

REDES DE COMPUTADORAS

EC5751



USB

Capa de Red en Internet
Direccionamiento IP

LA CAPA DE RED EN INTERNET

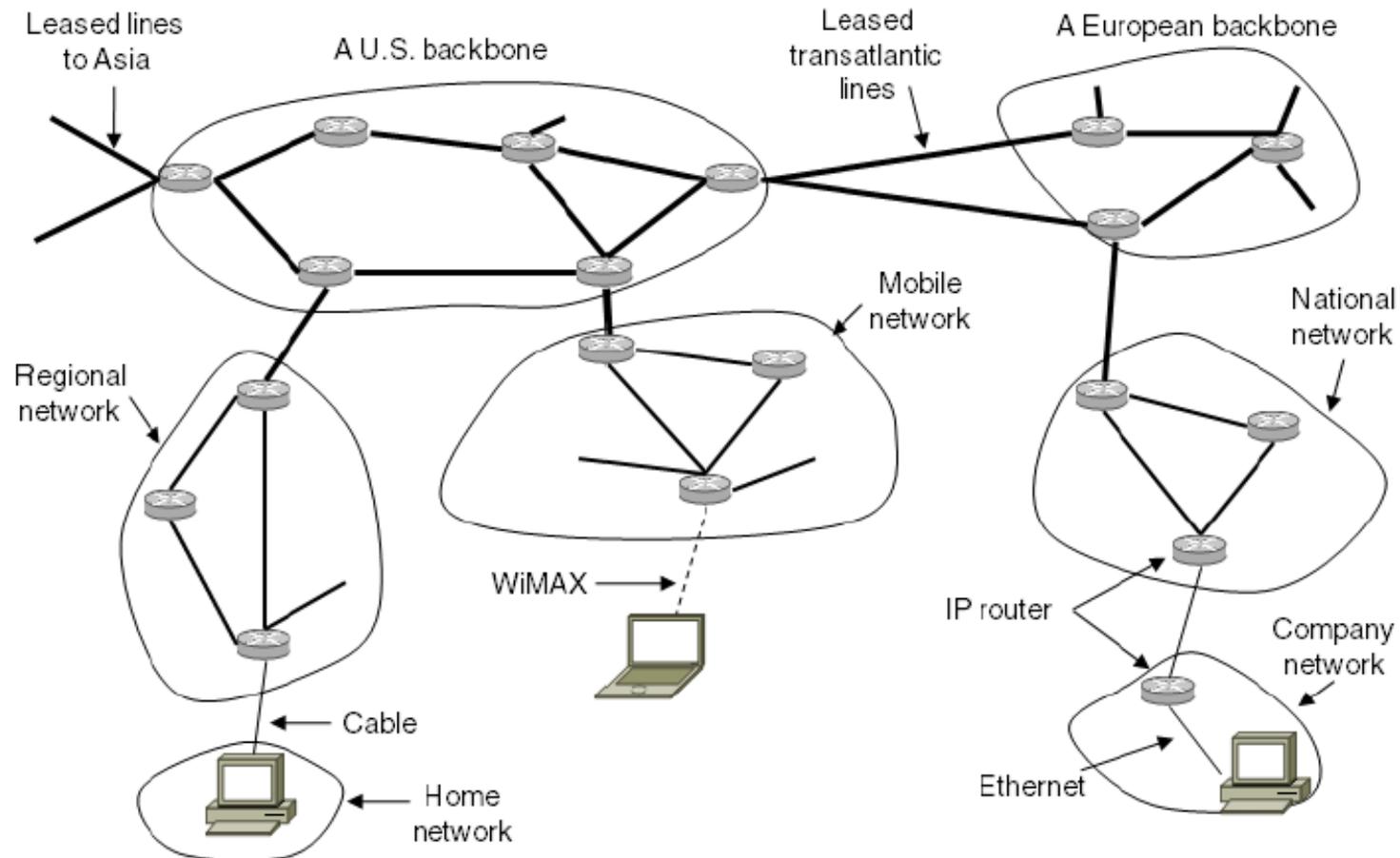
Contenido

- Direcciones IP
- IPv4
- IPv6
- Sistemas Autónomos (AS)
- Protocolos de control Internet
- Protocolos Interiores de Enrutamiento (RIP, OSPF)
- Protocolos exteriores de Enrutamiento (BGP4)



LA CAPA DE RED EN INTERNET

El Internet es una colección de muchas redes interconectadas que se mantienen juntas por el protocolo IP



Direccionamiento IP

La dirección IP (Internet Protocol address) es un valor numérico que se asigna a cada dispositivo (computador, impresor, etc.) que forma parte de una red de computadores, con propósito de comunicación.

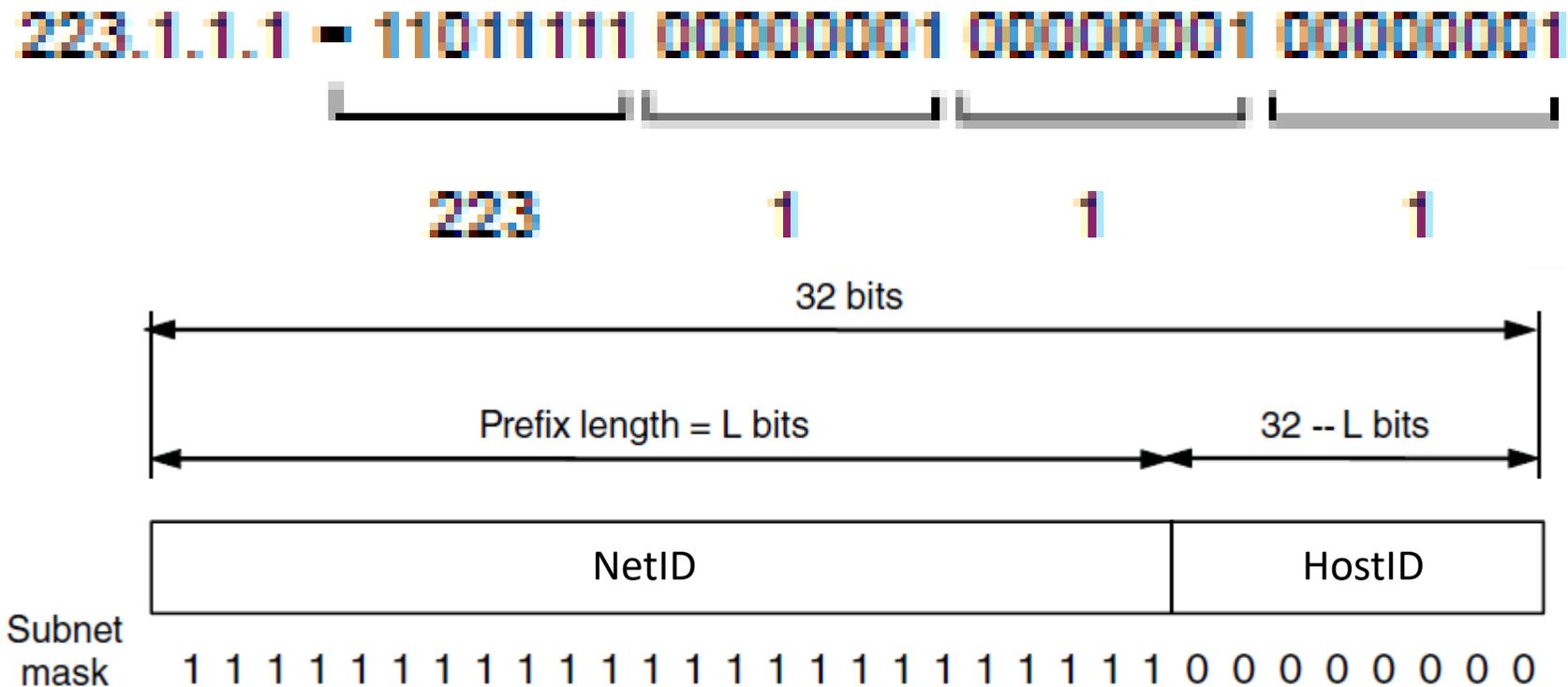
El IP ha sido modelado según los siguientes principios de diseño:

- Asegurarse que funciona
- Mantenerlo simple
- Hacer elecciones claras
- Explotar la modularidad
- Esperar la heterogeneidad
- Evitar las opciones estáticas y los parámetros
- Buscar el buen diseño (no el perfecto)
- Envío estricto, recepción tolerante
- Pensar en la escalabilidad
- Considerar el rendimiento y el costo

Direccionamiento IP

Direcciones IP: IPv4 (IP versión 4)

- Formada por 32 bits lo que las limite a 4.294.967.296 es decir 2^{32} direcciones posibles
- Se representan en notación punto decimal, 4 números decimales (8 bits) entre 0 y 255 separados por puntos:



Direccionamiento IP

Classless Inter-Domain Routing (CIDR)

- **La Internet Corporation for Assigned Names and Numbers (ICANN)** es una organización internacional sin fines de lucro, responsable de asignar espacio de direcciones IP, **en bloques /8**, a los **Regional Internet Registries (RIR) (16 MM)**:

RIPE: Europa y África del Norte (<http://www.iana.net>).

ARIN: USA (<http://www.arin.net>).

APNIC: ASIA (<http://www.apnic.net>).

LACNIC: América Latina (<http://www.lacnic.net>).

AFRINIC: Africa (<http://www.afrinic.net>)

- Estos asignan grupos de direcciones IP, **en bloques /2X?**, a Operadores de Telecomunicaciones (Operadoras, Telefónica), éstos a su vez a los ISP (wanadoo.es, ya.com) y estos a sus abonados.

- Estas direcciones pueden ser públicas, globales o registradas.

- Son únicas en todo Internet

Direccionamiento IP

IPv4 (IP version 4): Clases

- Antiguas direcciones (hasta el año 81) se asignaban en clases de tamaño fijo (direccionamiento classful: A, B, C D y E) . Aun hay quienes los usan así.
- Lleva el tamaño como parte de la dirección pero es poco flexible



Class				Range of host addresses	
128	A	0	Network Host	1.0.0.0 to 127.255.255.255	16 M host
16K	B	10	Network Host	128.0.0.0 to 191.255.255.255	64 K host
2M	C	110	Network Host	192.0.0.0 to 223.255.255.255	254 host
	D	1110	Multicast address	224.0.0.0 to 239.255.255.255	
	E	1111	Reserved for future use	240.0.0.0 to 255.255.255.255	

Direccionamiento

Que es la mascara? o /XX

- La **máscara de red** determina cuántos y **qué** bits del espacio de la dirección host representan el número de subred (**subnet**) y cuántos y cuáles representan el número de host. Se define como /XX. Ejemplos:

- Dirección 1: **233.1.1.1**; Mascara: 255.255.255.0 o **/24**

1 1 1 1 1 1 1 1. 1 1 1 1 1 1 1 1. 1 1 1 1 1 1 1 1. 0 0 0 0 0 0 0 0

-----Dirección Asignada-----/-----Host-----

- Dirección 2: **24.50.10.3/19**; Mascara: 255.255.224.0

1 1 1 1 1 1 1 1. 1 1 1 1 1 1 1 1. 1 1 1 0 0 0 0 0. 0 0 0 0 0 0 0 0

-----Dirección Asignada-----/-----Host-----

- Dirección 3: **224.150.0.6/28**; Mascara: 255.255.255.240

1 1 1 1 1 1 1 1. 1 1 1 1 1 1 1 1. 1 1 1 1 1 1 1 1. 1 1 1 1 0 0 0 0

-----Dirección Asignada-----/---Host---

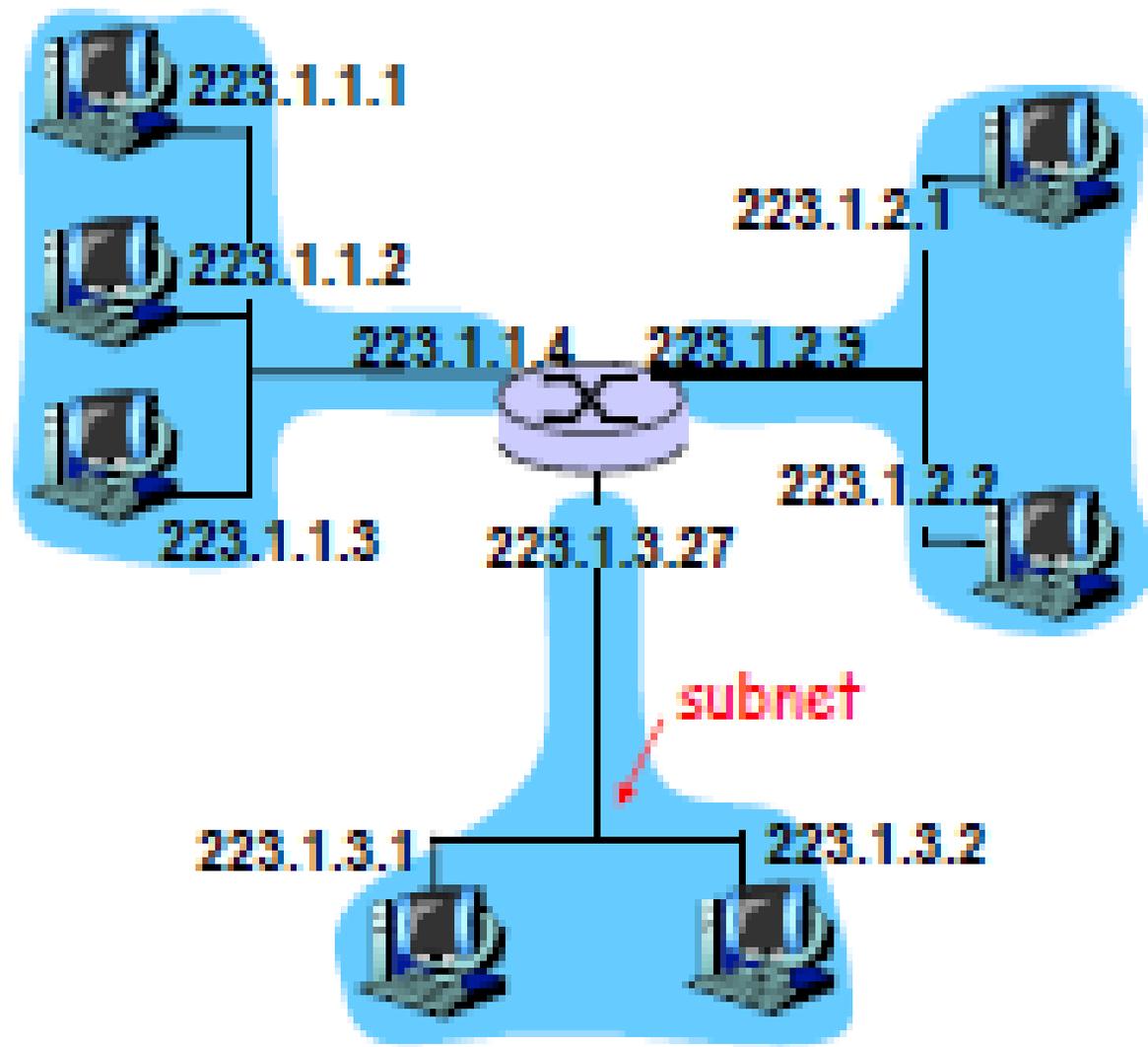
Direccionamiento IP

Subnet?

Subnet: Bits mas significativos

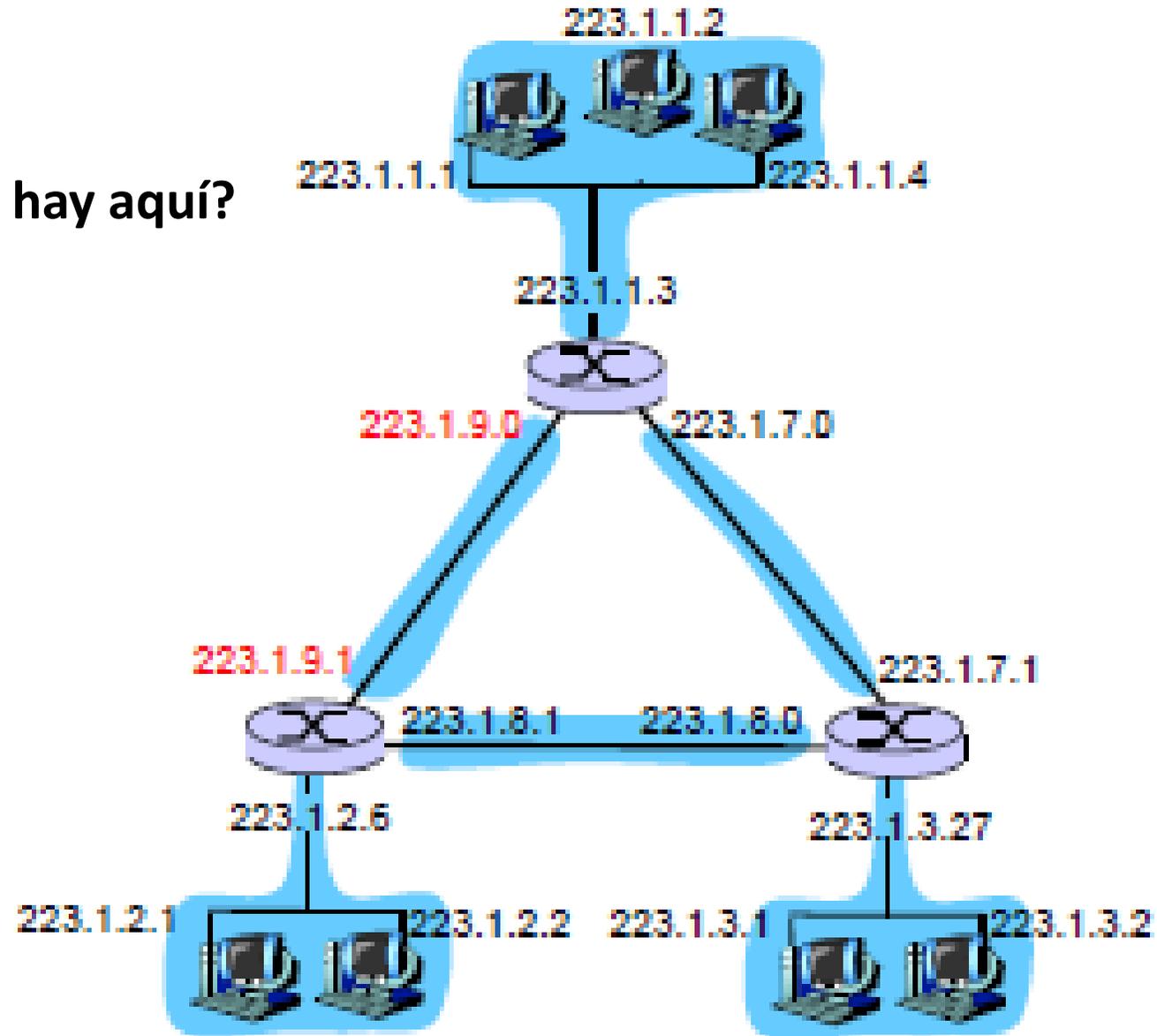
Host: Bits menos significativos

- Una Subnet es la parte de la red donde todos los Host se logran comunicar sin atravesar un router.
- En el ejemplo hay 3 subnets:
 - 223.1.1.X
 - 223.1.2.X todas con mascara/24
 - 223.1.3.X
- Un administrador puede crear sus propias subnets.



Direccionamiento IP

Subnet:
Cuántas hay aquí?



Direccionamiento IP

EJEMPLO SUBNETTING

IANA asigna la dirección **147.83.0.0 /16** a un ISP. Esta es la dirección de partida para hacer el subnetting se le llama dirección base. Calcularemos las **subredes /20** que se pueden crear y el nº de host que se pueden conectar a cada subred.

147.83.XXXXXXXXXX.XXXXXXXXXX → 147.83.0.0/16

Subredes = 16 y 4094 hosts en cada una (**elimino 2 porque?**)

- 147.83.0 0 0 0 XXXX.XXXXXXXXXX → 147.83.0.0/20 → Nº hosts = 4094
- 147.83.0 0 0 1 XXXX.XXXXXXXXXX → 147.83.16.0/20 → Nº hosts = 4094
- 147.83.0 0 1 0 XXXX.XXXXXXXXXX → 147.83.32.0/20 → Nº hosts = 4094
- 147.83.0 0 1 1 XXXX.XXXXXXXXXX → 147.83.48.0/20 → Nº hosts = 4094
-
- 147.83.1 1 1 1 XXXX.XXXXXXXXXX → 147.83.240.0/20 → Nº hosts = 4094

Direccionamiento IP

ASIGNACIÓN DIRECCIONES IP

Se hace teniendo en cuenta que:

- Una dirección identifica una interfaz (host).
- Todas las direcciones/interfaces de una misma red IP (segmento de red) tienen el mismo NetID (dirección base de la red IP).
- El router **debe** tener asignada una dirección IP por cada interfaz de salida. El NetID de dirección debe ser el mismo de la red donde esta conectada.

No todas las direcciones se pueden utilizar para numerar host, algunas son especiales.:

- **Dirección de red: HostID = todo 0's.** Identifica una red.
- **Dirección broadcast: HostID = todo 1's.**

Direccionamiento IP

DIRECCIONES IP Privadas

- Son direcciones para el uso particular de una red interna.
- Cualquiera las puede utilizar.
- En principio los paquetes que contienen a estas direcciones no son enrutables a través de Internet.

Clase	Prefijo CIDR	Rango	
A	10.0.0.0/8	10.0.0.0 – 10.255.255.255	1 dirección clase A
B	172.16.0.0/12	172.16.0.0 - 172.31.255.255	16 direcciones clase B
C	192.168.0.0/16	192.168.0.0 - 192.168.255.255	256 direcciones clase C

Direccionamiento IP

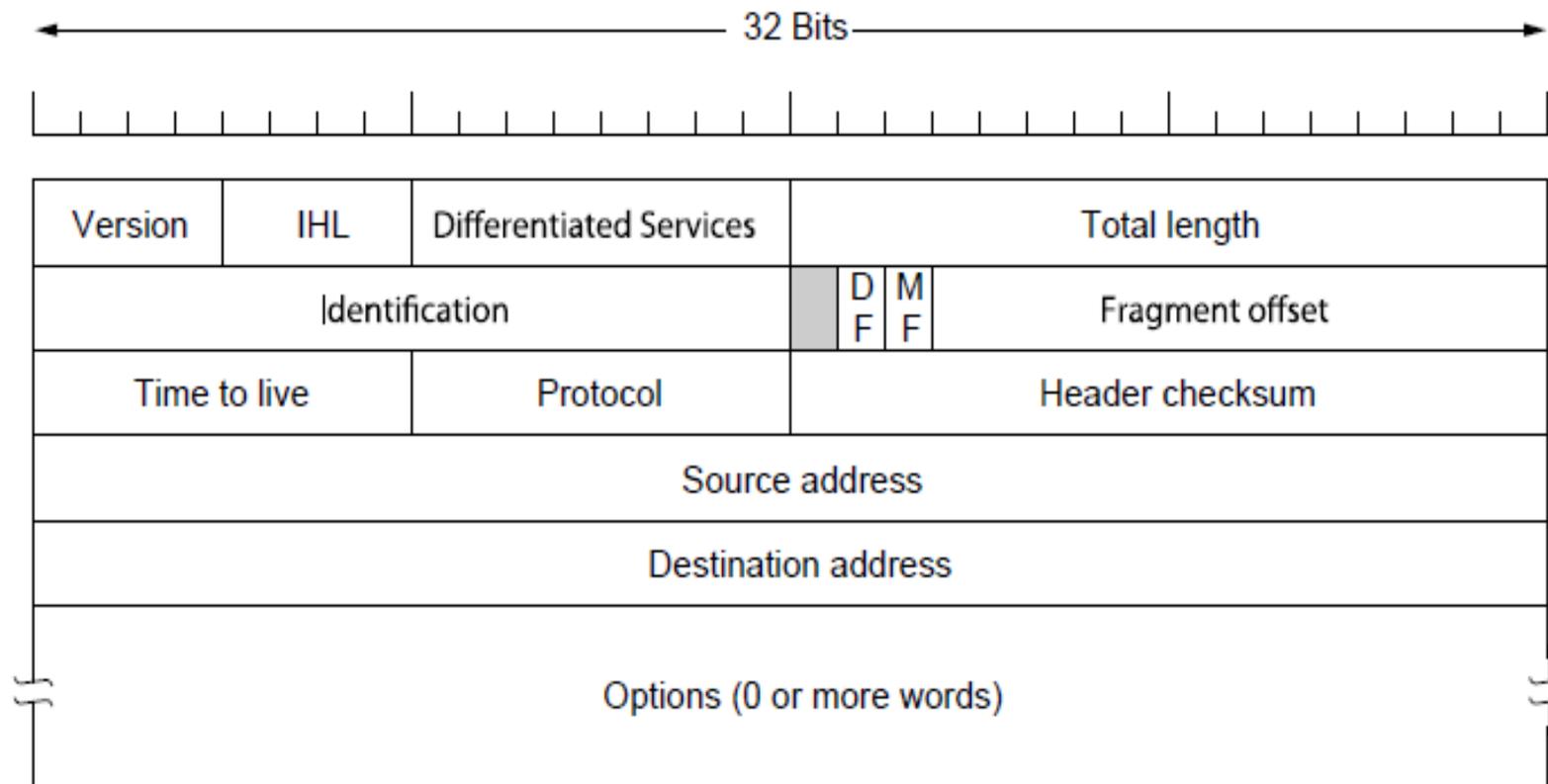
Mascara de Longitud Variable (VLSM)

- Se utiliza para crear esquemas de direccionamiento eficientes y escalables.
- Permite dividir en subredes una dirección que ya está dividida.
- Permite tener subredes de diferentes tamaños, se utiliza más de una máscara de subred dentro del mismo direccionamiento de red.
- Permite adoptar un esquema de direccionamiento en función de las necesidades de la red, una máscara larga en las redes con pocos hosts, y una corta en las redes con muchos hosts. PE:
 - **Máscaras de 30 bits:** Conexiones entre routers, con sólo dos direcciones de host válidas
 - **Máscaras de 22-24 bits:** Para 500-1000 usuarios.

LA CAPA DE RED EN INTERNET

Paquete IP: IPv4

- Encabezamiento (header) lo contienen todos los paquetes IP.
- La cabecera IP tiene una longitud mínima de 20 bytes.
- Tiene campos para para todos los parámetros del protocolo.
- Longitud máxima de los datos 65.536 es decir 2^{16}



Direccionamiento IP

IPv6 (IP version 6)

Una actualización mayor se hizo en los 90s debido al “agotamiento” del espacio de direcciones, con otros objetivos:

- Soportar miles de millones de equipos
- Reducir la tabla de enrutamiento
- Simplificar el protocolo
- Mejorar la seguridad
- Poner mas atención al tipo de servicio
- Ayudar al multicasting
- Manejar el roaming de equipos sin cambios de direcciones
- Permitir una evolución futura del protocolo
- Permitir la coexistencia de protocolos viejos y nuevos...

La adopción ha sido lenta y dolorosa

Direccionamiento IP

IPv6 (IP version 6)

- Se amplio a **128 bits la dirección**. Matemáticamente son **2^{128} o 3.403×10^{38}** , direcciones IP posibles.

- Se representan en formato Hexadecimal:

805B:2D9D:DC28:0000:0000:FC57:D4C8:1FFF

- Son 8 octetos de 16 bits cada uno.
- Los ceros continuos en un campo se pueden representar con ::

Pe: 805B:2D9D:DC28:0000:0000:FC57:D4C8:1FFF

Se escribe: 805B:2D9D:DC28::FC57:D4C8:1FFF

Esto solo se puede utilizar una sola vez

- Es valido combinar con direcciones IPv4

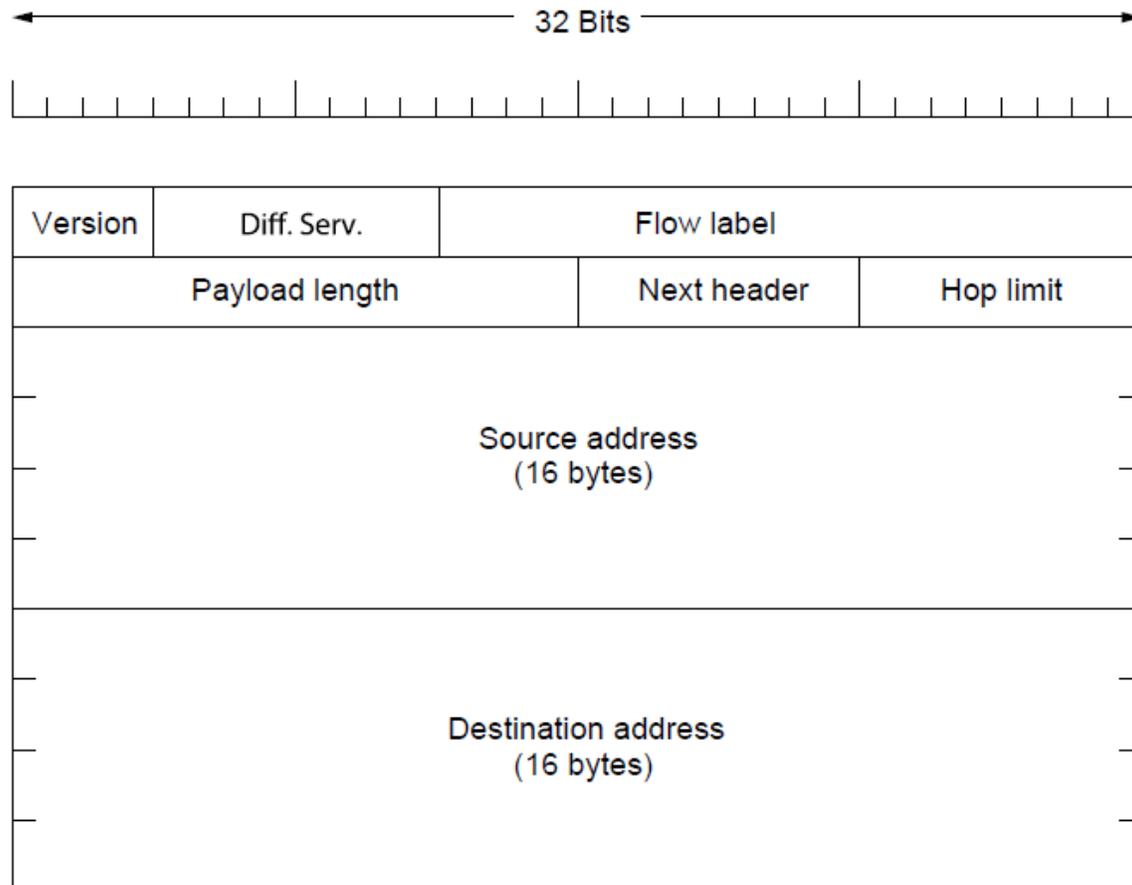
Pe: 805B:2D9D:DC28::FC57:212.200.31.255

- No hay direcciones Broadcast, pero si Unycast, Multicast y Anycast.

LA CAPA DE RED EN INTERNET

Paquete IP: IPv6

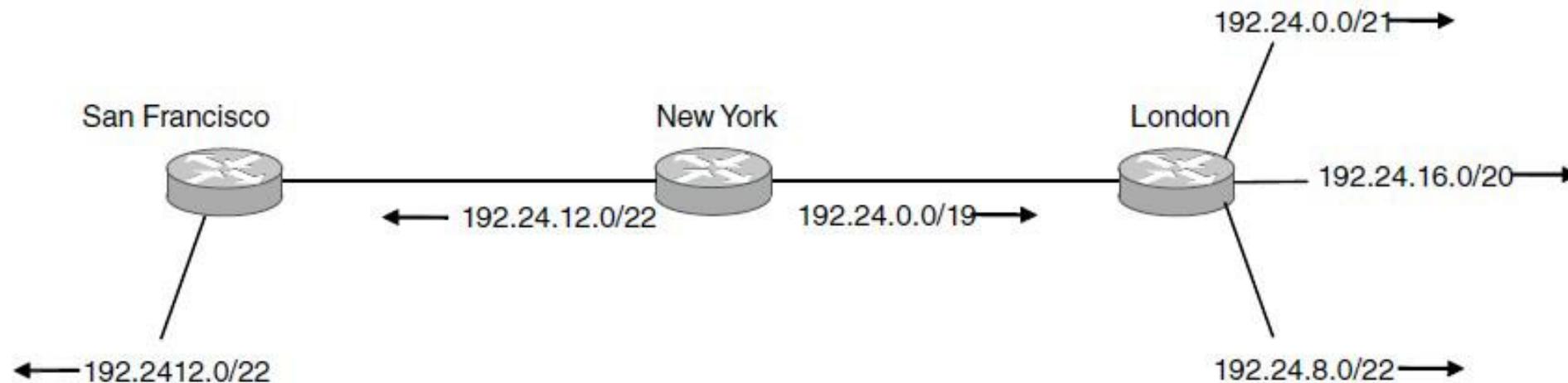
La cabecera del protocolo IPv6 tiene direcciones mucho mas largas (128 vs. 32 bits) y es simple (por la utilización de las cabeceras de extensión)



Direccionamiento IP

Enrutamiento

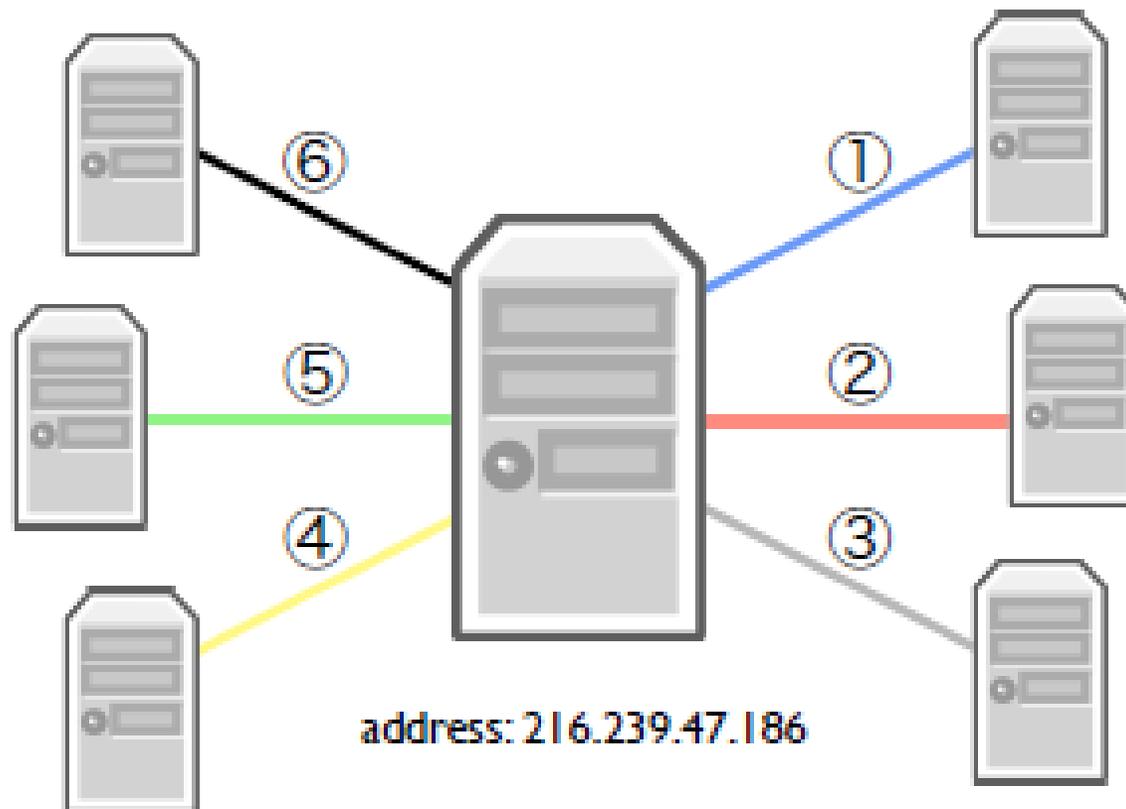
- Cada Router decide a donde envía el paquete.
- Los Paquetes son reenviados a la entrada con el prefijo mas largo que concuerde con el destino (algoritmo **Longest Prefix Match**) o el bloque de direcciones mas pequeño.
- Complica el reenvío pero añade flexibilidad
- Si no lo encuentra lo envía al **Defaul Gateway** (si esta indicado)



Direccionamiento IP

Enrutamiento

- Cada Router tiene una tabla de enrutamiento
- Envía de acuerdo al prefijo IP mas largo de cada ruta



dest	link
default	1
171.33.x.x	5
23.x.x.x	2
28.33.5.x	4
171.32.x.x	2
67.x.x.x	6
216.x.x.x	1

LA CAPA DE RED EN INTERNET

Protocolos de Control en IP: DHCP

Para comunicarse en IP se necesitan 3 cosas (mas una opcional)

- Dirección IP.
- Mascara de Red.
- Router de Default (Gateway).
- Opcional: Dirección del Servidor DNS.

Pero, **Quien asigna las direcciones IP en una red?**

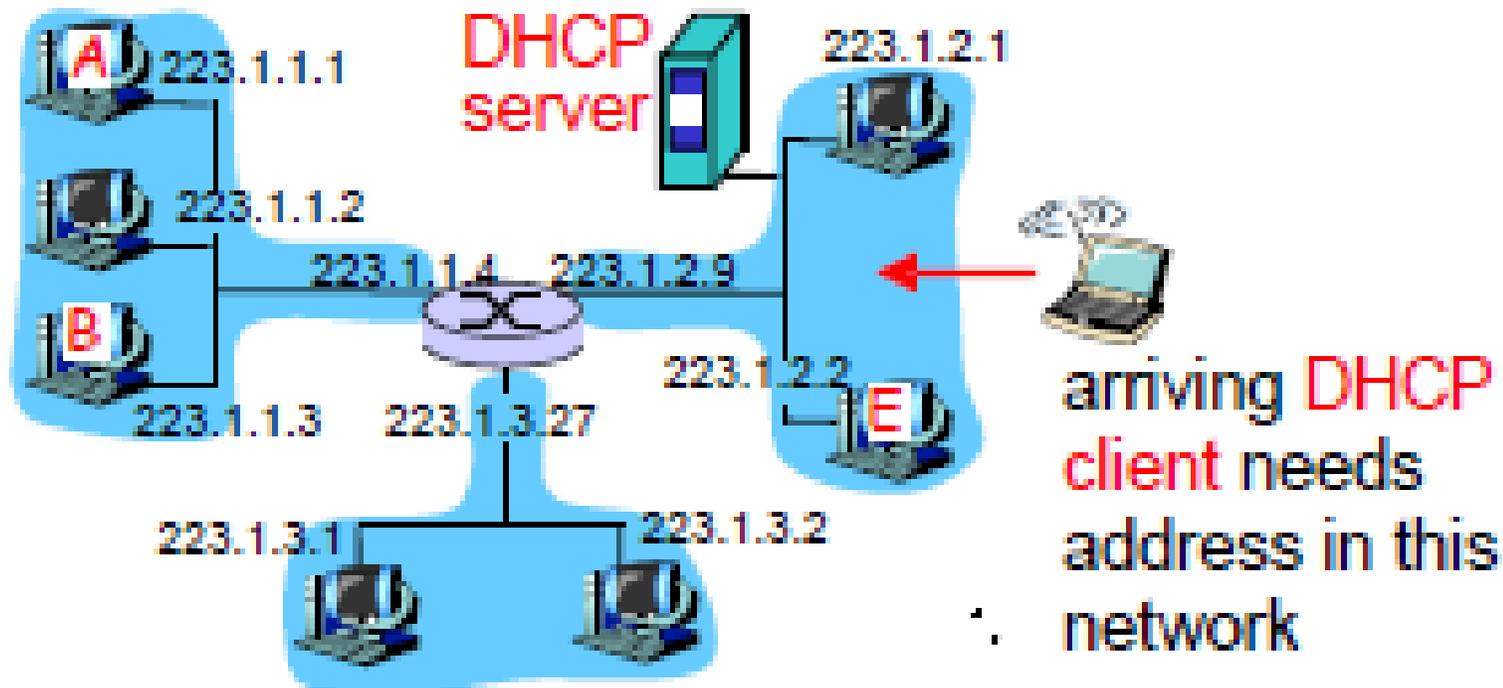
Inicialmente lo asignaba el administrador de la red y se cargaba manualmente. Muy Ineficiente.

Solución: **Dinamic Host Control Protocol (DHCP)**

LA CAPA DE RED EN INTERNET

Protocolos de Control IP: DHCP (RFC 2131)

- **DHCP** (Dynamic Host Configuration Protocol), hay routers con esta función. Asigna una dirección IP local a un equipo, u otros parámetros (mascara, DNS, etc).
 - Secuencia (DORA): Discover, Offer, Request, Ack, Release
 - El servidor responde otorgando un “lease”, por un tiempo corto.



Puertos UDP:

- Cliente: 68
- Server: 67

LA CAPA DE RED EN INTERNET

Protocolos de Control de IP: ICMP (RFC 792)

ICMP (Internet Control Message Protocol)

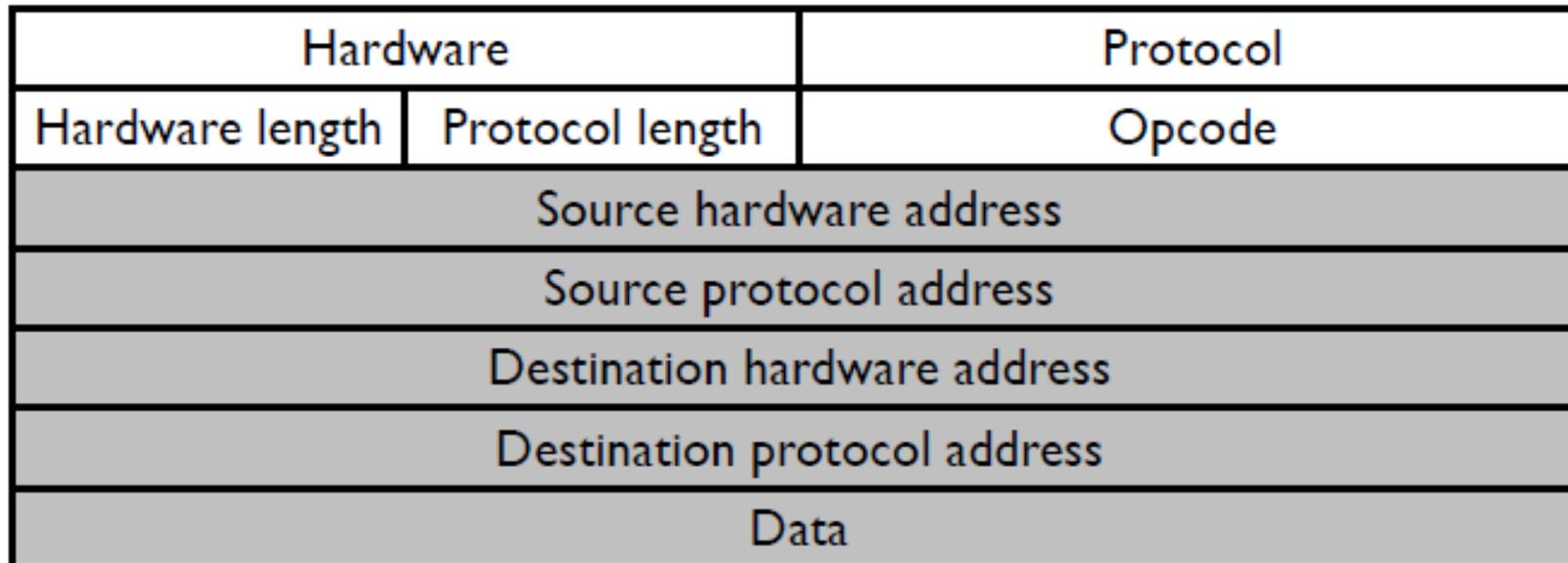
- Solo es usado por administradores y equipos de la red.
- No transporta información de usuario.
- Maneja información de errores en la red o los equipos.

Message type	Description
Destination unreachable	Packet could not be delivered
Time exceeded	Time to live field hit 0
Parameter problem	Invalid header field
Source quench	Choke packet
Redirect	Teach a router about geography
Echo and Echo reply	Check if a machine is alive
Timestamp request/reply	Same as Echo, but with timestamp
Router advertisement/solicitation	Find a nearby router

LA CAPA DE RED EN INTERNET

Protocolos de Control IP: ARP (RFC 826)

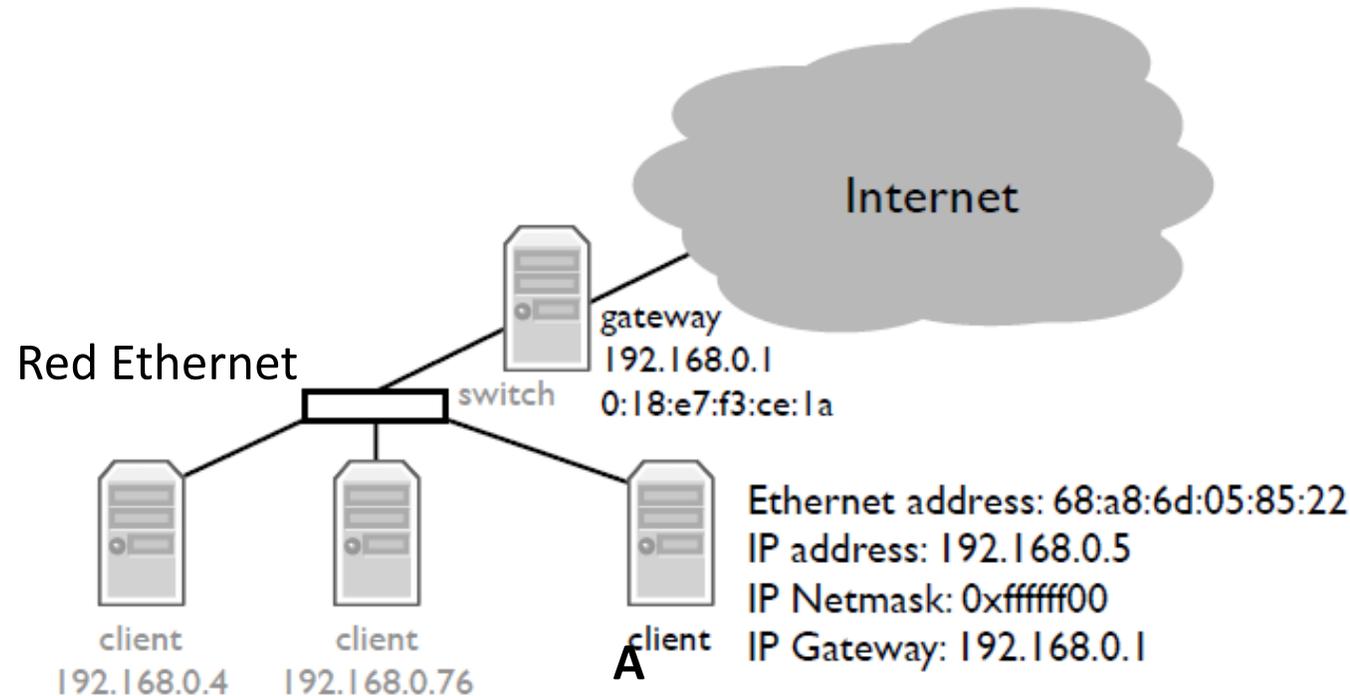
- ARP (Address Resolution Protocol) permite a los nodos encontrar las direcciones ethernet dadas sus direcciones IP.
- Funciona dentro del mismo segmento de red.
- Mecanismo simple:
 - Request: Broadcast capa 2 (Quien tiene la IP X?).
 - Reply: respuesta capa 2 solo al solicitante (Yo la tengo).



← 32 bits →

LA CAPA DE RED EN INTERNET

Protocolos de Control IP: ARP



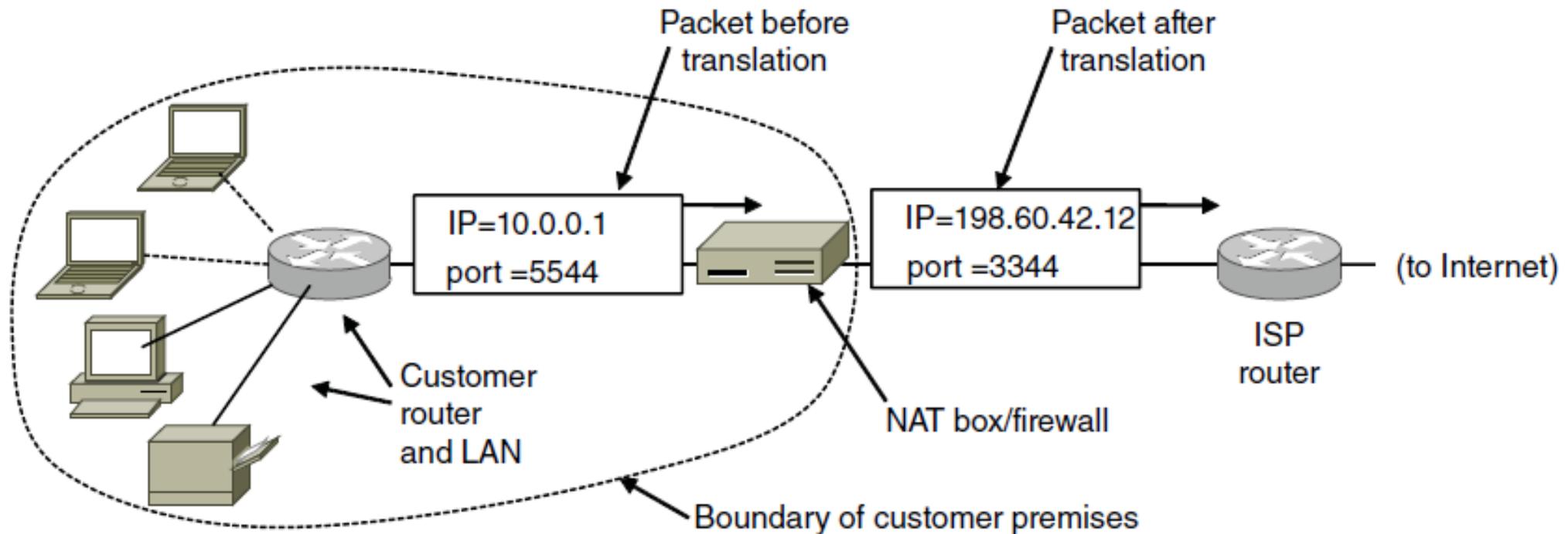
A quiere enviar un mensaje a Internet, debe hacerlo vía el gateway, pero no sabe su dirección Ethernet

- A envía Requests a FF:FF:FF:FF preguntando quien es 192.168.0.1?
- El Gateway 0:18:e7:f3:ce:1a responde soy yo.

LA CAPA DE RED EN INTERNET

Protocolos de control de IP: NAT (RFC 2636)

- Network Address Translation (NAT) mapea una dirección externa , valida en internet, a muchas direcciones internas.
- Usa puertos TCP/UDP para reconocer las conexiones
- Viola las capas; muy común.



NAPT: Es lo mismo pero inicialmente se diferenciaba si no había puertos en el proceso

LA CAPA DE RED EN INTERNET

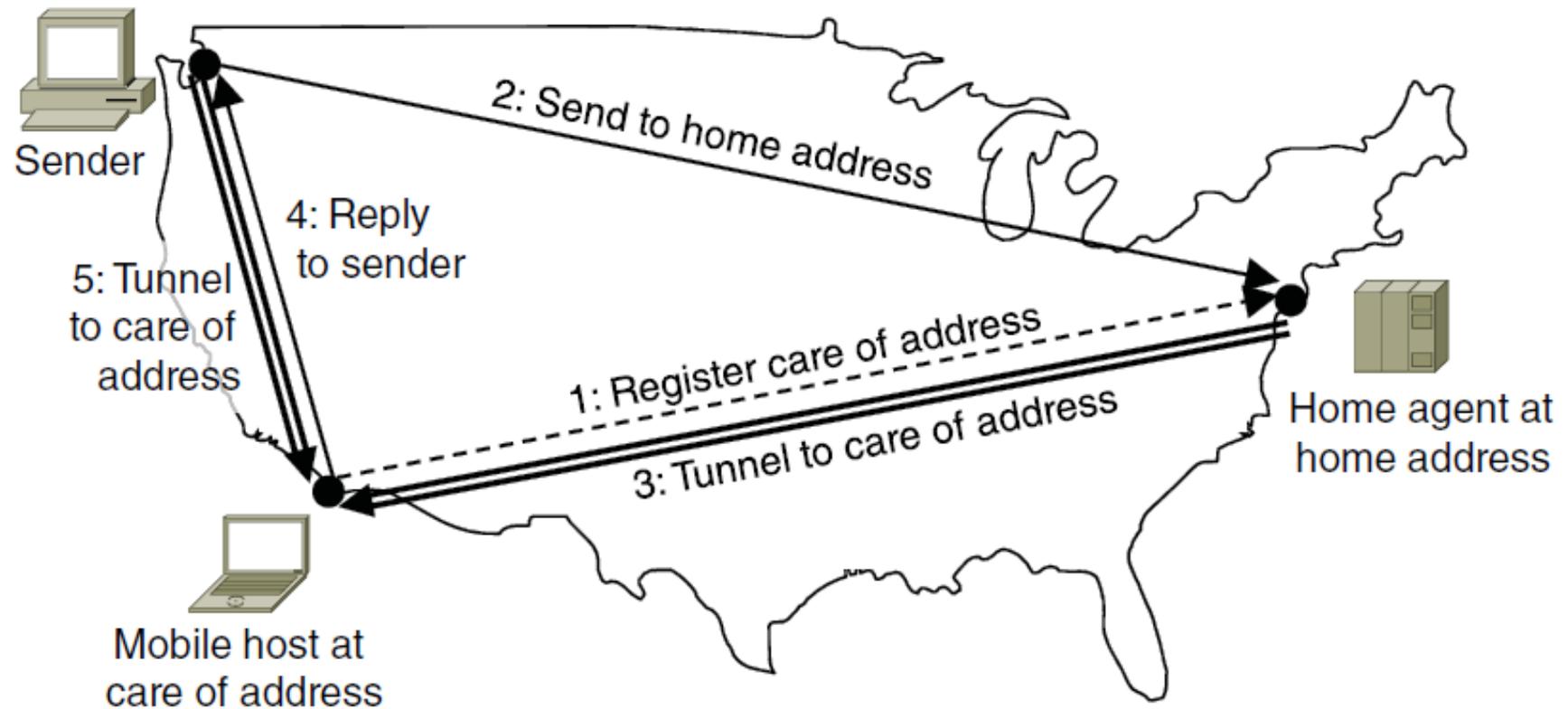
Protocolos de control de IP: Tipos de NAT

- NAT cono completo (Full Cone NAT): Convierte cualquier acceso externo a un par Dirección/puerto interno si ya hay una conversión previamente establecida. Es el menos restrictivo de los NAT.
- NAT cono restringido (Restricted Cone NAT): Solo convierte los accesos externos de direcciones IP a las cuales previamente se les ha enviado o solicitado una información, incluso si son de un puerto distinto al enviado.
- NAT puerto restringido (Restricted Port NAT): Solo convierte los accesos que vienen de direcciones IP y puertos a los que previamente se les ha enviado o solicitado una información.

LA CAPA DE RED EN INTERNET

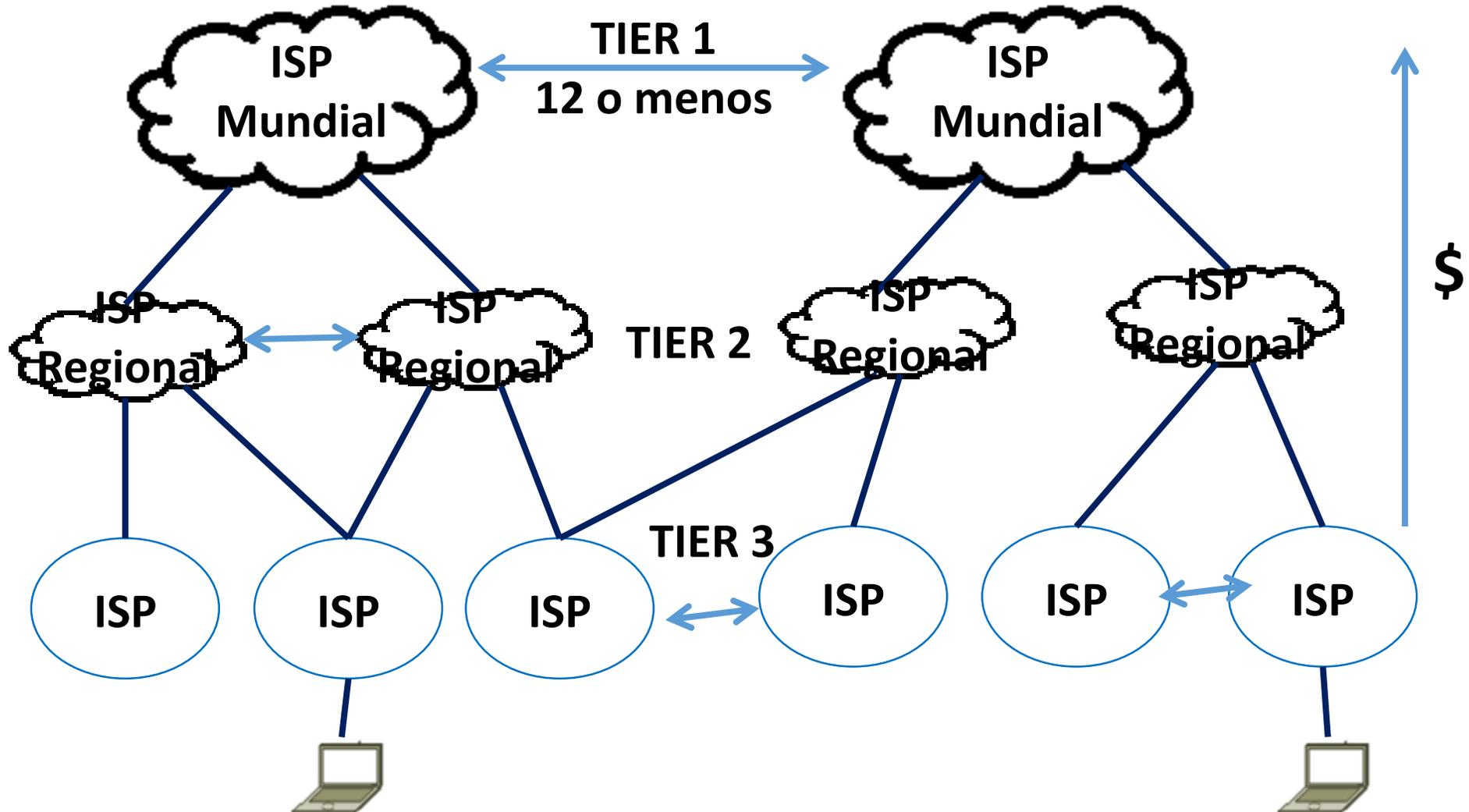
IP Movil

- Equipos móviles pueden conectarse a través de un IP fijo vía un agente de base
- Agentes bases usan túneles de paquetes para llegar al equipo móvil; la respuesta puede optimizar el camino para subsecuentes transmisiones
- No hay cambios en los enrutadores o equipos fijos



LA CAPA DE RED EN INTERNET

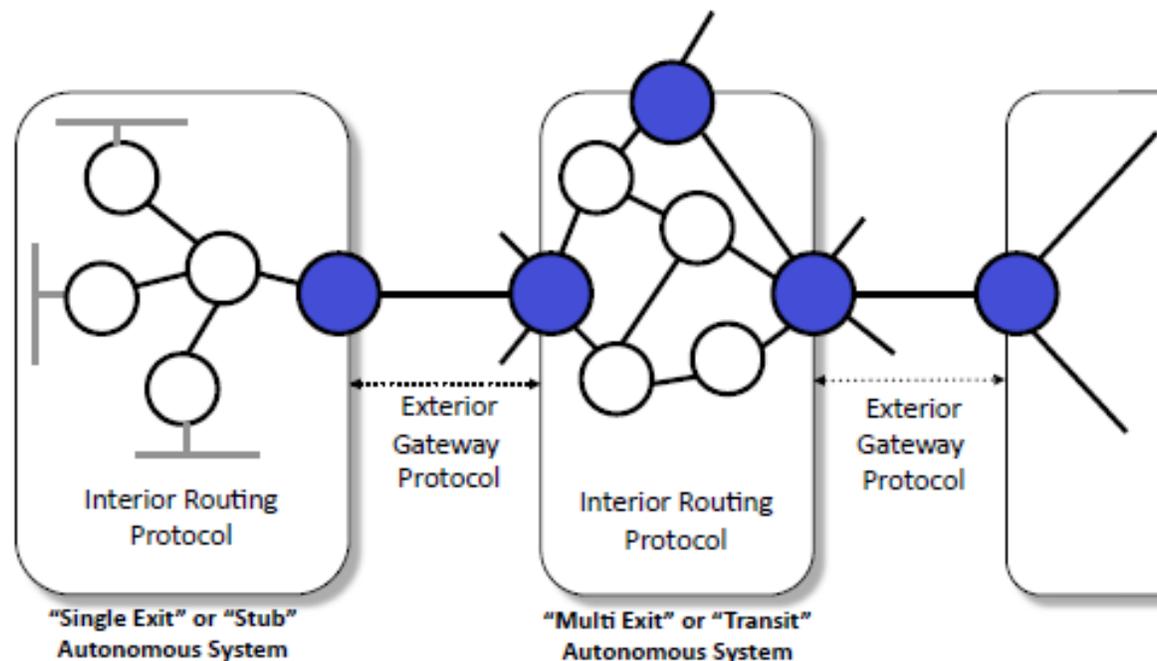
Jerarquía en Internet



LA CAPA DE RED EN INTERNET

Jerarquía en Internet: Sistemas Autónomos (AS)

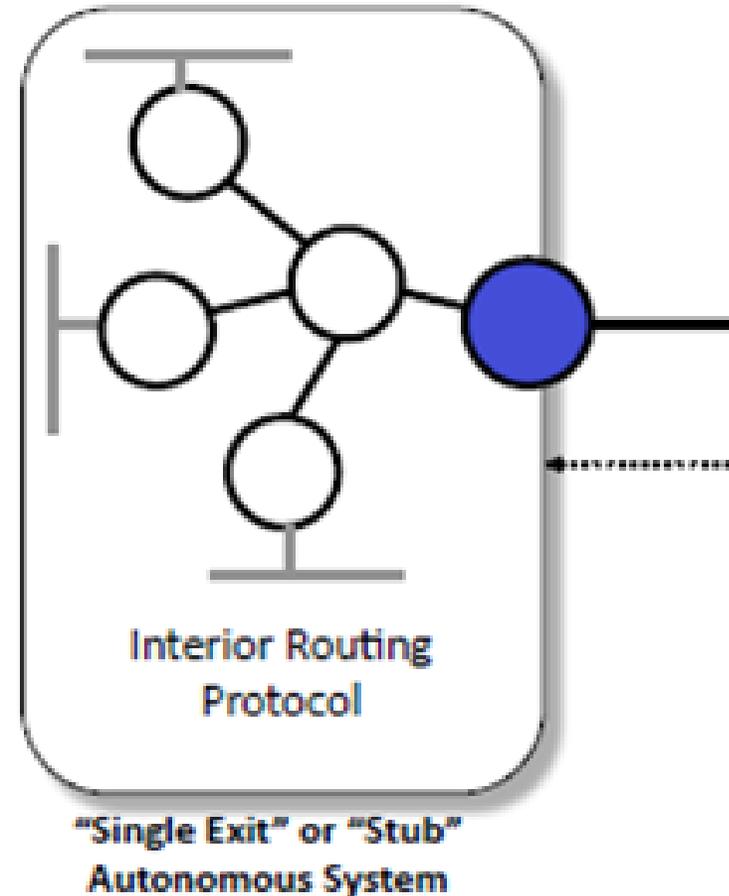
- Los AS's son la base de la jerarquía en Internet
- Cada AS's define su protocolo interno de enrutamiento
- Para comunicarse con el exterior , otros AS's debe usar BGP
- Cada AS's tiene un numero que lo identifica: Stanford (32), AT&T (797), Google (15169, 22859, 36039)



LA CAPA DE RED EN INTERNET

AS's Salida por un solo Punto (Single Exit)

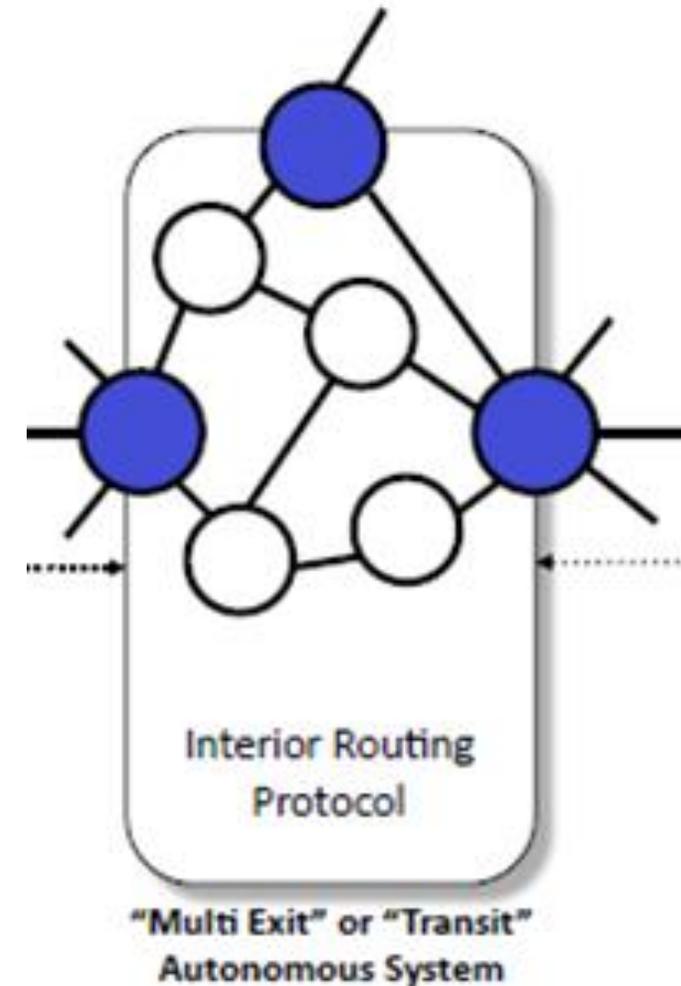
- Empresas con un solo acceso a internet.
- Cada router conoce detalladamente los prefijos internos del AS.
- Paquetes hacia otro AS son enviados al "Default Gateway", único Router con salida del AS.
- Las tablas de enrutamiento tienden a ser pequeñas



LA CAPA DE RED EN INTERNET

AS's Salida por múltiples Puntos (Multiple Exit)

- Empresas con varios accesos a internet (seguridad, redundancia, etc)
- Cada router debe ser programado con las rutas de salida y a donde enviar cada prefijo en transito.
- Las tablas de enrutamiento tienden a ser muy grandes y detalladas
- La decisión de envío de paquetes a otros AS's puede depender de:
 - Papa caliente, salida mas cercana.
 - Esquemas predefinidos
 - Enrutamiento inteligente por ciertas condiciones (casi no se usa).



LA CAPA DE RED EN INTERNET

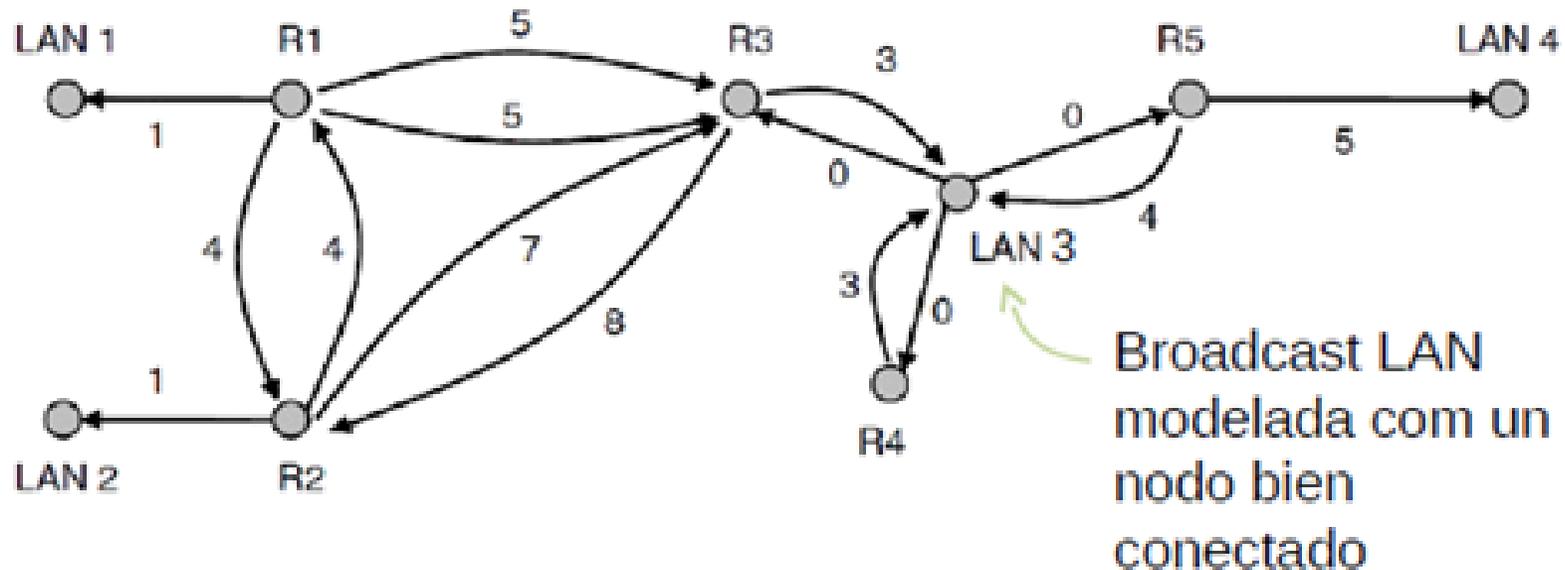
Routing Information Protocol (RIP)

- Utiliza algoritmo Vector de Distancia (Bellman---Ford).
- Internet RFC 2453 (RFC2080 para IPV6)
- Se actualiza cada 30 seg. Si un router no responde en 180 seg se considera no disponible (dañado, apagado, eliminado, etc)
- No maneja autenticación (inseguro)
- Desarrollado para UNIX .
- Casi no se utiliza ahora
- Los equipos CISCO tienen un protocolo propietario llamado EIGRP, que combina Bellman-Ford con Dijkstra).

LA CAPA DE RED EN INTERNET

Open Shortest Path First (OSPF)

- Los routers usan el algoritmo Dijkstra (inicialmente Inundación para descubrir la red)
- Internet RFC 2328
- Autentica equipos en cada Update
- Se puede partir un AS en áreas si es muy grande
- El mas usado en la actualidad
- La variante ISIS (RFC 1142) también se utiliza ampliamente



LA CAPA DE RED EN INTERNET

Border Gateway Protocol (BGP4)

- Protocolo de enrutamiento exterior, calcula las rutas utilizando vectores de ruta (PATH Vector). Uso Obligatorio.

Ejemplo: “la red 171.64/16 se alcanza por la ruta {AS1, AS5, AS13}”

- La clave es respetar las políticas de limitaciones de las redes

Ejemplos:

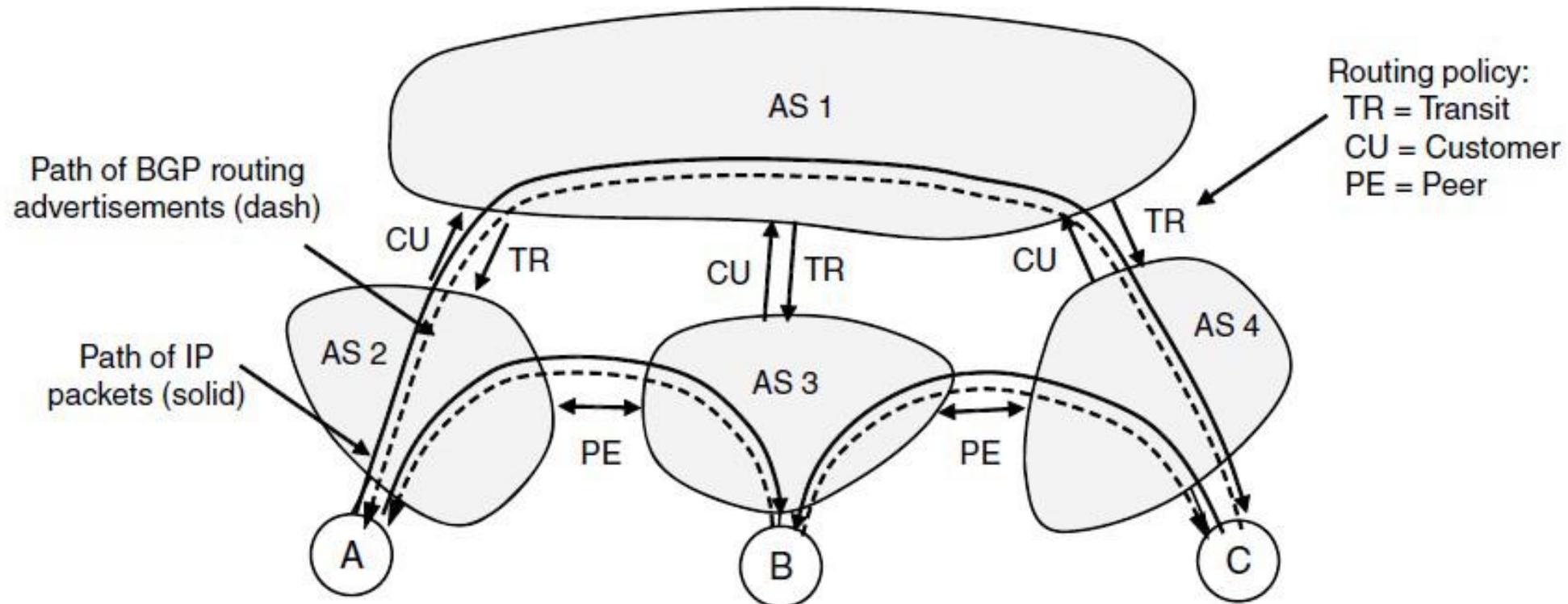
- Prohibido el trafico comercial para redes educativas
- Nunca poner a Iraq en una ruta comenzando en el pentágono
- Elegir la red mas barata
- Elegir la red de mejor rendimiento
- No ir de google a apple y de apple a google

LA CAPA DE RED EN INTERNET

Border Gateway Protocol (**BGP4**)

Política de distinción de transito vs peering:

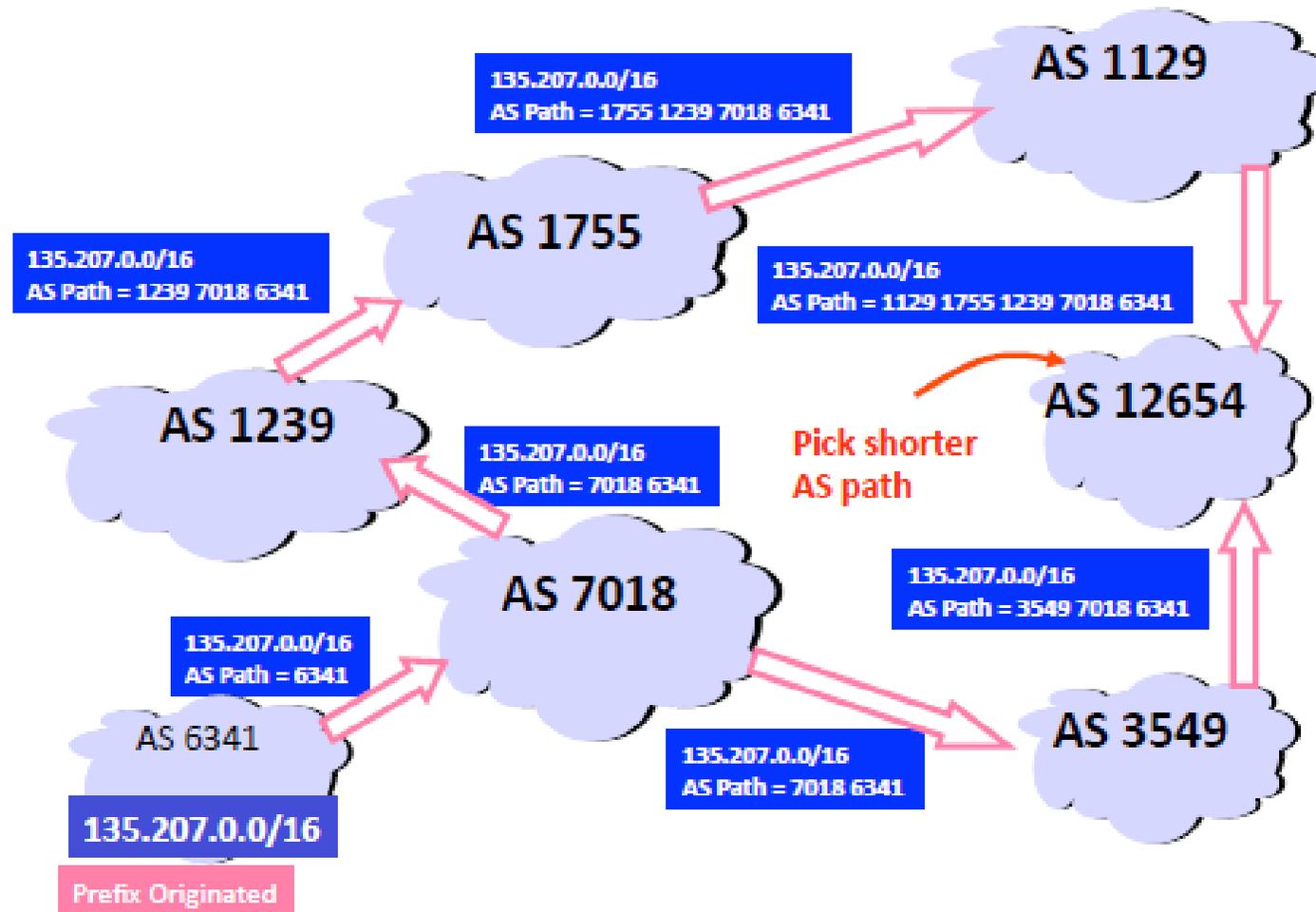
- El transito se prioriza por pago; se evita o da menor prioridad a los pares (peers)
- AS1 lleva transito $AS2 \leftrightarrow AS4$ pero no AS3 (Peer)



LA CAPA DE RED EN INTERNET

Border Gateway Protocol (BGP4)

Se elige la ruta mas corta que no tenga limitaciones, Ej: para ir a 135.207/16 se hará por 3549, 7018





USB