



Tema 2 – Seminarios

L3 Addressing

Interconexión de Redes

Grado en Ingeniería de Sistemas de Telecomunicación

Curso 2013/2014

Prof. Víctor M. López Millán (vmlopez.eps@ceu.es)



*Escuela Politécnica Superior
Departamento de Tecnologías de la Información*

Índice

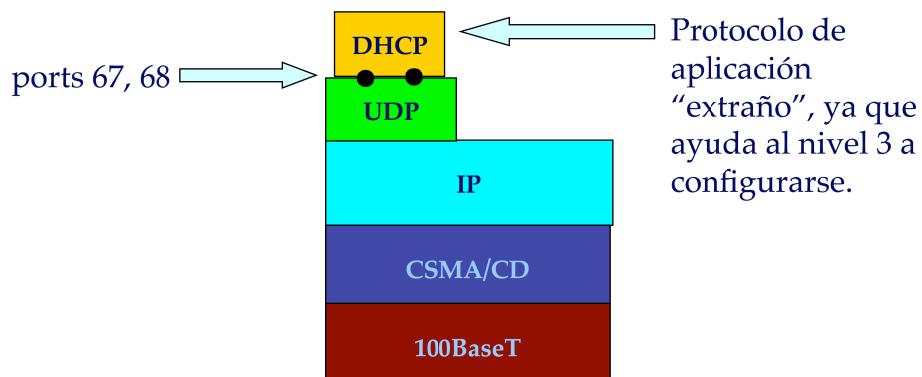
-
- 1. **DHCP**
 - 2. **Subredes con VLSM**
 - 3. **NAT**



DHCP

Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP): protocolo/servicio utilizado por los equipos de una red para obtener automáticamente los parámetros de configuración del nivel de red IP, en particular, su dirección IP.

- Diseñado para funcionar sobre una red (N2) de difusión. **RFC 2131**
- ¿Dónde encaja en la arquitectura de protocolos?



DHCP

Ventajas:

- Reduce/elimina la necesidad de configuración manual de los equipos.
- Reduce carga de trabajo de administración y errores de configuración.
- Facilita la conexión de un equipo portátil a cualquier red, adquiriendo la configuración de red local automáticamente.

Aplicaciones:

- LAN en general, excepto para aquellos equipos que deban tener direcciones estáticas (routers, firewalls, algunos servidores...).
- Redes inalámbricas.
- Acceso a Internet residencial de banda ancha (ADSL, cablemódem)

DHCP

Características:

- Protocolo cliente – servidor:
 - El cliente DHCP se ejecuta en el equipo que deseamos configurar. Es el que solicita al servidor los datos de configuración.
 - El servidor DHCP se ejecuta en uno o más servidores de la red (configuración tolerante a fallos). Es el que tiene los parámetros de configuración a asignar a los equipos.
- Su funcionamiento se basa en la naturaleza de **difusión** de la red subyacente N2 (por ejemplo, Ethernet).
 - Cuando se ejecuta DHCP, el equipo no tiene todavía dirección IP, por lo que sólo puede hablar a nivel 2.



Parámetros

- Parámetros de la red IP local configurables por DCHP:
 - Dirección IP
 - Máscara de subred
 - Pasarela por defecto
 - Dirección de broadcast
 - Nombre de dominio
 - Tiempo máximo de espera de ARP
 - MTU
 - Servidores:
 - DNS
 - NIS
 - NTP
 - SMTP
 - TFTP
 - WINS



Asignación de direcciones IP

La dirección IP es el parámetro de configuración del nivel 3 cuya configuración es más laboriosa para el administrador, ya que cada equipo ha de tener una diferente.

DHCP define cuatro métodos de asignación de direcciones:

- Asignación manual**
- Asignación estática**
- Asignación automática**
- Asignación dinámica**

Un servidor DHCP puede soportar varios métodos de asignación, que pueden funcionar simultáneamente.

Para la asignación automática y dinámica se aplica el concepto de **Concesión** de la dirección, de un **rango o pool** de direcciones disponibles:

- La dirección IP es asignada durante un intervalo de tiempo **finito y renovable**. Si el cliente no solicita la renovación antes del vencimiento, el servidor podrá reutilizar la dirección asignada.



Asignación de direcciones IP

- **Asignación manual:** la dirección está preconfigurada en el cliente, que la comunica al servidor. El servidor **no** asigna la dirección.
- Es lo más parecido a no tener DHCP, pero con comprobación por parte del servidor de que la dirección no está duplicada.
- **Asignación estática:** la dirección de un cliente determinado (reconocido por su dirección MAC) está predefinida en el servidor.
 - Cada cliente tiene siempre la misma dirección.
 - No pueden conectarse a la red clientes desconocidos.



Asignación de direcciones IP

- **Asignación automática:** El servidor dispone de un rango de direcciones para asignar automáticamente. Cuando un cliente solicita dirección la primera vez, el servidor registra su dirección MAC. En sucesivas peticiones, el servidor tratará de asignar la misma IP a esa MAC (si es posible).
 - El cliente mantiene la dirección hasta que vence su concesión o la libera explícitamente.
 - Cada cliente tiene siempre la misma dirección (si es posible).
 - Adecuada para un número de clientes relativamente estable.



Asignación de direcciones IP

- **Asignación dinámica:** la dirección de un cliente se asigna de entre una rango de direcciones disponibles en el servidor, pero no se relaciona con su MAC. Dicha dirección podrá ser **reutilizada** a continuación para otro cliente cuando finalice la concesión.
 - La dirección de un cliente determinado variará entre sesiones.
 - No se comprueba si el cliente es conocido.
 - Permite servir a un número de clientes mayor que el número de direcciones IP disponibles, mientras el número de clientes conectados a la red simultáneamente no exceda dicho número.



Protocolo DHCP

Tipos de mensajes:

- **DHCP Discovery:** difundido por el cliente en la red para descubrir un servidor DHCP y solicitarle los parámetros básicos (incluyendo la dirección IP).
- **DHCP Offer:** enviado al cliente por el o los servidores DHCP de la red, con los parámetros básicos. Cada servidor reserva la dirección IP ofrecida hasta recibir la confirmación del cliente.
- **DHCP Request:** difundido por el cliente en la red para aceptar la dirección IP ofrecida por uno de los servidores DHCP. El servidor que la ofreció confirma la reserva realizada y el resto de los servidores anulan las reservas de las direcciones que ofrecieron. También utilizado para solicitar la extensión del periodo de asignación antes de su expiración.



Protocolo DHCP

Tipos de mensajes (cont.):

- **DHCP Acknowledgement:** enviado por el servidor que ofreció la dirección cuando recibe la confirmación del cliente (DHCP Request). El paquete contiene el resto de los parámetros de configuración solicitados por el cliente.
- **DHCP NACK:** enviado por el servidor para indicarle al cliente que la configuración anunciada en el DHCP Request no es válida. También para comunicarle al cliente que su concesión está a punto de terminar (si no recibe un DHCP Request, terminará).
- **DHCP Information:** enviado por el cliente si necesita información adicional sobre la enviada por el servidor en el DHCP Acknowledgement.



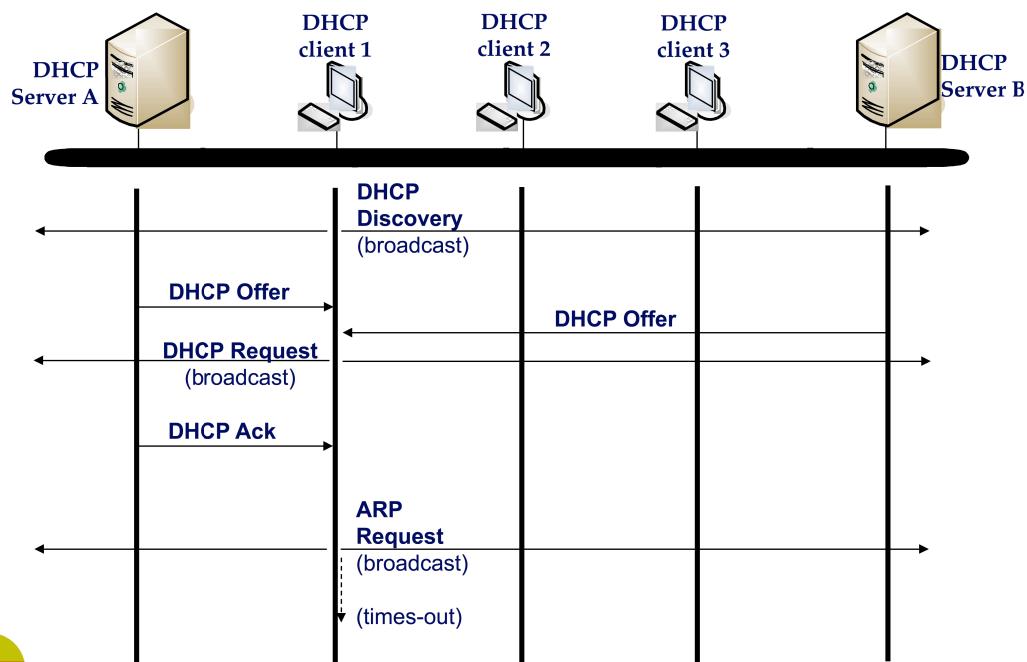
Protocolo DHCP

Tipos de mensajes (cont.):

- **DHCP Release:** enviado por el cliente para renunciar a la información de configuración asignada (por ejemplo, cuando se apaga), para que el servidor pueda reutilizarla.
 - A veces el cliente no puede enviar este mensaje (p. ej. desenchufamos de la red), así que no es obligatorio en el protocolo. De ahí el tiempo de expiración de la asignación.
- **DHCP Decline:** enviado por el cliente para informar al servidor de que la dirección que le ofrece ya está en uso por otro equipo, normalmente porque el usuario la ha configurado manualmente.



DHCP: escenario básico de asignación



Configuración DHCP en Cisco

1. Definir un *pool* de direcciones, establecer su rango y excluir las que no se ofertarán:

```
router(config)#ip dhcp pool nombre_pool  
router(dhcp-config)#network dir_ip mascara  
router(config)#ip dhcp excluded-address  
    ip_inicial [ip_final]
```

2. Definir otros parámetros de configuración:

```
router(dhcp-config)#default-router ip_router  
router(dhcp-config)#dns-server ip_serv_dns  
router(dhcp-config)#domain-name sufijo_dns  
router(dhcp-config)#lease {dias [horas]  
    [minutos] | infinite}
```



Otros comandos DHCP

- **show ip dhcp binding**
- **debug ip dhcp server events**
- **debug ip dhcp server packet**
- **clear ip dhcp binding {dirección | *}**
- **clear ip dhcp server statistics**

Configuración de un cliente DHCP:

- **interface nombre numero**
- **ip address dhcp**



Relay agents: helper-address

- Es un mecanismo genérico de reenvío de peticiones de un servicio (sobre UDP) difundidas a nivel 3 en una red.
- La *helper-address* del router de salida indica la dirección IP del servidor en cuestión, situado en otra subred. De ese modo se evita tener un servidor en cada subred.
- El servicio DHCP funciona sobre UDP, luego puede utilizar este mecanismo. En Cisco se configura por separado en cada interfaz conectada a una subred de donde se quieren reenviar las peticiones.
 - **(no) ip helper-address address**



Índice

1. **DHCP**
2. **Subredes con VLSM**
3. **NAT**



Subredes

■ Subnetting:

- Dividir una red IP en varias subredes, asignando bloques de direcciones contiguas y con un prefijo común a cada una de ellas para facilitar el encaminamiento interno en esa red.
- El resto de redes sigue viendo a esa red con una única dirección de red.

■ Ventajas:

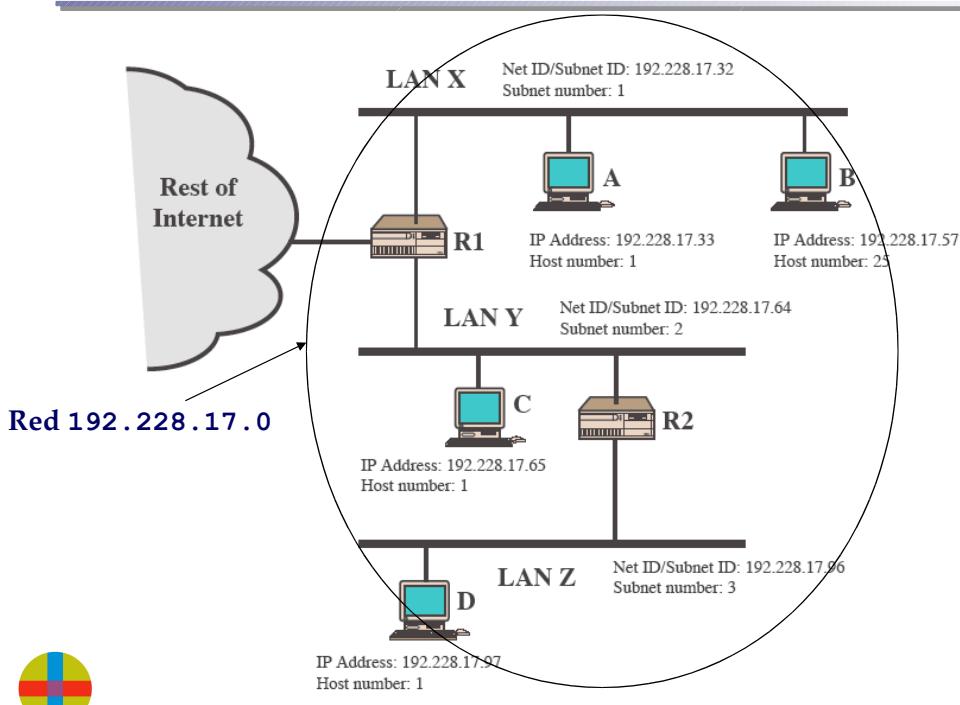
- Ahorro de direcciones IP. Significativa sólo si son direcciones públicas (ver CIDR).
- Organización de las subredes internas, facilitando el encaminamiento

■ Tipos:

- **Classical subnetting:** todas las subredes iguales (máscara de subred única)
- **VLSM:** subredes de distintos tamaños (varias máscaras)



Ejemplo de subredes



Máscara de subred

- Es necesario que los routers internos conozcan la organización de las direcciones en subredes.
- **Máscara de subred (*subnet mask*):**
 - Número binario de 32 bits que señala **la parte de red y la parte de subred** de la dirección IP.
 - Parte de red: todo unos
 - Parte de subred: todo unos
 - Parte de host: todo ceros
 - Se denota con la **notación punto**, pero **no es una dirección IP**.
 - No confundir con la **máscara de red**.



Máscara de subred del ejemplo

Dirección de la red:

11000000	11100100	00010001	00000000
192	228	17	0

Máscara de red:

11111111	11111111	11111111	00000000
255	255	255	0

Máscara de subred:

11111111	11111111	11111111	111	00000
255	255	255	224	



Cálculo de las subredes

- Características de la dirección:

- N° bits de la parte de host (de acuerdo con la clase): B_H
 - N° bits de la parte de subred: B_S
 - N° bits de la parte de host (después de quitar B_S): B'_H
- $$B_S + B'_H = B_H$$

- Características de las subredes:

- N° de subredes: N_S
- N° de hosts en cada subred: N_H
- Las partes de red / subred / host no pueden ser ni todo unos ni todo ceros.

$$N_S = 2^{B_S} - 2 \quad N'_H = 2^{B'_H} - 2$$



Cálculo de las subredes del ejemplo

- $B_H = 8$
 - $B_S = 3$
 - $B'_H = 8 - 3 = 5$
- ➡
- $N_S = 2^3 - 2 = 6$ subredes
 - $N_H = 2^5 - 2 = 30$ hosts

Dirección de red:

11000000	11100100	00010001	000	00000
192	228	17	0	

Dirección de la primera subred (subred número 1 ó subred 32):

11000000	11100100	00010001	001	00000
192	228	17	32	

Dirección del primer host de la primera subred:

11000000	11100100	00010001	001	00001
192	228	17	33	



Difusión en subredes

- Tres tipos de difusión (*broadcast*) en una red IP con subredes:
 - **Difusión local:**
 - Todos los hosts de la subred de origen.
 - Dirección broadcast: 255.255.255.255
 - **Difusión dirigida (*directed broadcast*):**
 - Todos los hosts de una subred distinta de la de origen.
 - Dirección broadcast: todo unos en la parte de host.
 - **Difusión en la red:**
 - Todos los hosts de todas las subredes de la red.
 - Dirección broadcast: todo unos en la parte de subred y de host.



Difusión en las subredes del ejemplo

Dirección de difusión local en la primera subred:

11111111	11111111	11111111	111	11111
255	255	255	255	

Dirección de difusión dirigida a la última subred:

11000000	11100100	00010001	110	11111
192	228	17	223	

Dirección de difusión a todas las subredes:

11000000	11100100	00010001	111	11111
192	228	17	255	



VLSM

Variable Length Subnet Mask (VLSM): esquema de direccionamiento conceptualmente igual a CIDR, pero aplicado a las redes privadas.

- **Objetivo:** realizar subredes de distintos tamaños, correspondientes a distintas máscaras de subred.
- Si se utilizan protocolos de encaminamiento, requiere que se envíen **máscaras** junto con las direcciones de los destinos.
- Da lugar a planes de direccionamiento más complejos, que hay que analizar con cuidado.



VLSM: ejemplo (I)

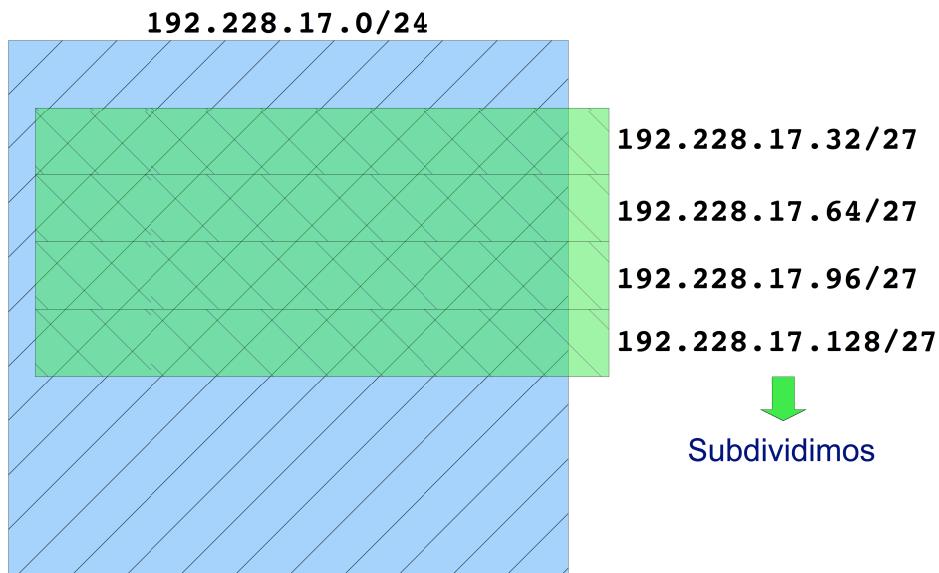
- En el ejemplo anterior, a partir de la dirección base 192.228.17.0/24 se realizaron tres subredes del mismo tamaño, con máscara 255.255.255.224 (o /27):
 - 192.228.17.32/27, 192.228.17.64/27 y 192.228.96.0/27.
- Ahora, en lugar de una cuarta subred 192.228.17.128/27, realizamos cuatro subredes con máscara **255.255.255.248** (o /29) con dicho bloque de direcciones:

11000000	11100100	00010001	100	00	000
192	228	17	128		
11000000	11100100	00010001	100	01	000
192	228	17	136		
11000000	11100100	00010001	100	10	000
192	228	17	144		
11000000	11100100	00010001	100	11	000
192	228	17	152		



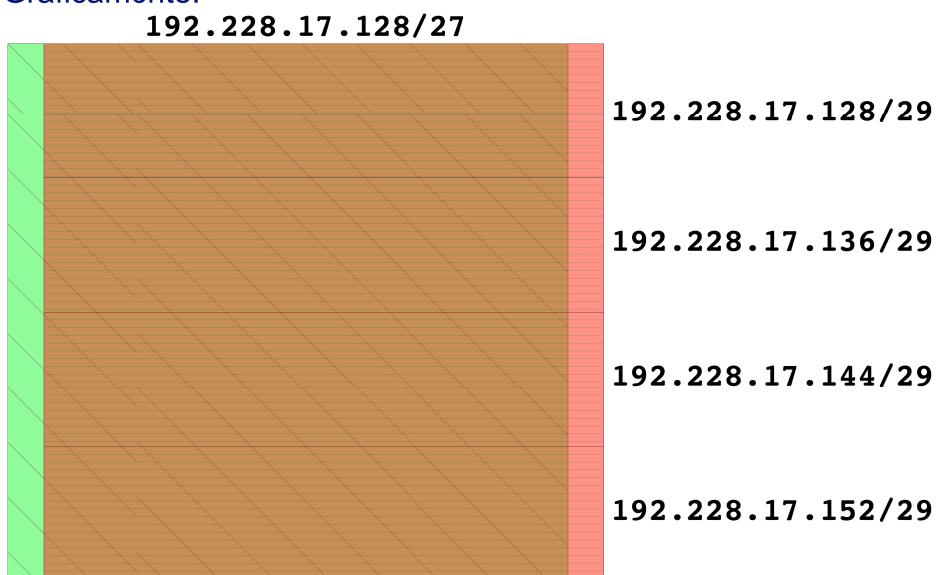
VLSM: ejemplo (II)

- Gráficamente:



VLSM: ejemplo (III)

- Gráficamente:



Ejemplo VLSM (y IV)

- Tamaños de las subredes creadas:

- 192.228.17.32/27: $2^{(32-27)} = 32$ direcciones
- 192.228.17.64/27: $2^{(32-27)} = 32$ direcciones
- 192.228.17.96/27: $2^{(32-27)} = 32$ direcciones
- 192.228.17.128/29: $2^{(32-29)} = 8$ direcciones
- 192.228.17.136/29: $2^{(32-29)} = 8$ direcciones
- 192.228.17.144/29: $2^{(32-29)} = 8$ direcciones
- 192.228.17.152/29: $2^{(32-29)} = 8$ direcciones



VLSM: Cisco

- No hay que configurar nada especial para utilizar VLSM, simplemente asignar direcciones IP con sus correspondientes máscaras a las interfaces de los routers (y de los hosts).
- Lo más importante es pensar un plan de direccionamiento correcto con papel y lápiz antes.
- Un router va a “quejarse” si configuramos dos de sus interfaces con direcciones pertenecientes a subredes con solapamiento. Pero si lo hacemos en dos interfaces de dos routers, no pueden saberlo.
- La tabla de rutas va a reflejar el hecho de que se empleen varias máscaras de subred dentro de la misma red. La señalará como “*variably subnetted*”.



Longest Match

- En una tabla de encaminamiento pueden aparecer varias rutas al mismo destino con diferentes máscaras. Es decir, los destinos de dichas rutas se contienen unos a otros.
- Para determinar el siguiente salto se utiliza el criterio de ruta más específica o **longest match**: se escoge la ruta coincidente con máscara más larga.

```
10.0.0.0/8 is variably subnetted, 4 subnets, 2 masks
S      10.0.0.0/16 [1/0] via 192.168.0.1
C      10.1.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C      10.1.2.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
C      10.1.3.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
C      192.168.0.0/24 is directly connected, FastEthernet1/1
```

- ¿Por dónde se reenviará un datagrama dirigido a la 10.1.1.10?
- Esto se utiliza para crear rutas a **superredes** que permitan hacer las tablas de rutas más compactas (con menos rutas).



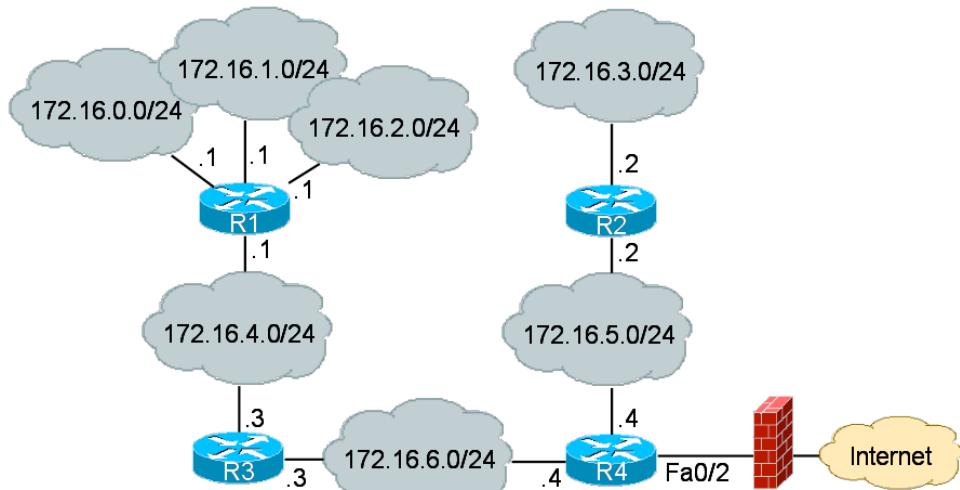
Agregación de rutas

- La **agregación de rutas** consiste en fundir en una sola ruta varias rutas a otros tantos destinos.
- La red consistente en el conjunto de los destinos que se van a agregar se denomina **superred**. La superred aparecerá como destino en la ruta agregada.
- Es posible gracias al mecanismo de longest matching para la selección de ruta y a la posibilidad de tener máscaras de subred de distintas longitudes.
- Para poder agregar un conjunto de rutas es necesario que:
 - Sus destinos tengan un prefijo común.
 - Su siguiente salto sea el mismo.
- Gracias a la agregación de rutas podemos hacer **tablas de rutas más compactas** (con menos rutas).



Ejemplo de agregación de rutas

- Obtener las tablas de encaminamiento estáticas más compactas para los routers R1 a R4



Índice

1. DHCP
2. Subredes con VLSM
3. NAT



NAT (*Network Address Translation*)

- NAT es un mecanismo de traducción de las direcciones IP (y opcionalmente puertos) presentes en la cabecera de los datagramas, a su paso por el router pasarela entre dos redes (donde reside NAT), con direccionamiento incompatible.

RFC1631

RFC3022

- Justificación:

- Paliar la escasez de direcciones IP públicas.
- Independizar el direccionamiento interno del ISP.
- Aumentar la seguridad (los equipos no están visibles desde el exterior; ocultándose la topología interna).
- Interconectar subredes que comparten el mismo direccionamiento.

ROAS:
*"Running Out
of Addressing
Space"*



Tabla NAT

- La traducción se controla mediante la **tabla NAT**, que relaciona las direcciones y puertos originales y los traducidos. De esa forma, cuando llega el datagrama de respuesta se pueden deshacer las traducciones correctamente antes de entregar el datagrama a la red de origen.
- Las entradas pueden ser:
 - Estáticas**: configuradas por el administrador de la red, para relaciones uno a uno estáticas entre direcciones internas y externas.
 - Dinámicas**: creadas al salir un datagrama por el router que conecta las dos redes y traducirse sus direcciones/puertos. Dichas entradas desaparecerán después de un tiempo sin usarse.

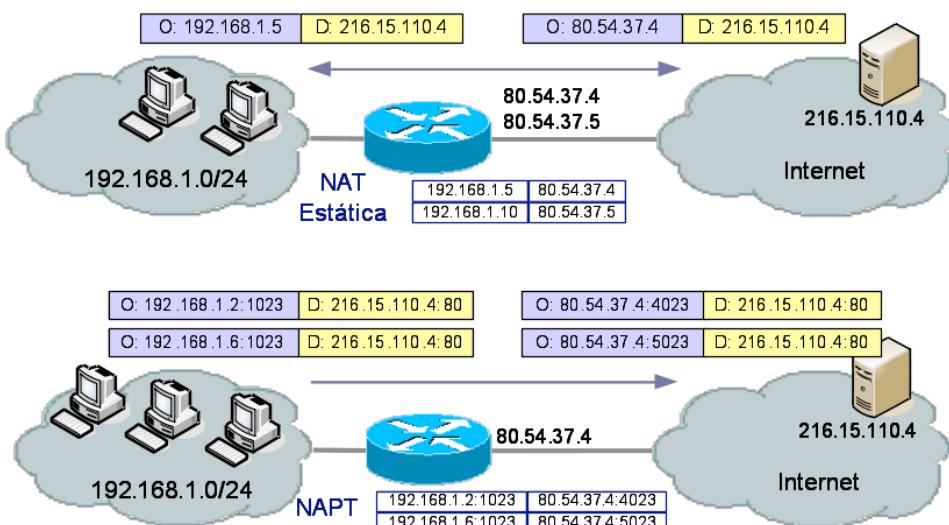


NAT / PAT. Modalidades (I)

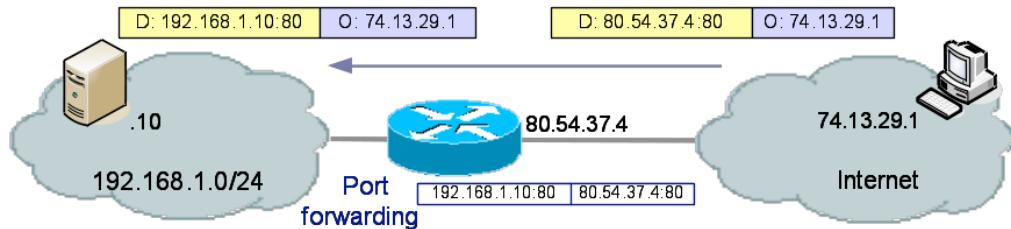
- **NAT Estático:** El administrador establece una asociación estática entre direcciones internas y públicas (una a una). Permite el tránsito entre las dos redes en los dos sentidos.
- **NAT Dinámico:** Las direcciones públicas disponibles se asignan dinámicamente a los hosts que intentan salir, hasta agotarse. Sólo permite peticiones de salida y respuestas asociadas.
- **PAT (Port Address Translation), enmascaramiento o NAPT (Network Address&Port Translation):** Es un NAT dinámico al que se añade la traducción de puertos. Cuando hay mayor número de peticiones de salida que direcciones externas, múltiples direcciones internas utilizan la misma dirección externa. Cada asociación se identifica por un puerto diferente en el router de salida. Solo permite peticiones de salida y respuestas asociadas.
- **Port Forwarding:** Un puerto de una dirección externa se asocia a una dirección/puerto interna. Permite peticiones de entrada, y respuestas asociadas.



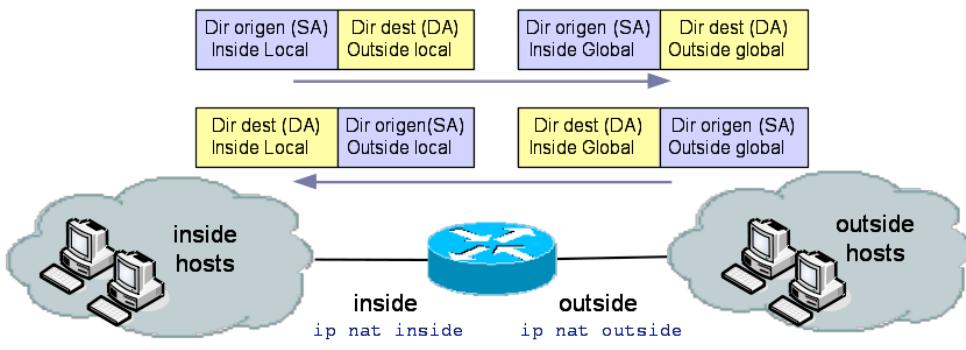
NAT / PAT. Modalidades (II)



NAT / PAT. Modalidades (y III)



NAT / PAT en Cisco



Inside local Address : Dirección interna asignada a una máquina (normalmente privada)

Inside Global Address : Dirección[es] con la que se representan en el exterior una o más direcciones internas

Outside local Address : Dirección de una máquina externa tal como se ve en la red interna

Outside Global Address : Dirección real que tiene una máquina externa



Tabla NAT en Cisco

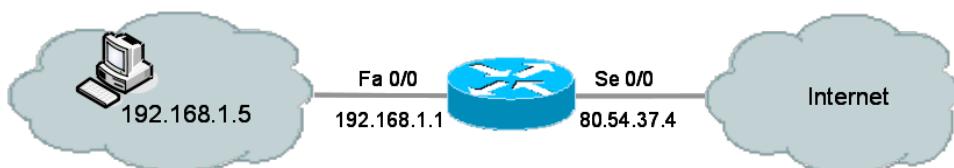
- El NAT de Cisco es un mecanismo de traducciones general, que permite traducir las direcciones *inside* (lo visto hasta ahora) como las *outside*. Por ello, la tabla NAT es también general, apareciendo una columna para cada uno de los conceptos vistos:

Inside Global	Inside Local	Outside Local	Outside Global
address:port	address:port	address:port	address:port

- Para distinguir entre los puertos de UDP y TCP, así como para otros protocolos que no utilizan UDP ni TCP, se añade una columna que indica el **protocolo**.



Ejemplo: NAT estático



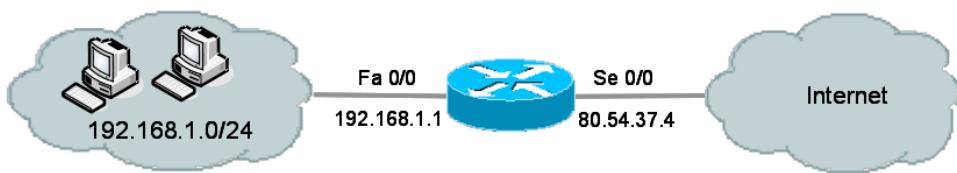
```
router(config)# interface fastethernet 0/0
router(config-if)# ip address 192.168.1.1
    255.255.255.0
router(config-if)# ip nat inside

router(config)# interface serial 0/0
router(config-if)# ip address 80.54.37.4 255.255.255.0
router(config-if)# ip nat outside

router(config)# ip nat inside source static
    192.168.1.5 80.54.37.4
```



Ejemplo: NAT dinámico (sin PAT)



- Se crea una ACL para establecer qué direcciones privadas pueden salir, y se configura un pool con las direcciones públicas disponibles:

```
router(config)# access-list 1 permit 192.168.1.0
0.0.0.255
```

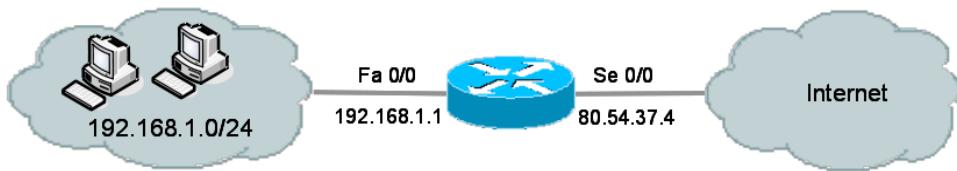
```
router(config)# ip nat pool POOL1 80.54.37.4
80.54.37.4 netmask 255.255.255.0
```

```
router(config)# ip nat inside source list 1 pool
POOL1
```

Además, configurar las interfaces como inside/outside.



Ejemplo: PAT / NAPT (enmascaramiento)



- Se crea una ACL para establecer qué direcciones privadas pueden salir, y se configura NAT sobrecargado (**overloaded**), sobre la interfaz o sobre el pool:

```
router(config)# access-list 1 permit 192.168.1.0
0.0.0.255
```

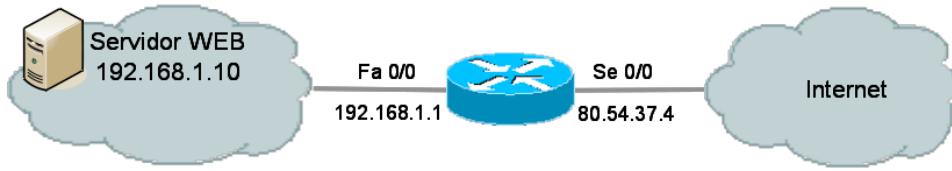
```
router(config)# ip nat inside source list 1
interface serial 0/0 overload, o bien:
```

```
router(config)# ip nat inside source list 1 pool
POOL1 overload
```

Además, configurar las interfaces como inside/outside.



Ejemplo: Port Forwarding



- Se configura como un NAT estático. En estas configuraciones normalmente se bloquea el tráfico entrante; será necesario abrir el puerto concreto para que se reenvíe el tráfico hacia la red interna.

```
router(config)# ip nat inside source static tcp  
192.168.1.10 80 80.54.37.4 80
```

```
router(config)# access-list 101 permit tcp any any  
eq 80
```

```
router(config)# interface serial 0/0
```

```
router(config-if)# ip access-group 101 in
```

Además, configurar las interfaces como inside/outside.



Otros comandos NAT

- **show ip nat translation**
- **show ip nat translation verbose**
- **show ip nat statistics**
- **(un)debug ip nat**
- **clear ip nat translation ***

