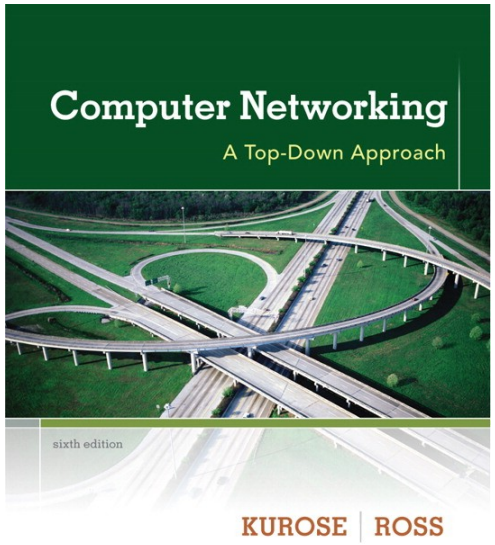
Capítulo 4
Capa de red



Estas clases son de Kurose y Ross

Gracias a Kurose y Ross que pusieron este material a nuestra disposición

La traducción y adaptación es de Alejandra Stolk para la materia Redes de Computadoras

Computer Networking: A Top Down Approach
6th edition
Jim Kurose, Keith Ross
Addison-Wesley
March 2012

All material copyright 1996-2012
© J.F Kurose and K.W. Ross, All Rights Reserved

Capítulo 4: capa de red

objetivo:

- Entender los principios detrás de la capa de red:
  - modelos de servicio de capa de red
  - Reenvío (fordward) versus enrutamiento (routing)
  - cómo funciona un enrutador
  - enrutamiento (selección de ruta)
  - difusión, multidifusión
- Instanciación, implementación en Internet

Capítulo 4: la ruta

4.1 Introducción
4.2 Circuito virtual y redes de datagramas
4.3 ¿Qué hay dentro de un enrutador?
4.4 IP: Protocolo de Internet
- Formato del datagrama
- Direccionamiento IPv4
- Protocolo ICMP
- Direccionamiento IPv6

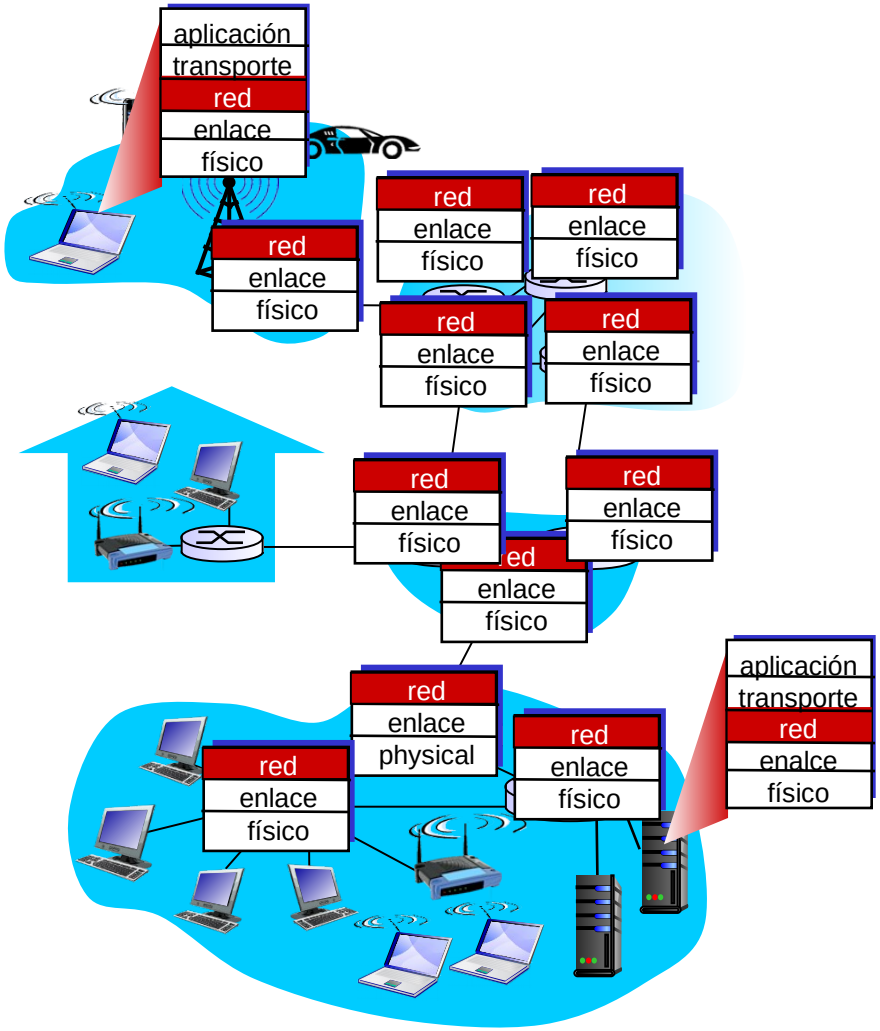
4.5 Algoritmos de enrutamiento
- Estado del enlace
- Vector de distancia
- Enrutamiento jerárquico

4.6 Enrutamiento en Internet
- RIP
- OSPF
- BGP

4.7 enrutamiento de difusión y multidifusión

Capa de red

- segmento de transporte desde el envío al equipo receptor
- en el lado de envío encapsula segmentos en datagramas
- en el lado de recepción, entrega segmentos a la capa de transporte
- protocolos de capa de red en cada host, enrutador
- el enrutador examina los campos del encabezado en todos los datagramas IP que pasan por él



Dos funciones clave de capa de red

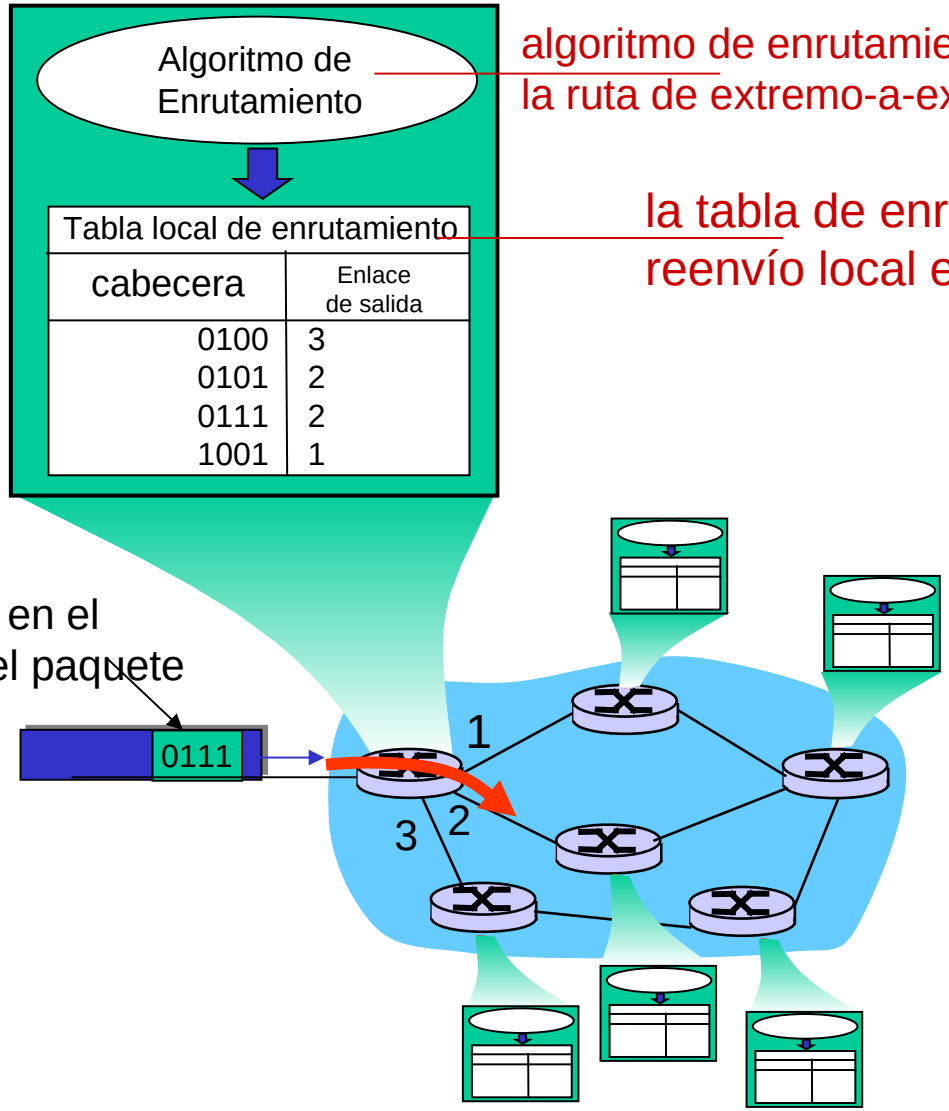
OJO con estos conceptos:

- *Reenvío (forwarding):* mover paquetes desde la entrada del enrutador a la salida del enrutador apropiado
- *enrutamiento:* determinar la ruta tomada por los paquetes desde el origen hasta el destino.
  - *algoritmos de enrutamiento*

analogía:

- *enrutamiento:* proceso de planear el viaje de la fuente al destino
- *Re-enviando (forwarding):* proceso de llegar a través de un solo intercambio

Interacción entre enrutamiento y reenvío



algoritmo de enrutamiento determina la ruta de extremo-a-extremo a través de la red

la tabla de enrutamiento determina reenvío local en este enrutador

valor que llega en el encabezado del paquete

Configuración de la conexión

- 3 funciones importantes en algunas arquitecturas de red:
  - ATM, frame relay, X.25
- antes del flujo de datagramas, dos equipos en los extremos y enrutadores intermedios establecen una conexión virtual
  - se involucran los enrutadores
- servicio de conexión de red vs transporte:
  - *red:* entre dos hosts (también puede implicar enrutadores intermedios en caso de VCs)
  - *transporte:* entre 2 procesos

Modelo de servicio de red

P: ¿Qué modelo de servicio sirve para cada "canal" que transporta datagramas de emisor a receptor?

ejemplos de servicios para datagramas individuales:

- Entrega garantizada
- Entrega garantizada con menos de 40 msec de retraso

ejemplos de servicios para un flujo de datagramas:

- Entrega organizada de datagramas
- garantizado ancho de banda mínimo para fluir
- restricciones en los cambios en el espaciado entre paquetes

Restricciones en los cambios en el espaciado entre paquetes:

Arquitectura De red	Modelo de servicio	Garantía ?				Congestión realimentación
		Ancho de banda	perdida	ordenado	Sincronización	
Internet	mejor esfuerzo	no	no	no	no	no (se infieren vía pérdidas)
ATM	CBR	tasa constante	si	si	si	sin congestión
ATM	VBR	tasa garantizada	si	si	si	sin congestión
ATM	ABR	mínimo garantizado	no	si	no	si
ATM	UBR	no	no	si	no	no

CBR tasa constante de bits VBR tasa variables de bits
ABR tasa disponible de bits UBR tasa no especificada de bits

Capítulo 4: la ruta

4.1 Introducción
4.2 Circuito virtual y redes de datagramas
4.3 ¿Qué hay dentro de un enrutador?
4.4 IP: Protocolo de Internet
- Formato del datagrama
- Direccionamiento IPv4
- Protocolo ICMP
- Direccionamiento IPv6

4.5 Algoritmos de enrutamiento
- Estado del enlace
- Vector de distancia
- Enrutamiento jerárquico

4.6 Enrutamiento en Internet
- RIP
- OSPF
- BGP

4.7 enrutamiento de difusión y multidifusión

Servicio con y sin conexión

- *datagrama* la red proporciona capa de red servicio *sin-conexión*
- *circuito-virtual* la red proporciona un servicio de *conexión* de capa de red
- análoga a los servicios de capa de transporte orientados a conexión TCP / UDP / sin conexión, pero:
  - *servicio:* equipo-a-equipo
  - *sin opción:* la red proporciona uno u otro
  - *Implementación: en el núcleo de la red*

Circuitos virtuales (CV)

"de la fuente al destino la ruta se comporta cómo un circuito telefónico"

- En cuánto a rendimiento
- Acciones de red que siguen la ruta desde la fuente al destino

- configuración de llamada, desmontaje para cada llamada antes de que los datos puedan fluir
- cada paquete lleva un identificador de circuito virtual (que no es la dirección de destino)
- cada enrutador en la ruta fuente-destino mantiene "estado" para cada conexión que pasa
- enlace, los recursos del enrutador (ancho de banda, búferes) se pueden asignar a VC (recursos dedicados = servicio predecible)

Implementación de CV

Un CV consiste en:

1. *ruta* desde la fuente hasta el destino
2. *número de CV*, un número por cada enlace en el camino
3. *Entradas en el tabla de enrutamiento* en los enrutadores del camino

- el paquete perteneciente a ese CV lleva el número de CV (en lugar de la dirección de destino)
- el número de CV puede cambiar en cada enlace
  - Un nuevo número de CV viene de la tabla de enrutamiento

Tabla de enrutamiento de los CV

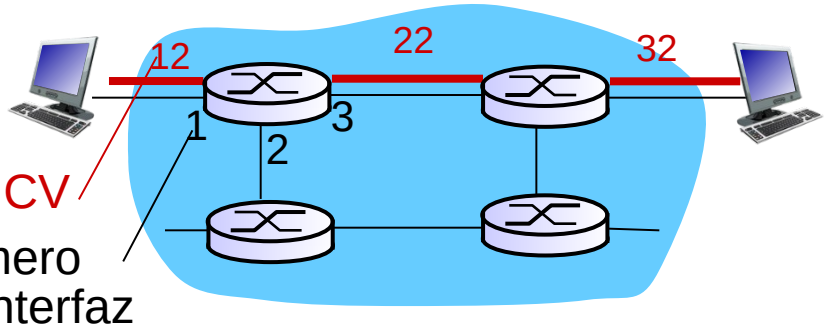


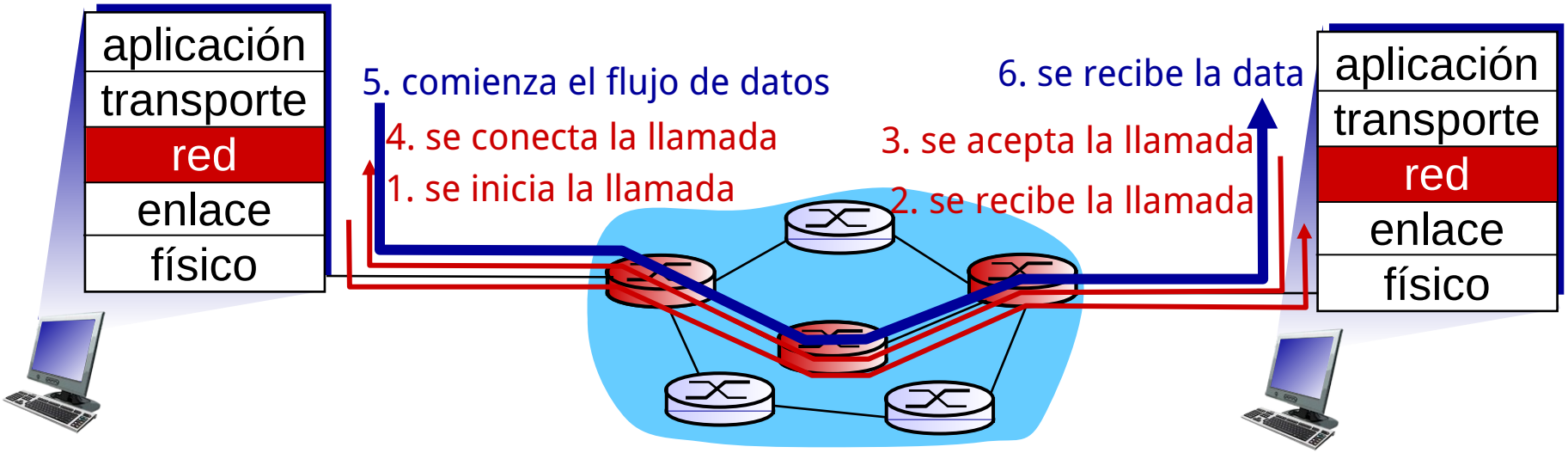
Tabla de enrutamiento en el enrutador del noroeste:

Interfaz de entrada	#CV de entrada	Interfaz de salida	#CV de salida
1	12	3	22
2	63	1	18
3	7	2	17
1	97	3	87
…	…	…	…

Los enrutadores de CV mantienen el estado de la conexión!

Circuitos virtuales: protocolos de señalización

- utilizado para configurar y mantener el CV
- usado en los ATM (modo de transferencia asincrónica), frame-relay, X.25
- no utilizado en la Internet de hoy



Redes de datagramas

- no hay llamada a nivel de la capa de red
- enrutadores: no hay estado de la conexión de extremo a extremos
- paquetes reenviados usando la dirección de equipo destino

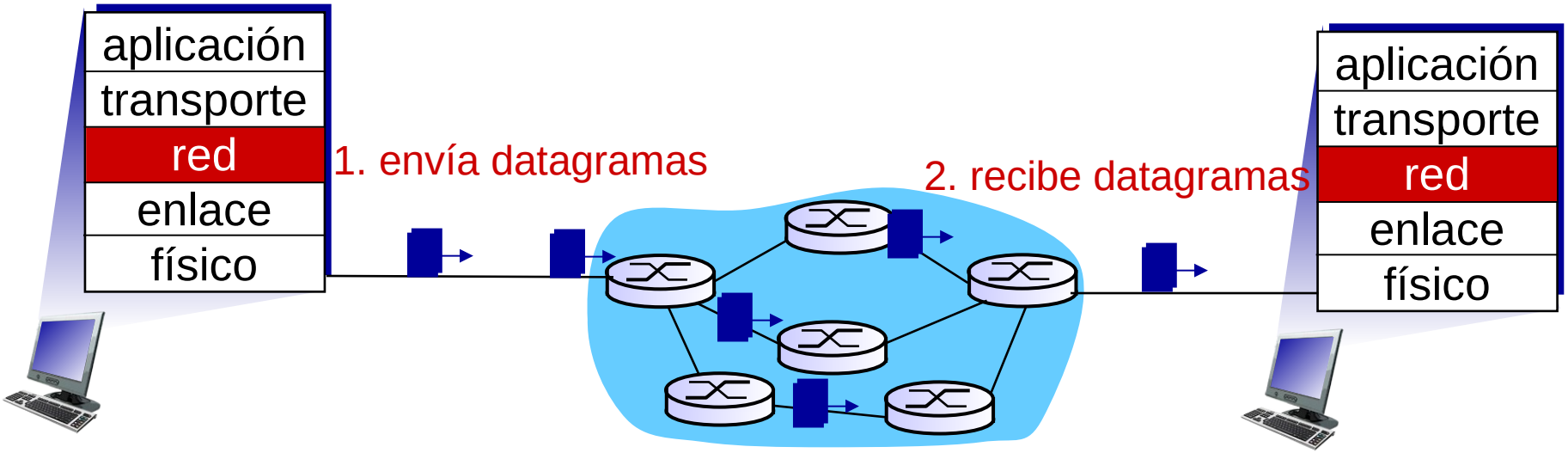


Tabla de enrutamiento para datagramas

Algoritmo de enrutamiento

Tabla local de enrutamiento

Dirección destino	Enlace de salida
rango-direcciones 1	3
rango-direcciones 2	2
rango-direcciones 3	2
rango-direcciones 4	1

4 mil millones de direcciones IP, por lo tanto, en lugar de enumerar la dirección de destino individual, se lista un rango de direcciones (entradas de tabla agregadas)

Dirección IP de destino llegando en el encabezado del paquete

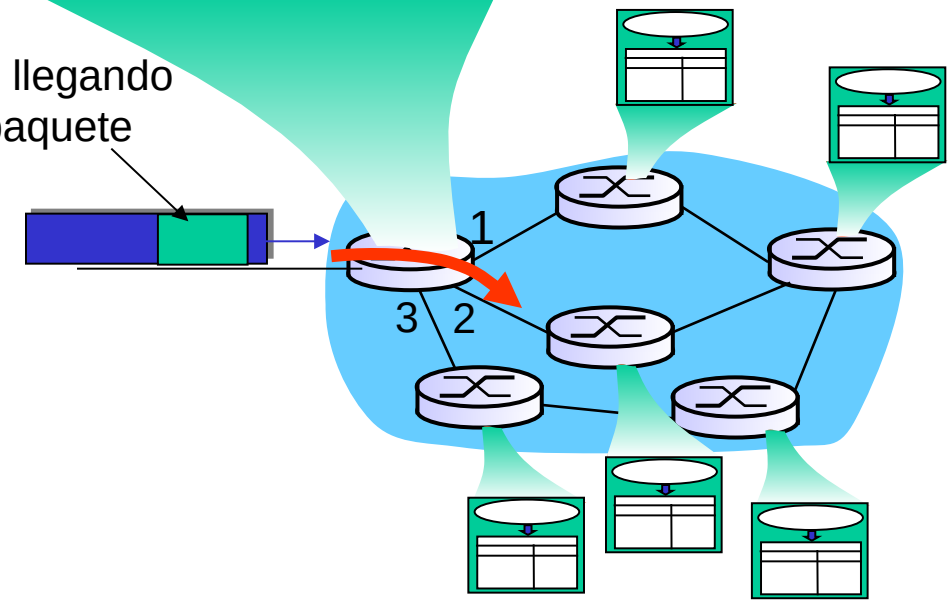


Tabla de enrutamiento de datagramas

Rango de direcciones de destino	Interfaz de enlace
11001000 00010111 00010000 00000000 mediante **11001000 00010111 00010111 11111111**	0
11001000 00010111 00011000 00000000 mediante **11001000 00010111 00011000 11111111**	1
11001000 00010111 00011001 00000000 mediante **11001000 00010111 00011111 11111111**	2
y si no coincide...	3

P: pero, ¿qué sucede si los rangos no se dividen tan bien?

La coincidencia de prefijo más largo

coincidencia de prefijo más largo

al buscar la entrada de la tabla de reenvío para una dirección de destino determinada, se usa el prefijo de dirección más largo que coincida con la dirección de destino.

Rango de direcciones de destino	Interfaz de enlace
11001000 00010111 00010*** *********	0
11001000 00010111 00011000 *********	1
11001000 00010111 00011*** *********	2
y si no coincide...	3

ejemplos:

DD: 11001000 00010111 00010110 10100001 Cuál interfaz?

DD: 11001000 00010111 00011000 10101010 Cuál interfaz?

Red de Datagrama o Circuito virtual network: Porqué?

Internet (datagramas)

- intercambio de datos entre computadoras
  - servicio “elástico”, sin resctriciones de sincronización
- muchos tipos de enlaces
  - características diferentes
  - servicios uniformes sobre diferentes medios
- sistemas finales “inteligentes”
  - adaptable, realiza control de tráfico, recuperación ante errores
  - *simple dentro de la red, complejidad en el "borde"*

ATM (CV)

- representa una evolución de la telefonía:
  - sincronización en tiempo, requiere confiabilidad
  - necesita garantía de servicios
- sistemas finales “tontos”
  - teléfonos
  - *Red compleja desde adentro*

Capítulo 4: la ruta

4.1 Introducción
4.2 Circuito virtual y redes de datagramas
4.3 ¿Qué hay dentro de un enrutador?
4.4 IP: Protocolo de Internet
- Formato del datagrama
- Direccionamiento IPv4
- Protocolo ICMP
- Direccionamiento IPv6

4.5 Algoritmos de enrutamiento
- Estado del enlace
- Vector de distancia
- Enrutamiento jerárquico

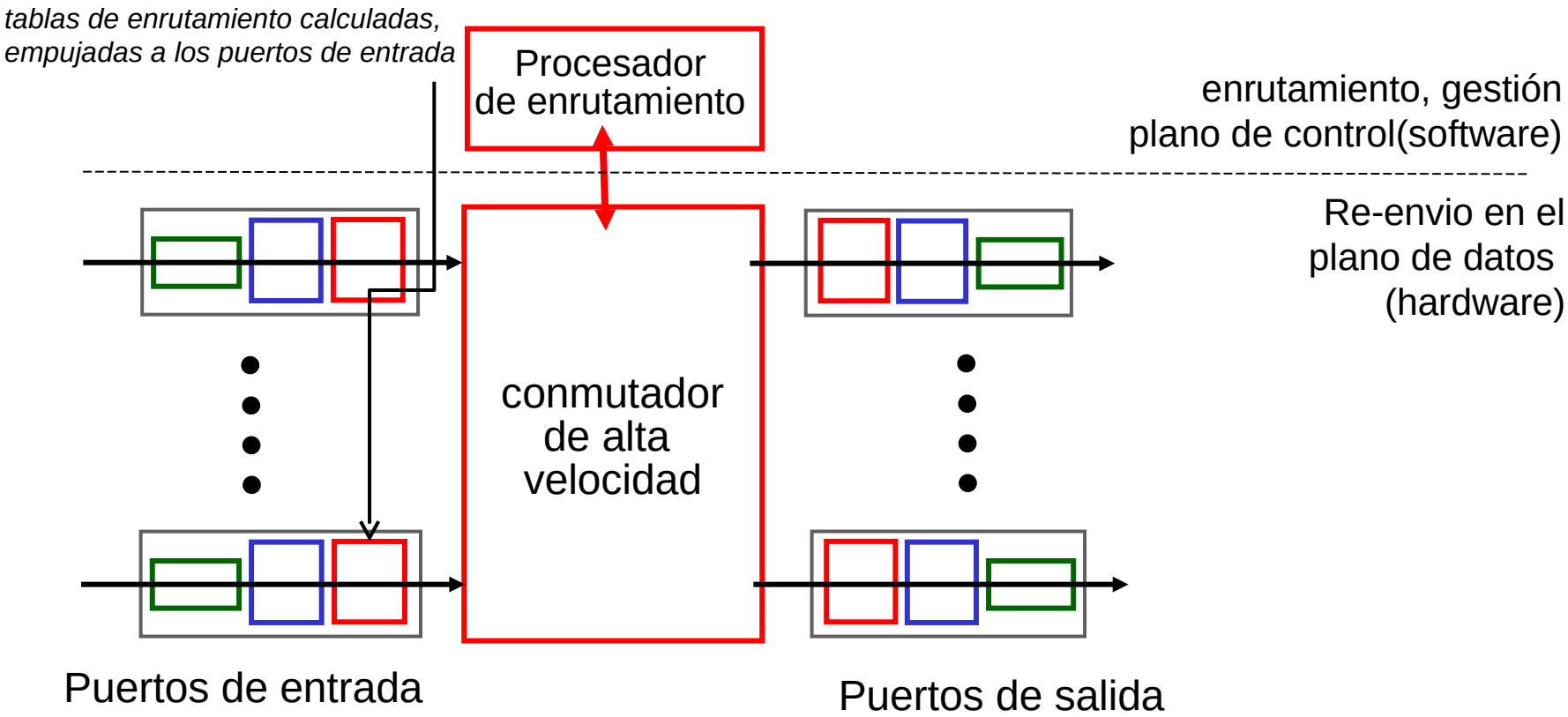
4.6 Enrutamiento en Internet
- RIP
- OSPF
- BGP

4.7 enrutamiento de difusión y multidifusión

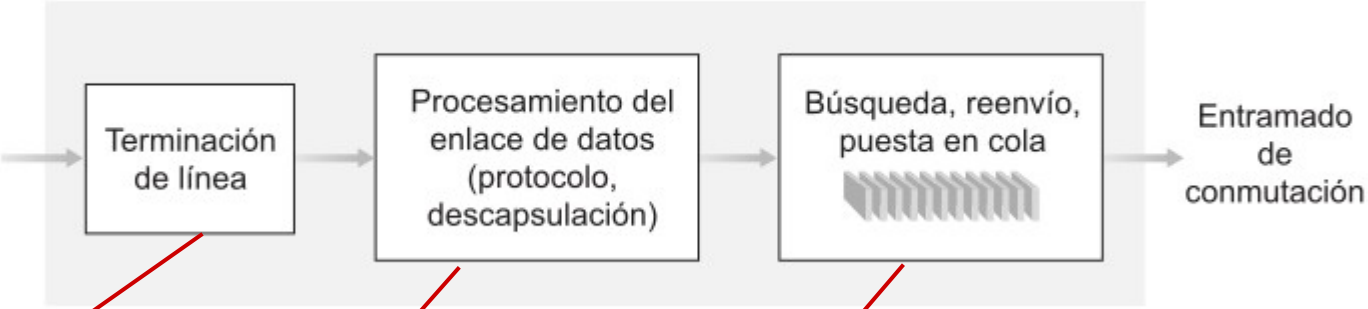
Arquitectura del enrutador

2 funciones críticas del enrutador:

- Ejecuta los algoritmos de enrutamiento (RIP, OSPF, BGP)
- Re-envía los datagramas



Funciones de los puertos de entrada



capa física:
recepción a nivel de bits

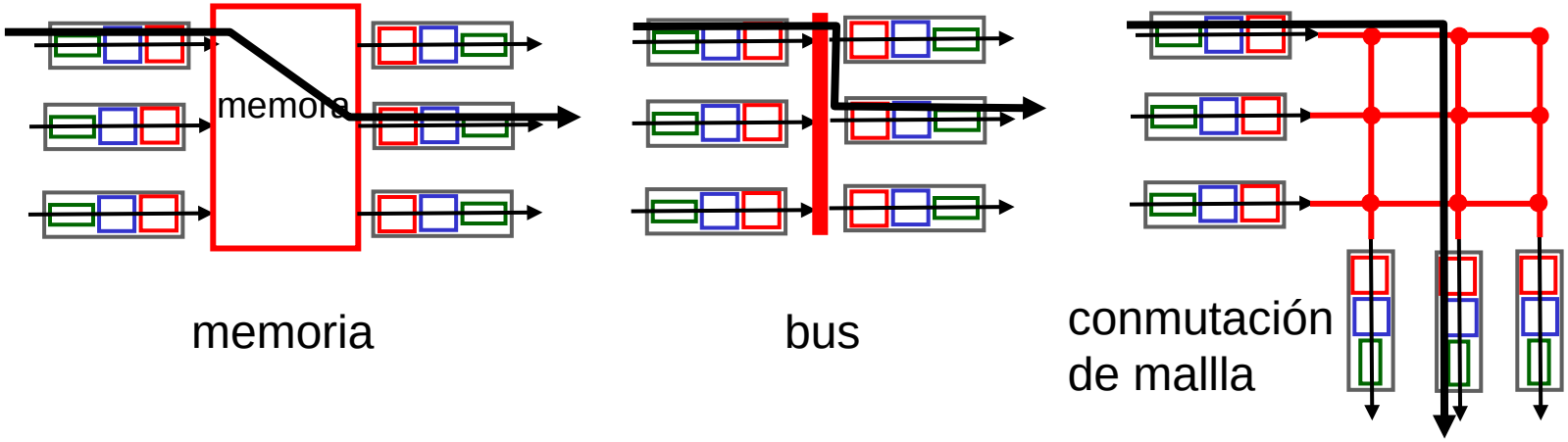
capa de enlace:
e.g., ethernet
capítulo 5

Conmutación descentralizada:

- dado datagram dest., busco el puerto de salida utilizando la tabla de enrutamiento en la memoria del puerto de entrada ("coincidencia más acción")
- objetivo: completar el procesamiento del puerto de entrada en 'velocidad de línea'
- se hace cola: si los datagramas llegan más rápido que la velocidad de enrutamiento en el tejido del conmutador

Entramado de conmutación

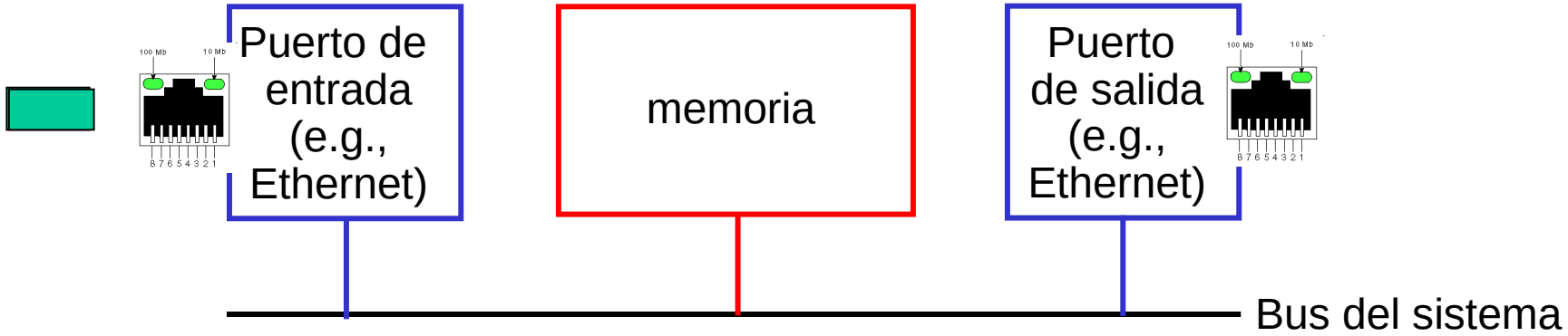
- transfieren el paquete desde el buffer de entrada al buffer de salida apropiado
- velocidad de conmutación: velocidad a la que los paquetes pueden transferirse de las entradas a las salidas
  - a menudo medido como múltiplo de la velocidad de línea de entrada / salida
  - N entradas: tasa de conmutación N veces la tasa de línea deseable
- 3 tipos de entramados de conmutación



Conmutación vía memoria

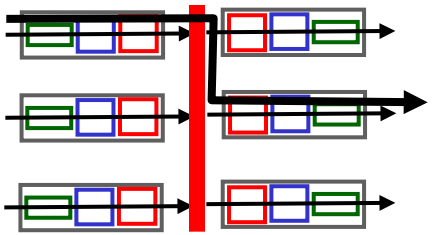
Primera generación de enrutadores:

- computadoras tradicionales con conmutación bajo control directo del CPU
- paquetes copiados a la memoria del sistema
- velocidad limitada por el ancho de banda de la memoria (cada datagrama usa 2 buses)



Conmutación vía bus

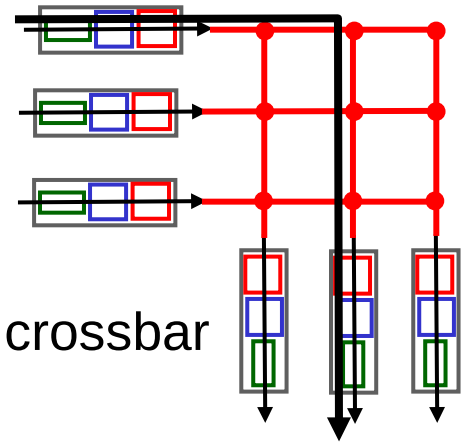
- El datagrama viaja de la memoria del puerto de entrada al de salida a través de un bus compartido
- *Contención de bus:* velocidad de conmutación limitada por el ancho de banda del bus
- Por ejemplo: un bus de 32 Gbps, en el Cisco 5600: velocidad suficiente para el acceso en enrutadores empresariales



bus

Conmutación vía redes de interconexión o malla (crossbar)

- se superan las limitaciones de ancho de banda del bus
- redes banyan, crossbar y otras redes de interconexión fueron desarrolladas inicialmente para conectar procesadores en un multiprocesador
- diseño avanzado: fragmentando datagramas en celdas de longitud fija, conmutación de celdas a través de entramado
- Cisco 12000: conmuta 60 Gbps a través de la red de interconexión (ISPs)



¿Dónde se crean las colas?

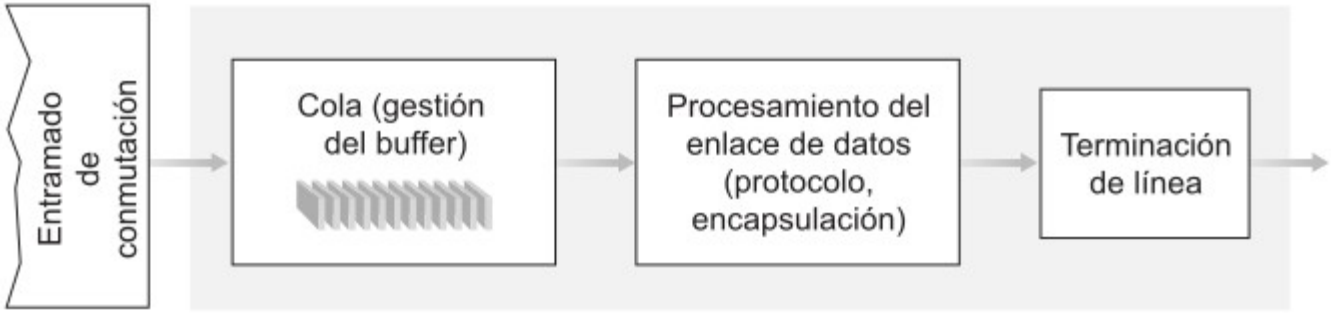
- Es evidente que pueden formarse colas de paquetes en los puertos de entrada y en los puertos de salida.
- Es importante estudiar estas colas con un poco más de detalle, ya que a medida que estas colas crecen, el espacio disponible en el buffer del enrutador terminará agotándose y se producirá una pérdida de paquetes.
- El lugar en el que se pierde el paquete (en las colas del puerto de entrada o en las colas del puerto de salida) dependerá de la carga de tráfico, de la velocidad relativa del entramado de conmutación y de la velocidad de línea.
- Suponga que las velocidades de línea de entrada y las velocidades de línea de salida son todas ellas idénticas y que existen n puertos de entrada y n puertos de salida.
- Definimos la velocidad del entramado de conmutación como la velocidad a la que dicho entramado puede mover los paquetes desde los puertos de entrada hasta los puertos de salida.
- Si la velocidad del entramado de conmutación es al menos n veces mayor que la velocidad de línea de entrada, entonces no habrá colas en los puertos de entrada. Porque incluso en el caso peor, en el que las n líneas de entrada estén recibiendo paquetes, el conmutador podrá transferir n paquetes desde el puerto de entrada al de salida en el tiempo que tarda cada uno de los n puertos de entrada en recibir (simultáneamente) un único paquete.

¿Dónde se crean las colas?

- La cola del puerto de salida se crea en el instante en que ha llegado un paquete a cada uno de los puertos de entrada, y todos están van al mismo puerto de salida.

- Suponiendo velocidades de línea idénticas y un conmutador operando a 3 veces la velocidad de línea, una unidad de tiempo después (es decir, en el tiempo que se necesita para recibir o enviar un paquete) los 3 paquetes originales habrán sido transferidos al puerto de salida y estarán en cola esperando a ser transmitidos.
- En la siguiente unidad de tiempo, uno de estos 3 paquetes habrá sido transmitido a través del enlace de salida. En nuestro ejemplo, llegan dos nuevos paquetes a la entrada del dispositivo de conmutación y uno de estos paquetes también tiene como destino el puerto de salida de más arriba.

Puertos de salida

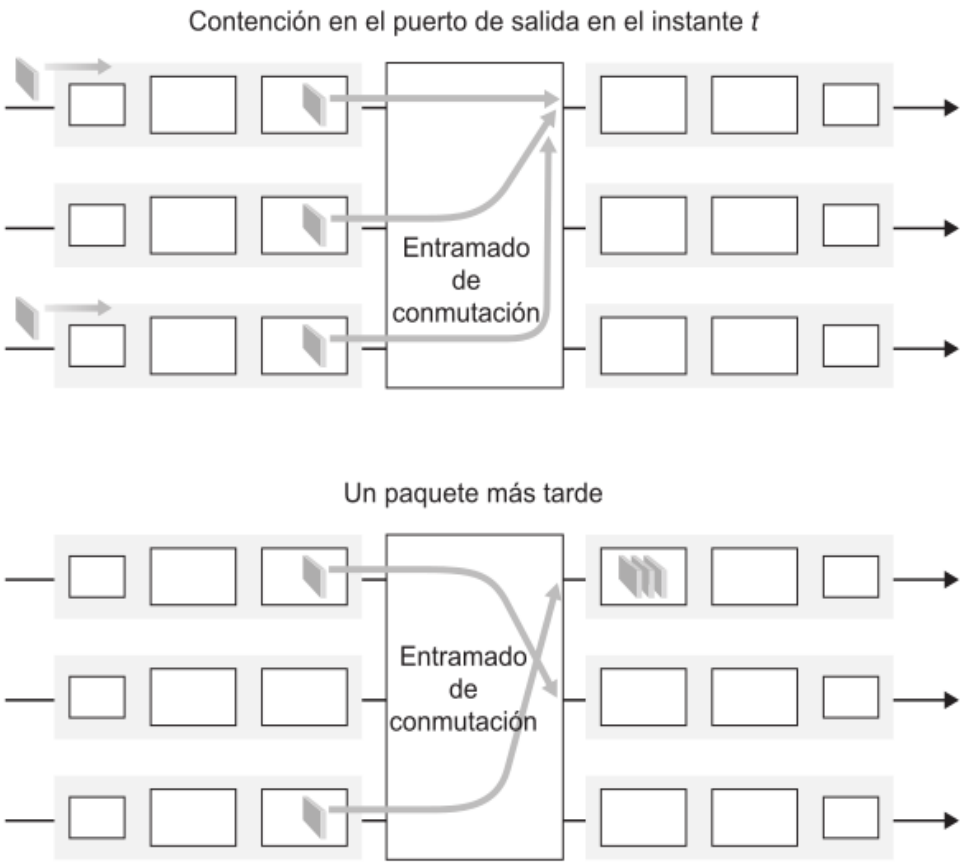


- *buffering* requerido cuando los datagramas llegan del entramado más rápido que la velocidad de transmisión
- *disciplina de programación* elige entre los datagramas en cola para su transmisión

Datagramas (paquetes) se pueden perder debido a la congestión, por la falta de búferes

Programación prioritaria: quién obtiene el mejor rendimiento, neutralidad de la red

Cola en el puerto de salida



- Se realiza almacenamiento en búfer, cuando la velocidad de llegada a través del interruptor excede la velocidad de la línea de salida
- *cola (retraso) y pérdida debido al desbordamiento del búfer del puerto de salida!*

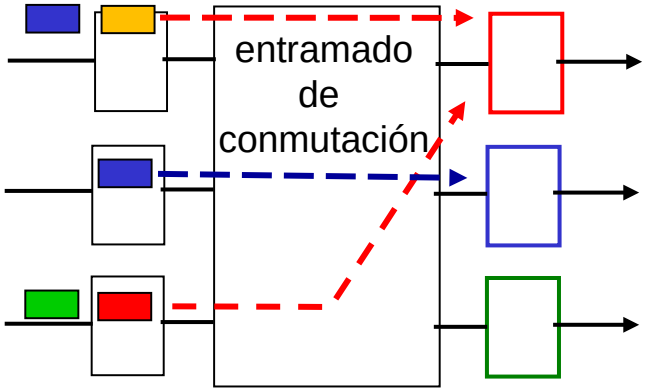
Cuánto buffer?

- regla general del RFC 3439 : almacenamiento en memoria intermedia promedio igual a la RTT "típica" (digamos 250 msec) por capacidad de enlace C
  - e.g., C = 10 Gpbs link: 2.5 Gbit buffer
- la recomendación es: con *N* flujos, el bufer es:

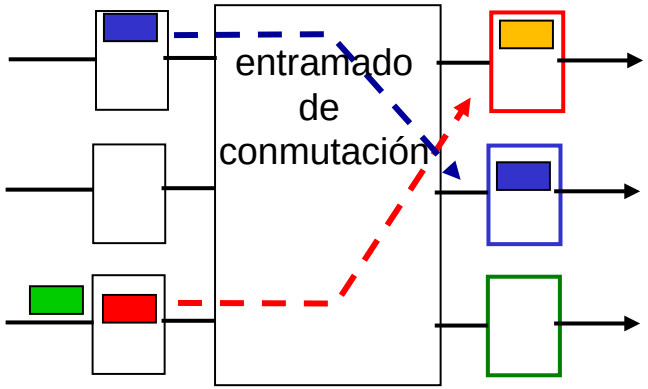
$$\frac{RTT \cdot C}{\sqrt{N}}$$

Cola en el puerto de entrada

- si el entramado de conmutación es más lento que los puertos de entrada combinados -> puede hacerse cola en el puerto de entrada
  - *retraso y pérdidas debido al desbordamiento del búfer de entrada!*
- Bloqueo del primero en la cola (HOL): el datagrama al frente de la cola evita que otros en cola avancen



Contención del puerto de entrada: sólo el datagrama naranja puede ser transferido.
se retrasa *el paquete rojo (abajo)*



Un paquete después: paquete verde experimenta bloqueo de HOL

Capítulo 4: la ruta

4.1 Introducción
4.2 Circuito virtual y redes de datagramas
4.3 ¿Qué hay dentro de un enrutador?
4.4 IP: Protocolo de Internet
- Formato del datagrama
- Direccionamiento IPv4
- Protocolo ICMP
- Direccionamiento IPv6

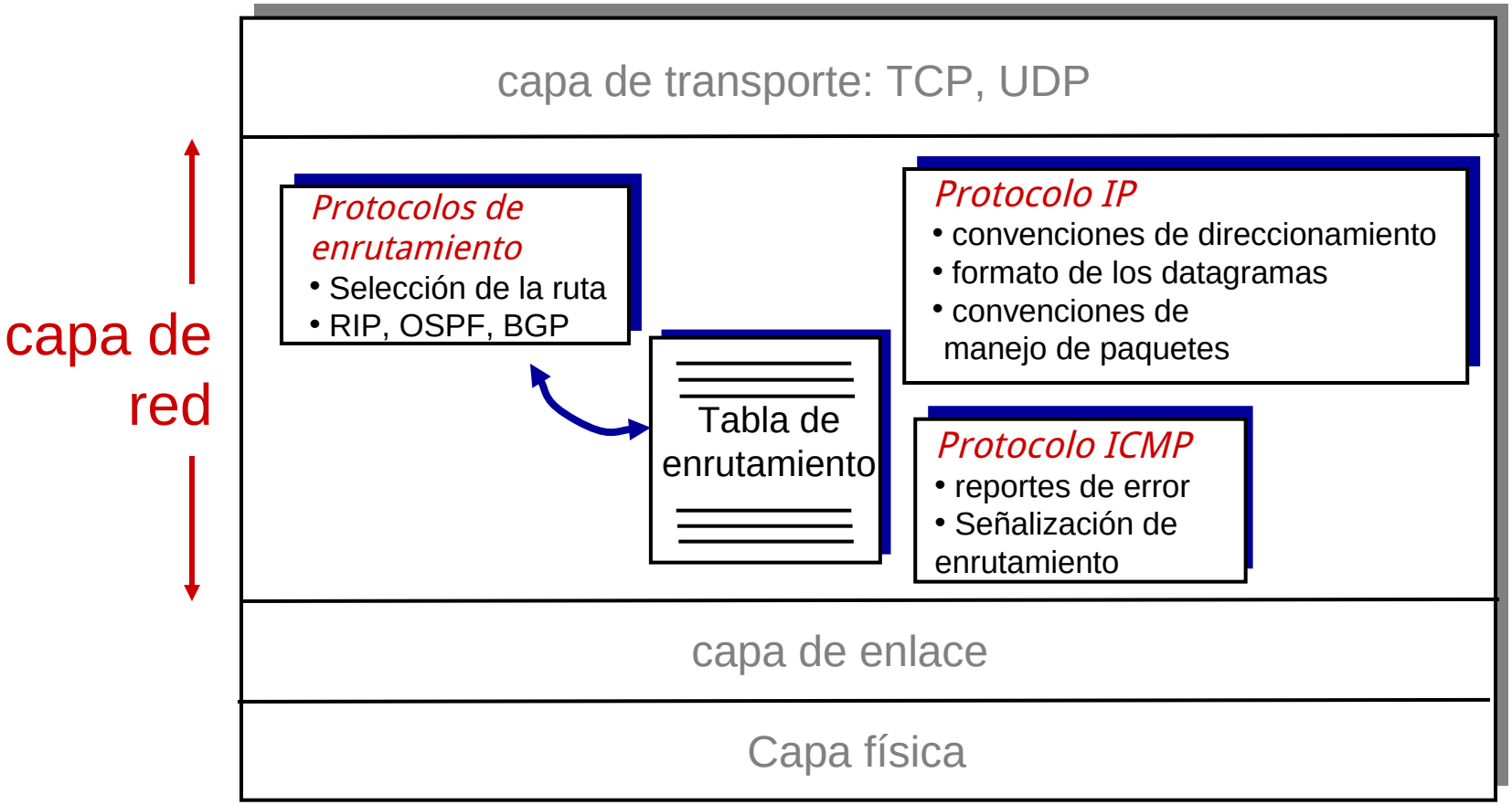
4.5 Algoritmos de enrutamiento
- Estado del enlace
- Vector de distancia
- Enrutamiento jerárquico

4.6 Enrutamiento en Internet
- RIP
- OSPF
- BGP

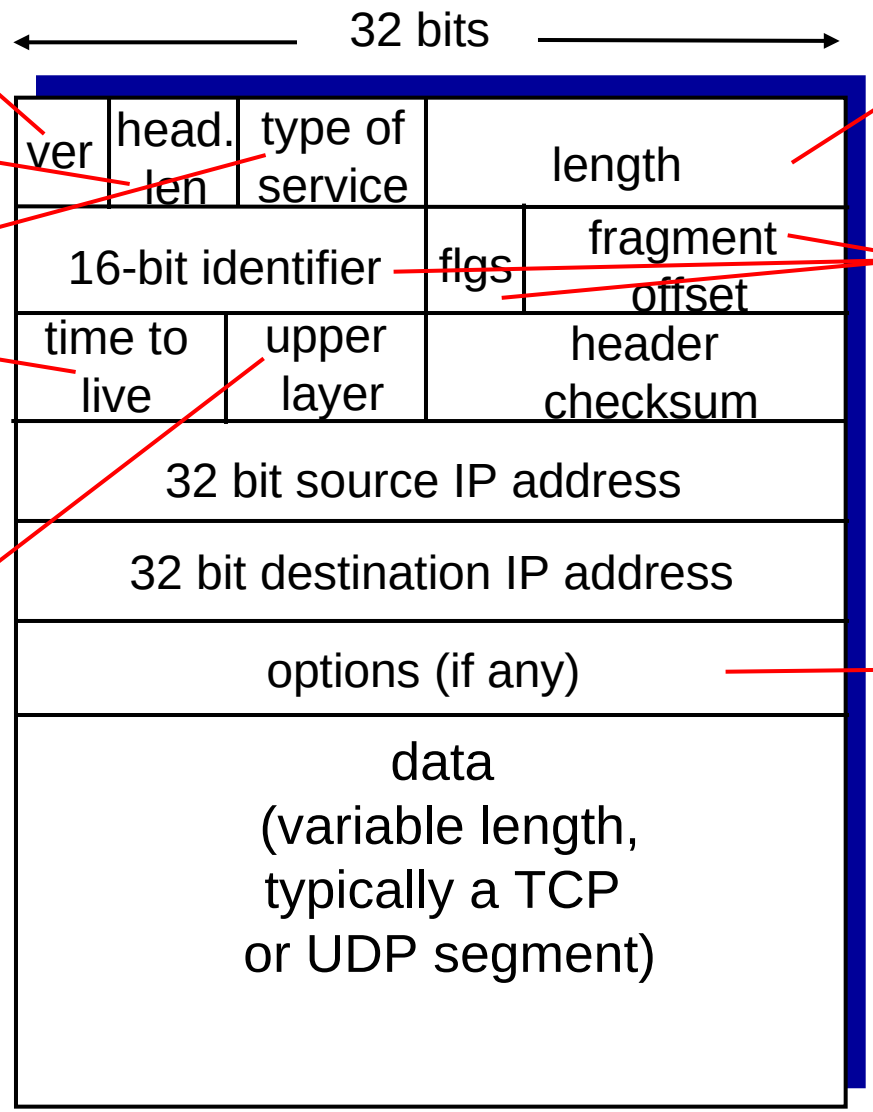
4.7 enrutamiento de difusión y multidifusión

La capa de red de Internet

funciones de capa de red del enrutador:



Formato del datagrama IP



versión de protocolo IP número

Long de la cabecera (bytes)

"tipos" de datos

max número saltos restantes (disminuyen en cada enrutador)

protocolo de capa superior para entregar la carga útil a

long. total datagram(bytes)

Para reensamblaje fragmentación

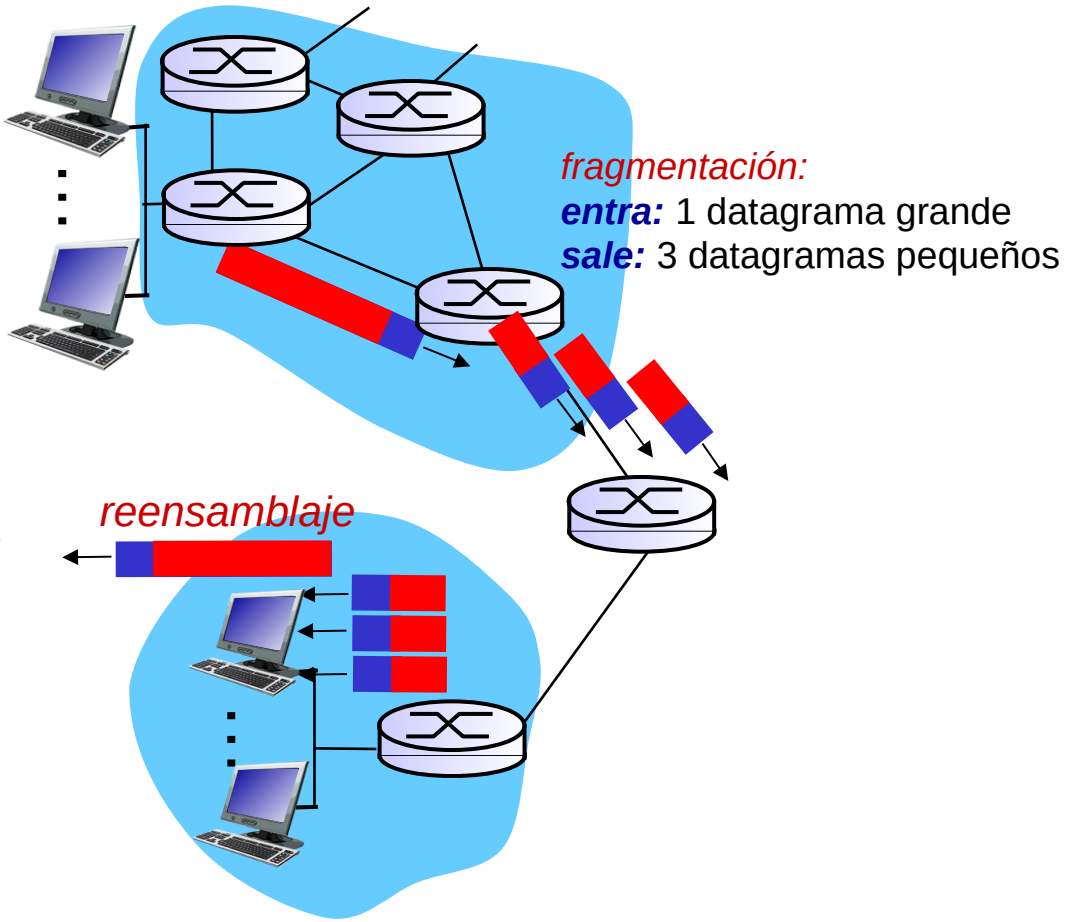
e.g. marca de tiempo, ruta de registro, especifique lista de enrutadores visitar

cuanta sobrecarga?

- 20 bytes of TCP
- 20 bytes of IP
- = 40 bytes + la sobrecarga de la capa de app

Fragmentación IP, reensamblaje

- los enlaces de red tienen MTU (tamaño máximo de transferencia): el mayor nivel posible en la trama
  - diferentes tipos de enlaces, diferentes MTUs
- datagramas IP grandes son divididos ("fragmentados") dentro de la red
  - un datagram se convierte en muchos datagramas
  - "reensamblados"sólo al llegar a su destino
  - los bits de la cabecera IP se identifican para ordenar todos los datagramas relacionados



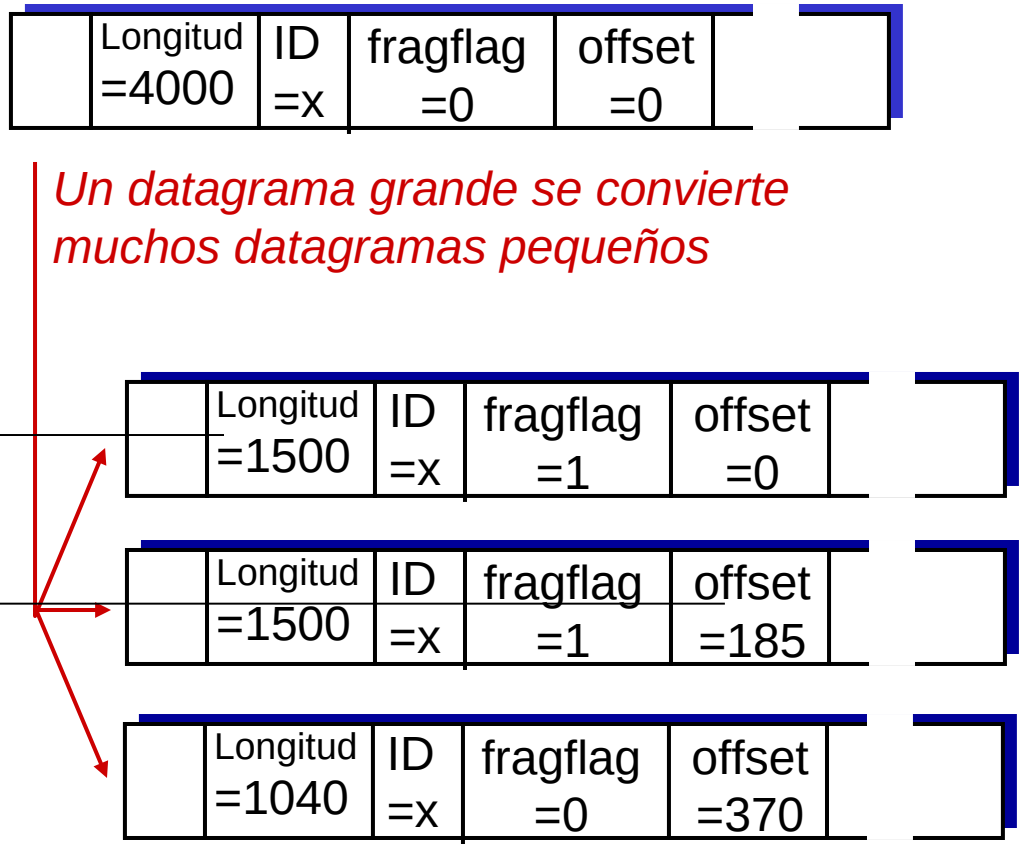
Fragmentación IP, reensamblaje

ejemplo:

- datagrama de 4000 bytes
- MTU = 1500 bytes

1480 bytes en un campo de datos

offset = 1480/8



Capítulo 4: la ruta

4.1 Introducción
4.2 Circuito virtual y redes de datagramas
4.3 ¿Qué hay dentro de un enrutador?
4.4 IP: Protocolo de Internet
- Formato del datagrama
- Direccionamiento IPv4
- Protocolo ICMP
- Direccionamiento IPv6

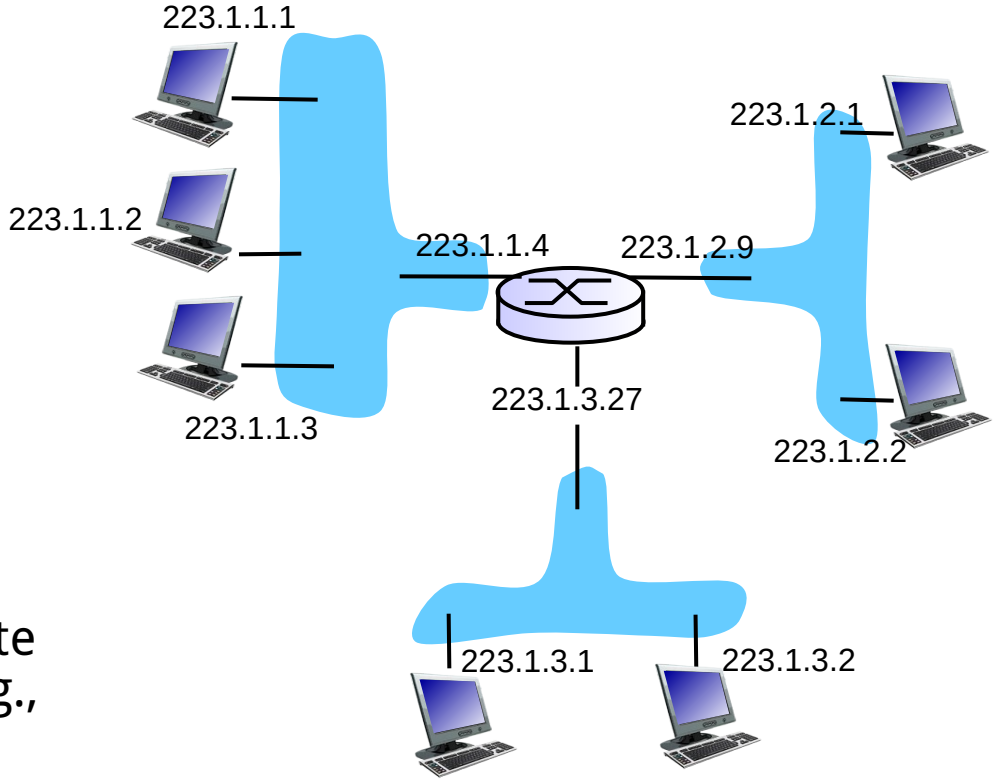
4.5 Algoritmos de enrutamiento
- Estado del enlace
- Vector de distancia
- Enrutamiento jerárquico

4.6 Enrutamiento en Internet
- RIP
- OSPF
- BGP

4.7 enrutamiento de difusión y multidifusión

Direccionamiento IP: introducción

- *dirección IP:* identificador de 32-bit de un equipo, interfaz de enrutador
- *interfaz:* conexión equipo/enrutador y en el enlace físico
  - Los enrutadores tienen múltiples interfaces
  - Los equipos normalmente tiene 1 ó 2 interfaces (e.g., Ethernet, 802.11)
- *Una dirección IP está asociada con una interfaz*



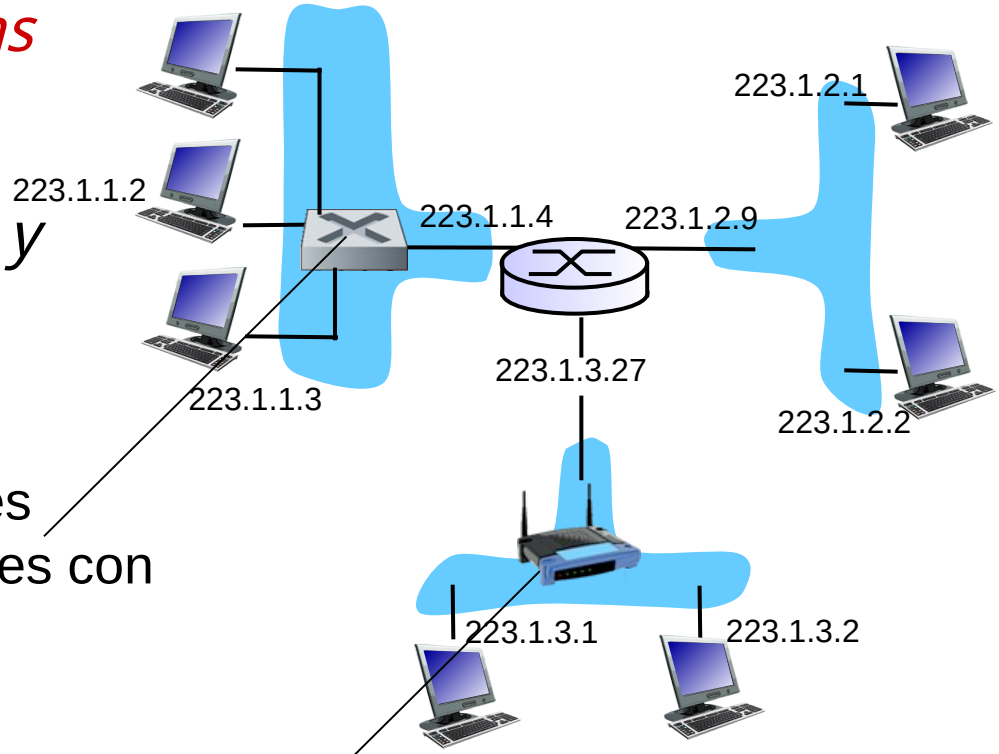
223.1.1.1 = 11011111 00000001 00000001 00000001

223 1 1 1

Direccionamiento IP: introducción

P: cómo están conectadas las interfaces?

R: todavía falta! Lo veremos en el capítulo 5 y 6.



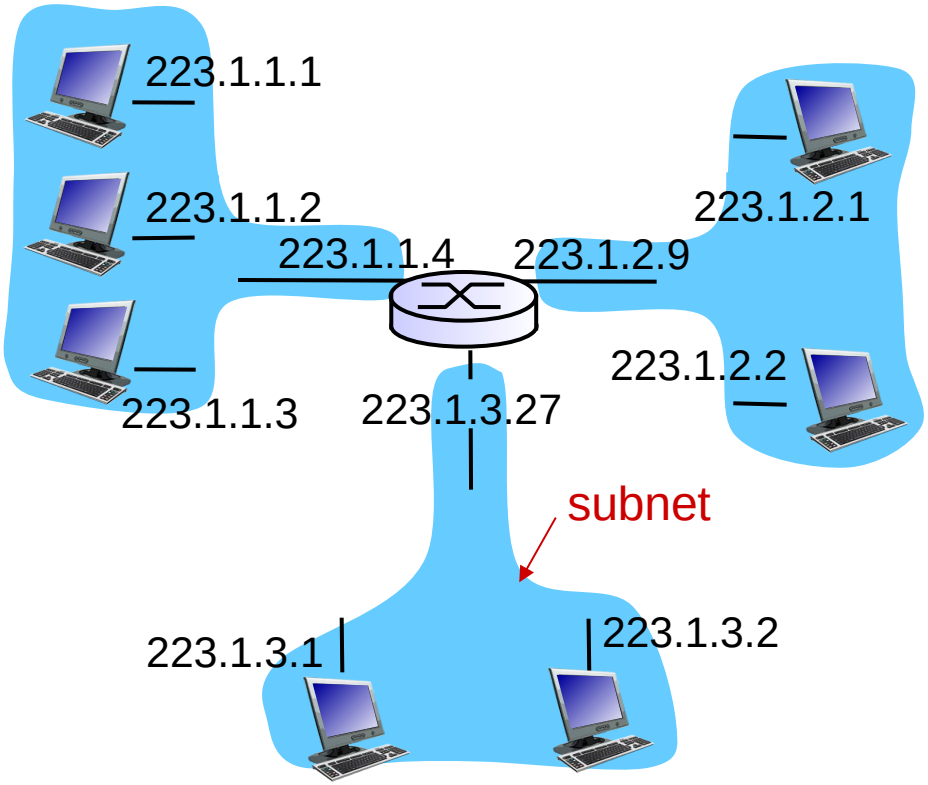
R: cableadas por las interfaces Ethernet conectadas a switches con puertos ethernet

Por ahora: no necesitan preocuparse por cómo una interfaz está conectada a otra (sin un enrutador intermedio)

R: WiFi conexiones por las interfaces inalámbricas conectadas a enrutador inalámbrico WiFi

Subredes

- Dirección IP:
  - Para la división de subredes – los bits altos
  - Para la subdivisión de equipos – los bits bajos
- *Qué es una subred?*
  - interfaces del dispositivo con la misma parte de subred que la dirección IP
  - Pueden "físicamente tocarse" unas a otras sin un enrutador intermedio

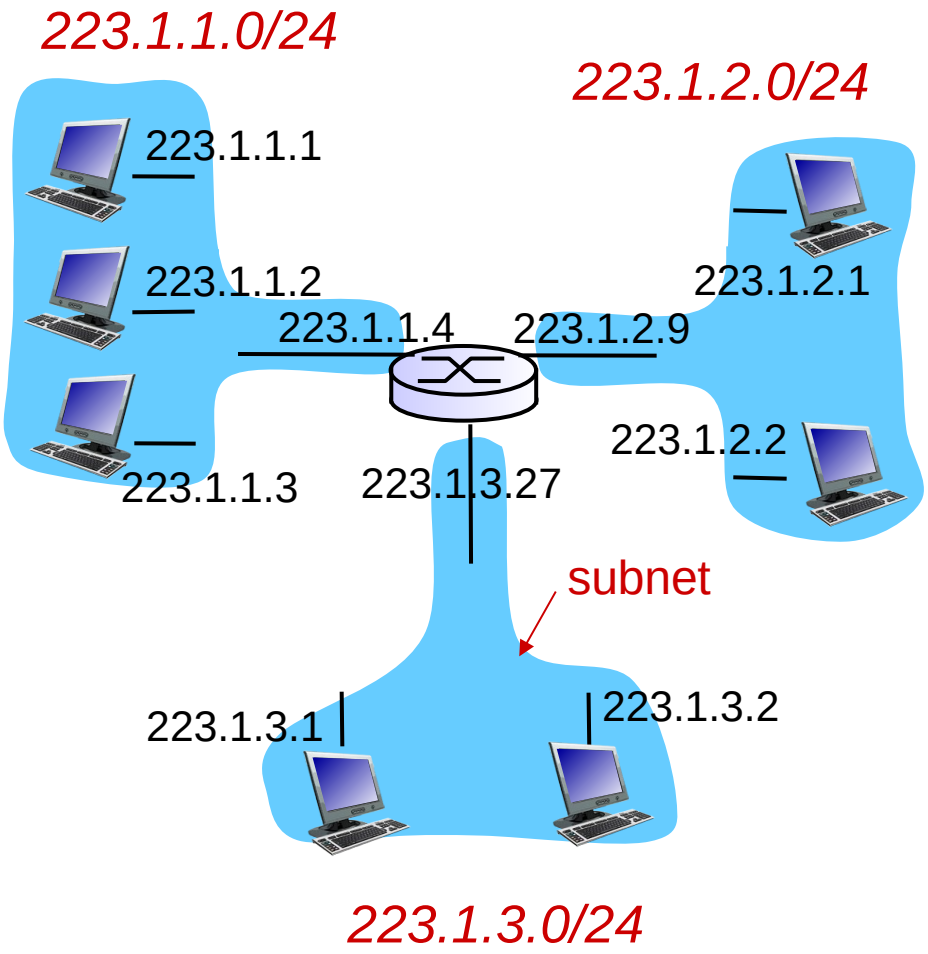


Red que consiste en 3 subredes

Subredes

receta

- para determinar las subredes, separa cada interfaz de su equipo o enrutador, creando islas de redes aisladas
- cada red aislada se llama *subred*



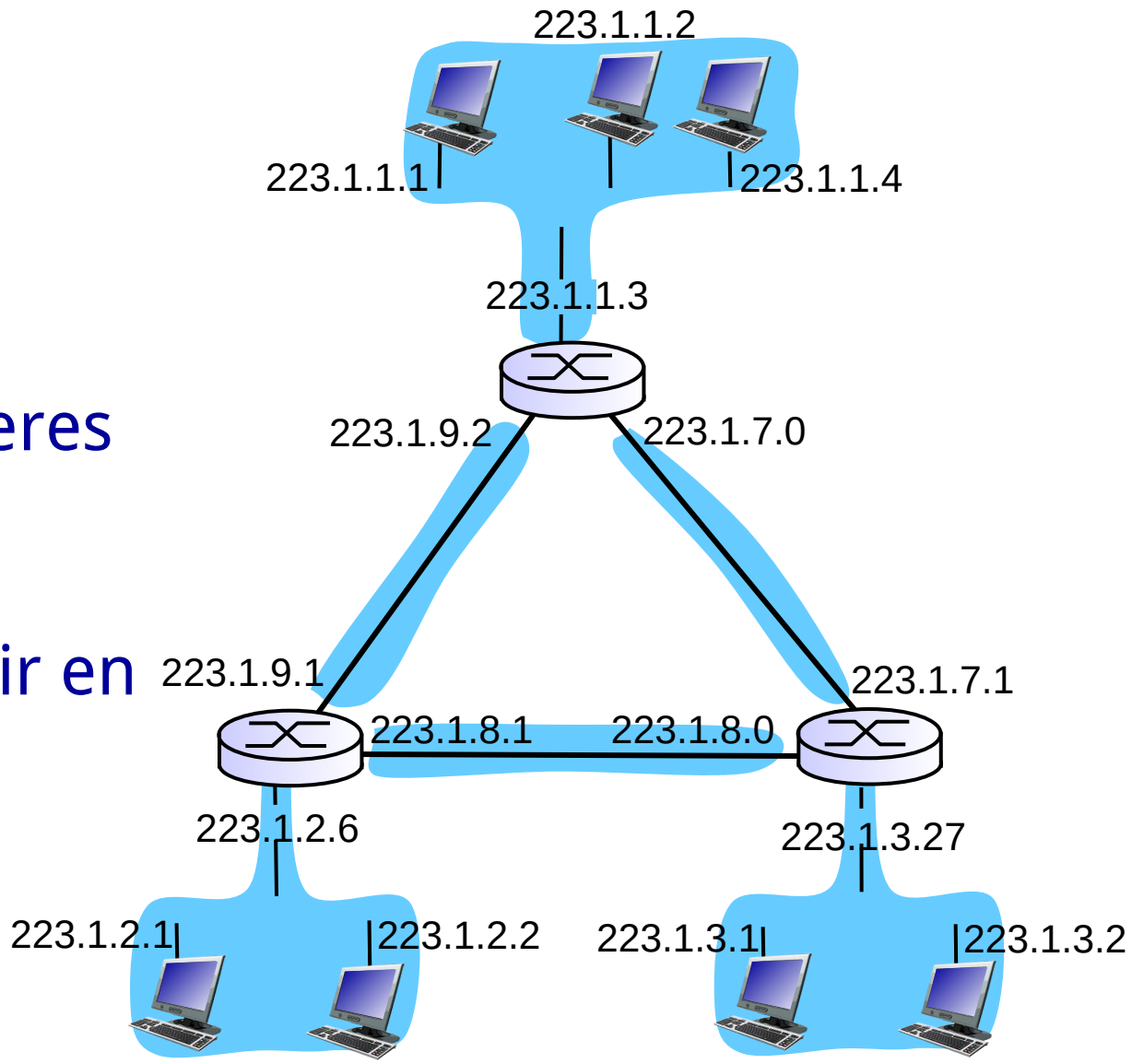
subred mascara: /24

Subredes

¿Cuántas?

¿Cómo decidir cuántas quieres tener?

¿Por qué dividir en subredes?



Direccionamiento IP: CIDR

CIDR: Classless InterDomain Routing (enrutamiento entre dominios sin clases)

- parte de la subred de la dirección de longitud arbitraria
- formato de la dirección: a.b.c.d/x, donde x es el nro. de bits de la subred para la dirección de los equipos

11001000 00010111 00010000 00000000

200.23.16.0/23

Direccionamiento IP: ¿cómo obtengo una?

P: Cómo un equipo obtiene una dirección IP?

- codificado por el administrador del sistema en un archivo
  - Windows: control-panel->network->configuration->tcp/ip->properties
  - UNIX: /etc/rc.config
- DHCP: Dynamic Host Configuration Protocol: se obtiene dinámicamente la dirección mediante un servidor
  - "plug-and-play"

DHCP: Dynamic Host Configuration Protocol

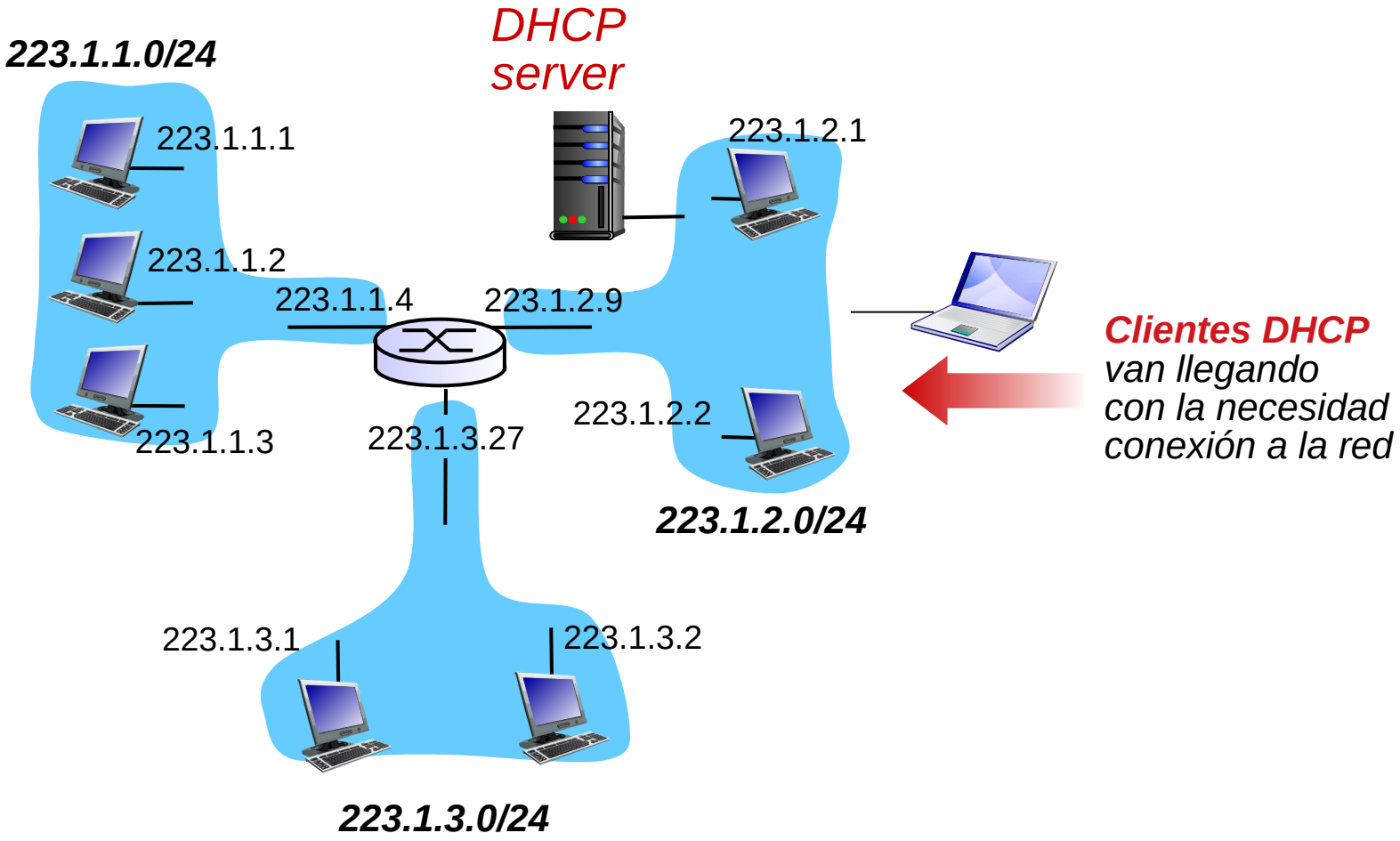
objetivo: permite que el equipo obtenga ***dinámicamente*** su dirección IP de un servidor cuando se une a la red, algunas características:

- puede renovar su contrato de arrendamiento con la dirección que tiene en uso
- puede reusar sus direcciones (sólo la mantiene mientras está conectada/"on")
- soporte para usuarios móviles que desean unirse a la red

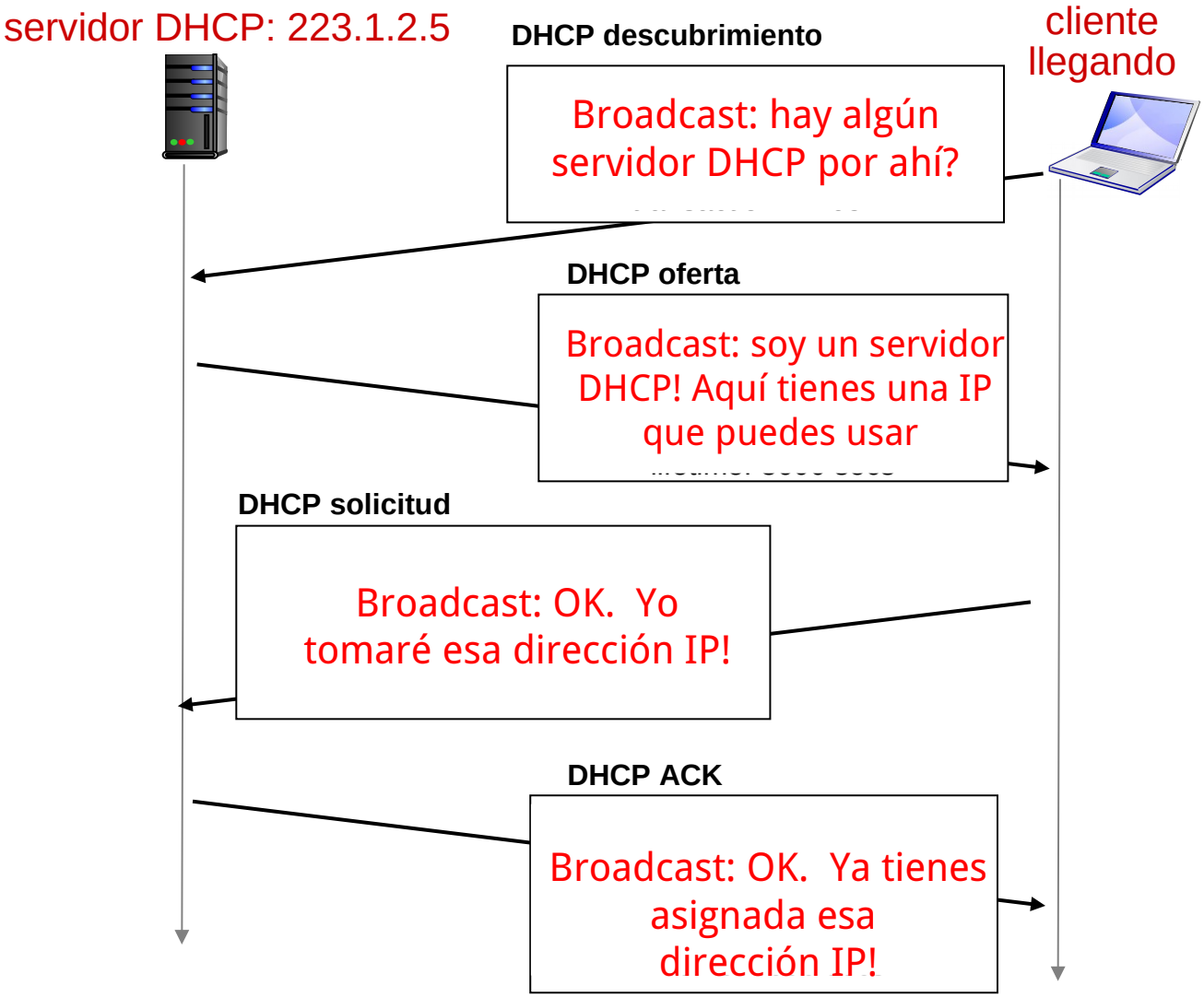
conexión a un DHCP:

- Transmisiones de equipo realizando "DHCP discover" msg [optional]
- El servidor DHCP responde con "DHCP offer" msg [optional]
- El equipo que requiere una dirección realiza: "DHCP request" msg
- El servidor DHCP envía a dirección IP: "DHCP ack" msg

DHCP escenario cliente-servidor



DHCP escenario cliente-servidor

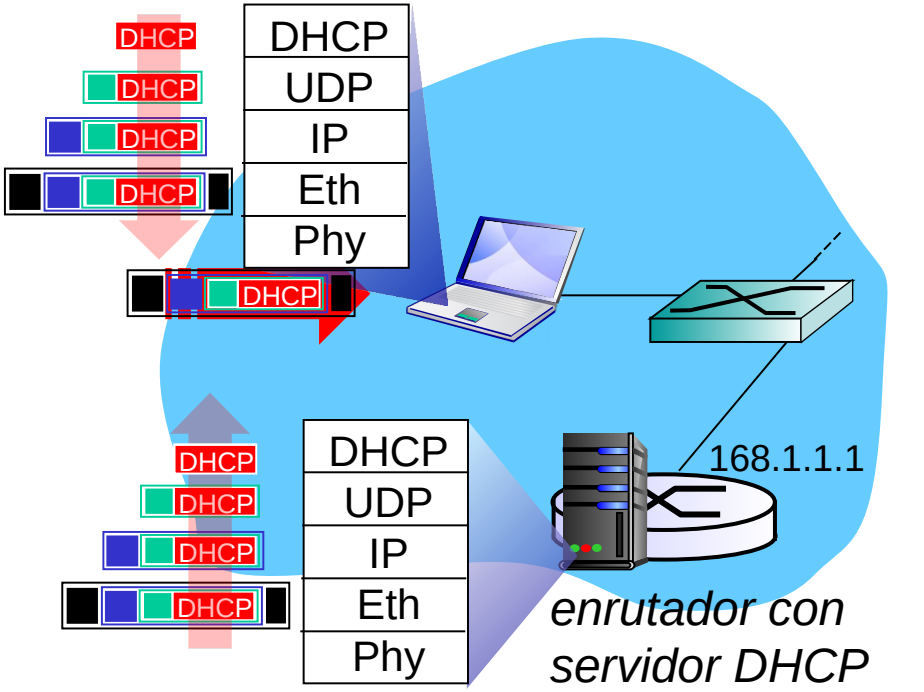


DHCP: más que direcciones IP

DHCP puede devolver algo más que la dirección IP asignada en la subred:

- dirección del enrutador de primer salto para el cliente
- nombre y dirección IP del servidor DNS
- máscara de la red (indicando la porción de red vs. la dirección de equipo)

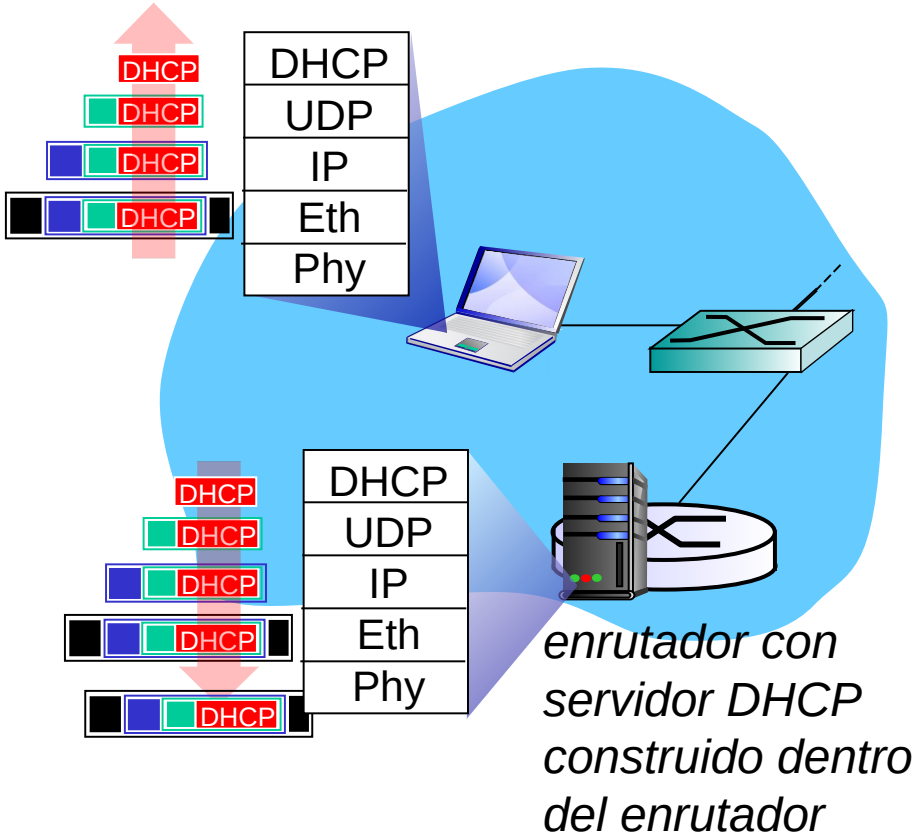
DHCP: ejemplo



enrutador con servidor DHCP construido dentro del enrutador

- la computadora portátil que se conecta a la red necesita su dirección IP, dirección del enrutador de primer salto, dirección del servidor DNS: usa DHCP
- solicitud de DHCP encapsulada en UDP, encapsulada en IP, encapsulada en Ethernet 802.1
- difusión de tramas ethernet (dest: FFFFFFFFFFFF) en LAN, recibidas en el enrutador que ejecuta el servidor DHCP
- ethernet demultiplexada a IP demultiplexada, UDP demultiplexada a DHCP

DHCP: ejemplo



- el servidor DHCP formula un ACK DHCP que contiene la dirección IP del cliente, la dirección IP del enrutador de primer salto para el cliente, el nombre y la dirección IP del servidor DNS.
- encapsulamiento del servidor DHCP, la trama es reenviada al cliente, demultiplexación a DHCP en el cliente
- el cliente ahora sabe su dirección IP, nombre y dirección IP del servidor DNS, y dirección IP de su enrutador de primer salto (gateway, o pasarela)

DHCP: Wireshark output (home LAN)

solicitud

Message type: **Boot Request (1)**
Hardware type: Ethernet
Hardware address length: 6
Hops: 0
Transaction ID: 0x6b3a11b7
Seconds elapsed: 0
Bootp flags: 0x0000 (Unicast)
Client IP address: 0.0.0.0 (0.0.0.0)
Your (client) IP address: 0.0.0.0 (0.0.0.0)
Next server IP address: 0.0.0.0 (0.0.0.0)
Relay agent IP address: 0.0.0.0 (0.0.0.0)
Client MAC address: Wistron_23:68:8a (00:16:d3:23:68:8a)
Server host name not given
Boot file name not given
Magic cookie: (OK)
Option: (t=53,l=1) **DHCP Message Type = DHCP Request**
Option: (61) Client identifier
    Length: 7; Value: 010016D323688A;
    Hardware type: Ethernet
    Client MAC address: Wistron_23:68:8a (00:16:d3:23:68:8a)
Option: (t=50,l=4) Requested IP Address = 192.168.1.101
Option: (t=12,l=5) Host Name = "nomad"
Option: (55) Parameter Request List
    Length: 11; Value: 010F03062C2E2F1F21F92B
    1 = Subnet Mask; 15 = Domain Name
    3 = Router; 6 = Domain Name Server
    44 = NetBIOS over TCP/IP Name Server
    ……

respuesta

Message type: **Boot Reply (2)**
Hardware type: Ethernet
Hardware address length: 6
Hops: 0
Transaction ID: 0x6b3a11b7
Seconds elapsed: 0
Bootp flags: 0x0000 (Unicast)
Client IP address: 192.168.1.101 (192.168.1.101)
Your (client) IP address: 0.0.0.0 (0.0.0.0)
Next server IP address: 192.168.1.1 (192.168.1.1)
Relay agent IP address: 0.0.0.0 (0.0.0.0)
Client MAC address: Wistron_23:68:8a (00:16:d3:23:68:8a)
Server host name not given
Boot file name not given
Magic cookie: (OK)
Option: (t=53,l=1) DHCP Message Type = DHCP ACK
Option: (t=54,l=4) Server Identifier = 192.168.1.1
Option: (t=1,l=4) Subnet Mask = 255.255.255.0
Option: (t=3,l=4) Router = 192.168.1.1
Option: (6) Domain Name Server
    Length: 12; Value: 445747E2445749F244574092;
    IP Address: 68.87.71.226;
    IP Address: 68.87.73.242;
    IP Address: 68.87.64.146
Option: (t=15,l=20) Domain Name = "hsd1.ma.comcast.net."

Direccionamiento IP: ¿cómo obtengo una?

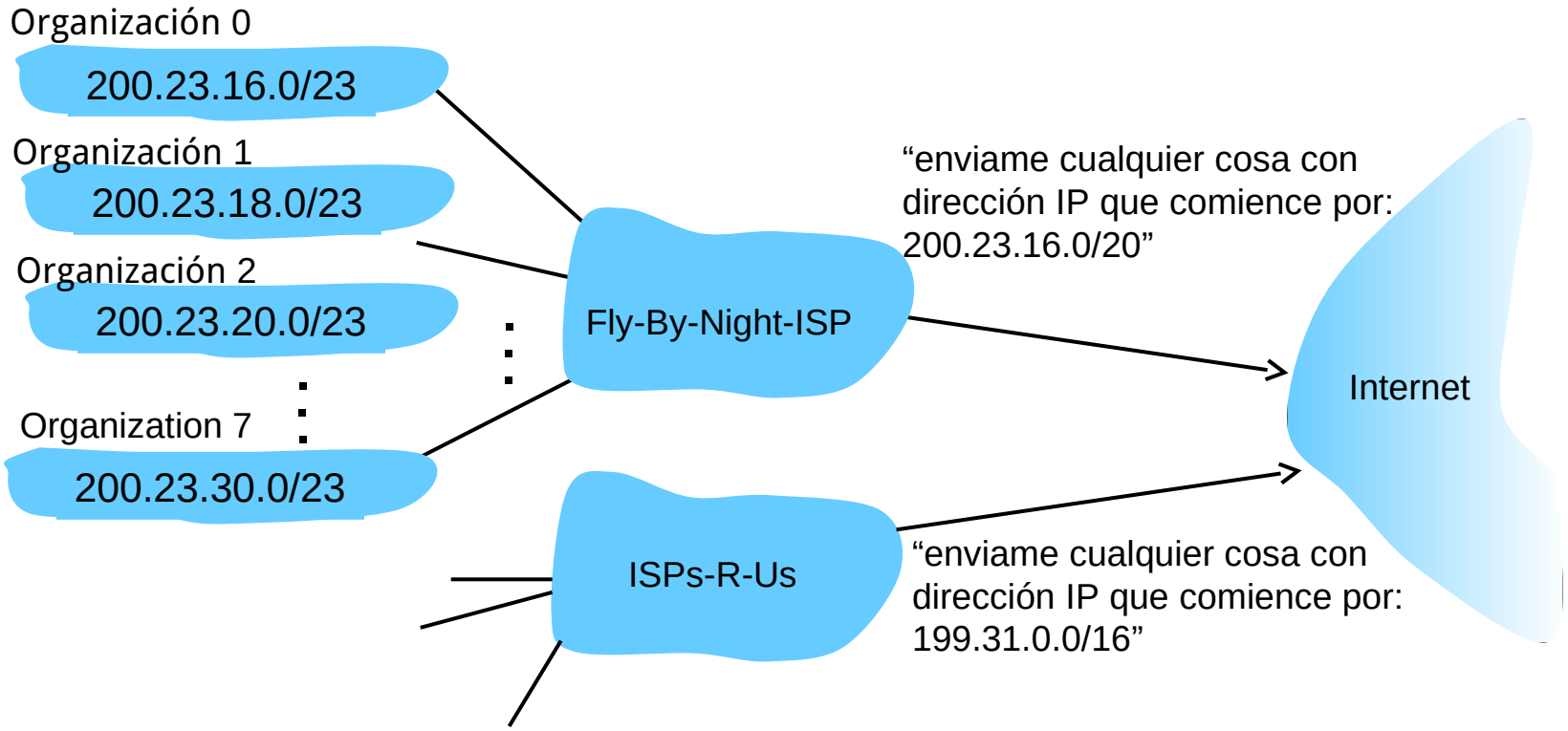
P: ¿cómo la red obtiene la subred como parte de IP addr?

R: se asigna una parte del espacio de direcciones de su proveedor ISP

Bloque de ISP	11001000 00010111 00010000	00000000	200.23.16.0/20
Organization 0	11001000 00010111 00010000	00000000	200.23.16.0/23
Organization 1	11001000 00010111 00010010	00000000	200.23.18.0/23
Organization 2	11001000 00010111 00010100	00000000	200.23.20.0/23
...	.....	....	....
Organization 7	11001000 00010111 00011110	00000000	200.23.30.0/23

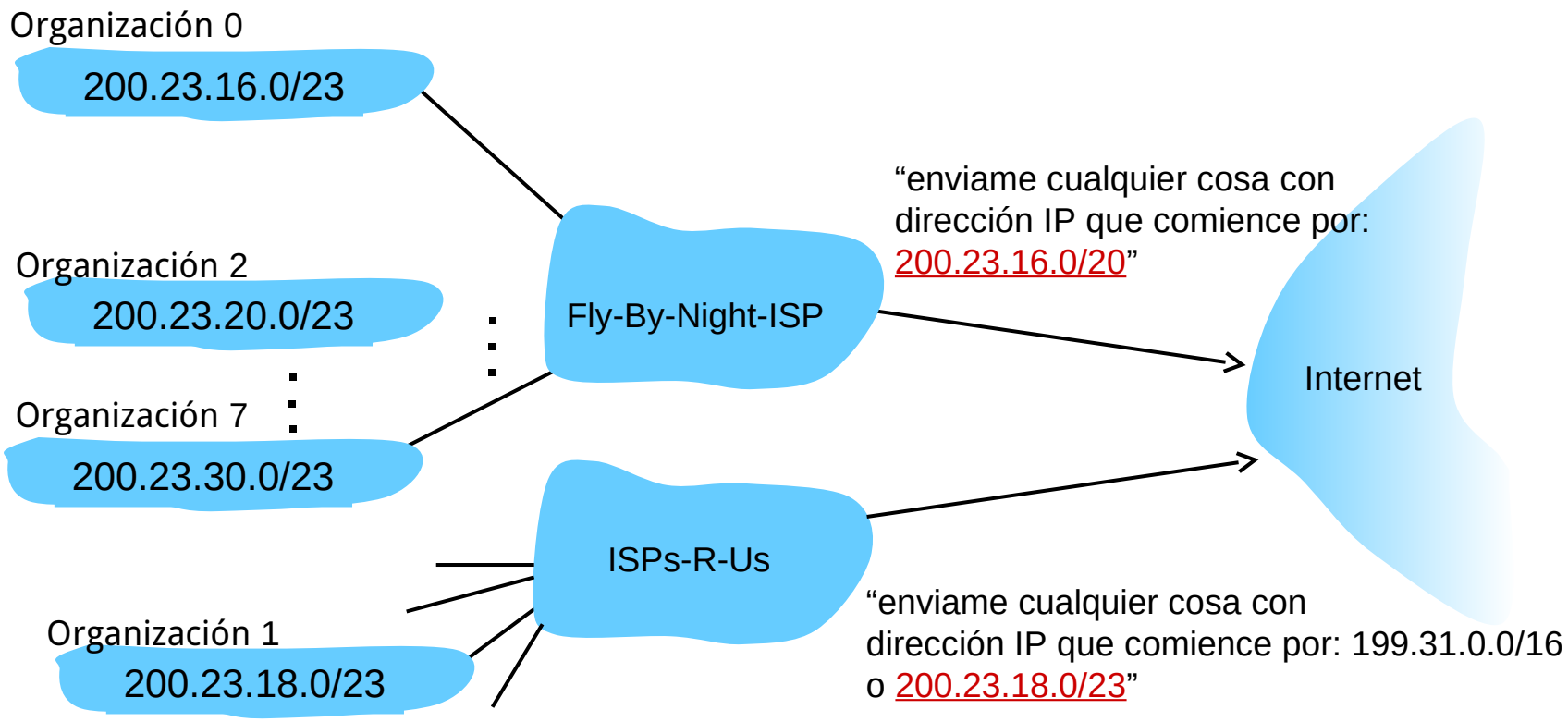
Direccionamiento jerárquico: rutas agregadas

El direccionamiento jerárquico permite una publicidad eficiente de información de enrutamiento:



Direccionamiento jerárquico: rutas más específicas

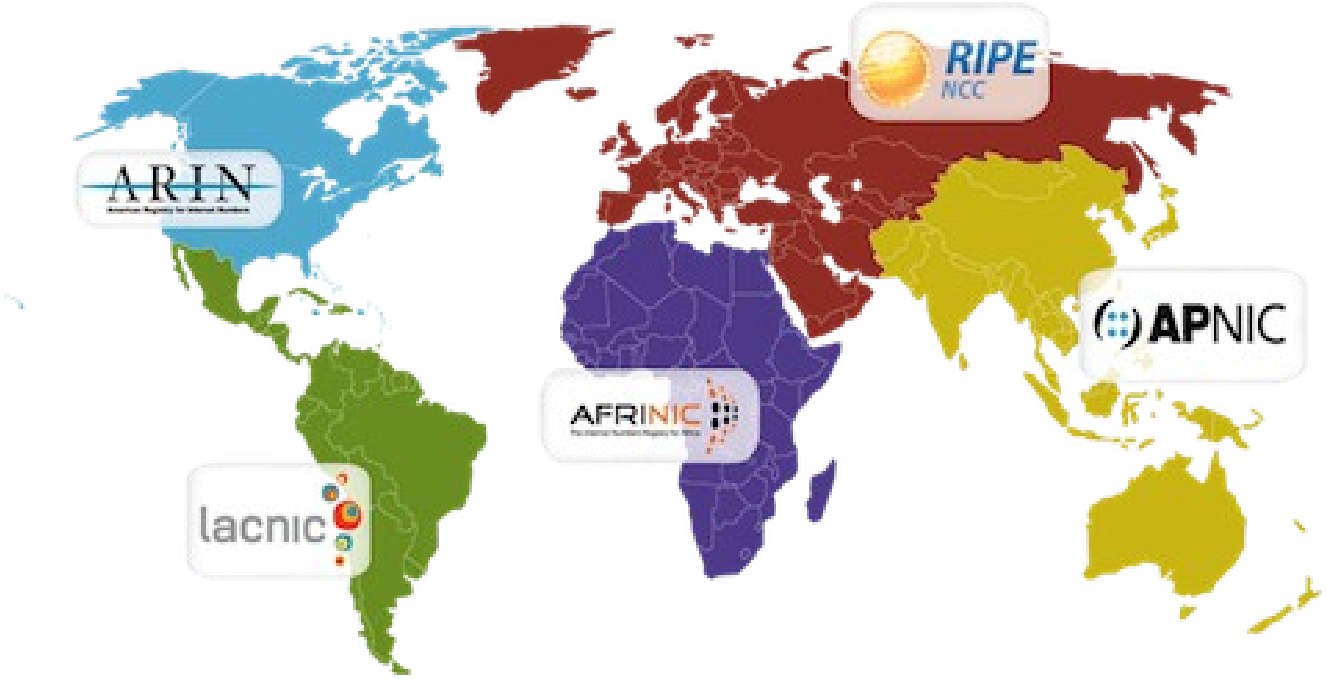
ISPs-R-Us tiene una ruta más específica a Organización 1



Direccionamiento IP: las últimas palabras...

P: Cómo obtiene un ISP un bloque de direccionamiento?

R: ICANN: Internet Corporation for Assigned Names and Numbers http://www.icann.org/

- asigna direcciones
- gestión de DNS
- asigna nombres de domino, resuelve disputas, plantea políticas globales
  - compuesta por organismos regionales (RIRs: LACNIC, ARIN, AfricNIC, APNIC, RIPE)

ICANN y sus RIRs