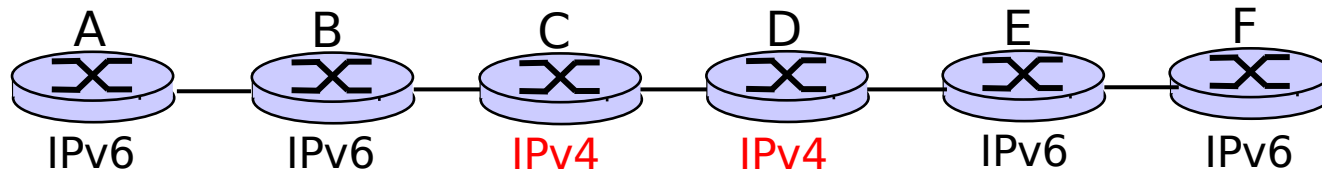
- ❑ No todos los routers pueden ser actualizados (upgraded) simultáneamente
 - No es posible definir un día para cambio “día de bajada de bandera”
 - ¿Cómo operará la red con routers IPv4 e IPv6 mezclados?
- ❑ *Tunneling*: IPv6 es llevado como carga en datagramas IPv4 entre routers IPv4

Tunneling

Vista l3gica:



Vista f3sica:



Flow: X
Src: A
Dest: F
data

A-a-B:
IPv6

Src:B
Dest: E

Flow: X
Src: A
Dest: F
data

B-a-C:
IPv6 dentro
de IPv4

Src:B
Dest: E

Flow: X
Src: A
Dest: F
data

B-a-C:
IPv6 dentro
de IPv4

Flow: X
Src: A
Dest: F
data

E-a-F:
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 **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