

NATs: Recomendaciones

Area de Ingeniería Telemática
<http://www.tlm.unavarra.es>

Grado en Ingeniería en Tecnologías de
Telecomunicación, 3º

upna

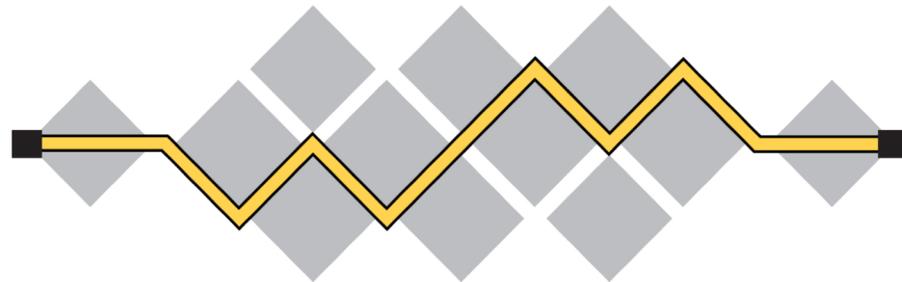
Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

Tecnologías Avanzadas de Red
Área de Ingeniería Telemática

NATs y UDP: Mapeos

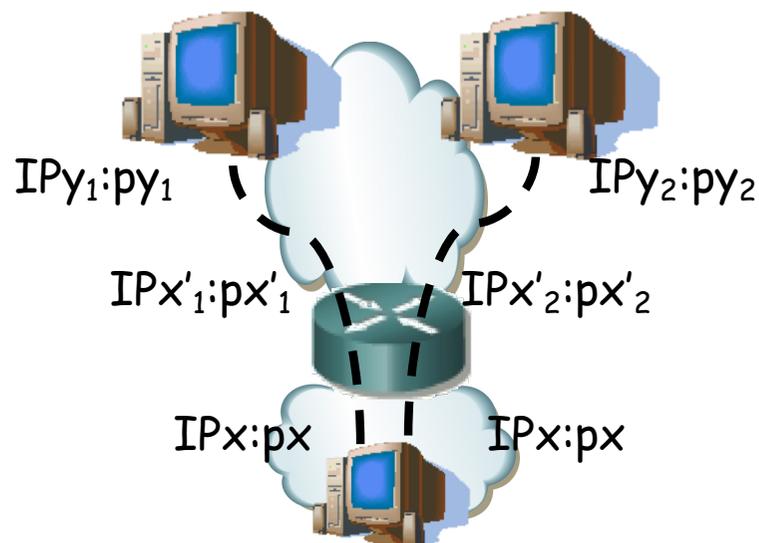
REQs UDP: RFC 4787

- A.k.a. BCP 127 (Enero 2007)
- “Network Address Translation (NAT) Behavioral Requirements for Unicast UDP”
- Contiene Requerimientos y Recomendaciones
- No quiere decir eso que todas las implementaciones las sigan (¡ni mucho menos!)
- Veamos algunas de ellas (...)



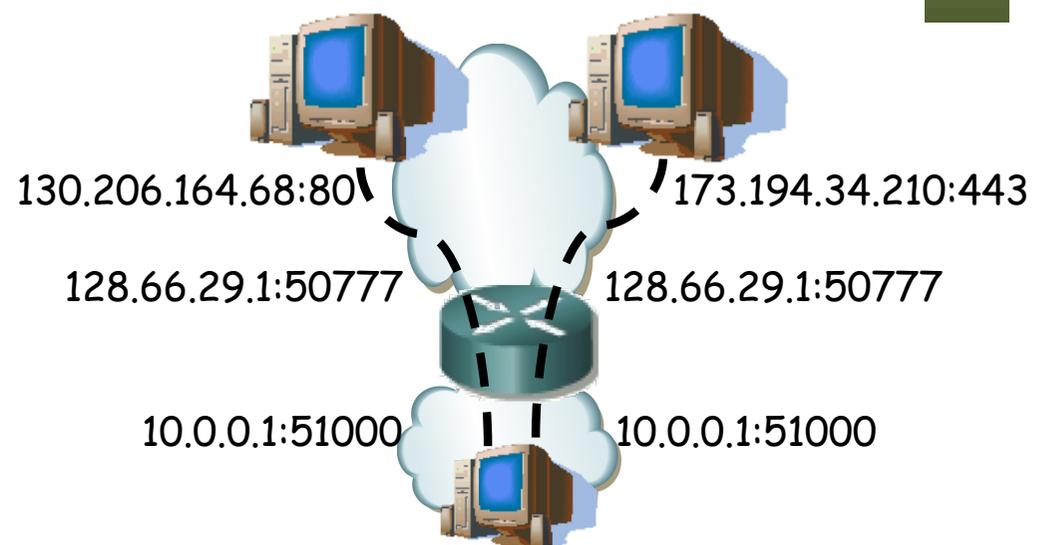
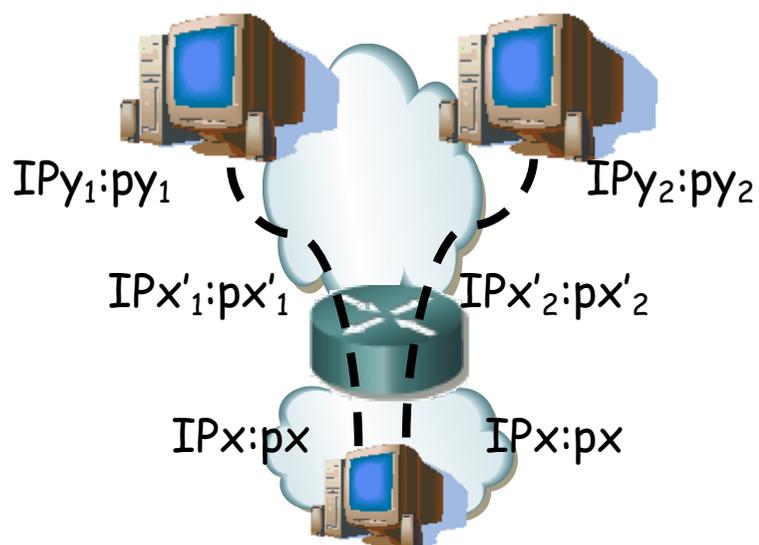
Mapeo de dirección y puerto

- Mapeo establecido: $(IPx:px, IPx'_1:px'_1) \rightarrow IPy_1:py_1$
- A continuación se quiere enviar de $IPx:px$ a $IPy_2:py_2$
- Es importante cómo es el comportamiento del NAT cuando hay múltiples sesiones con diferentes terminaciones externas
- (...)



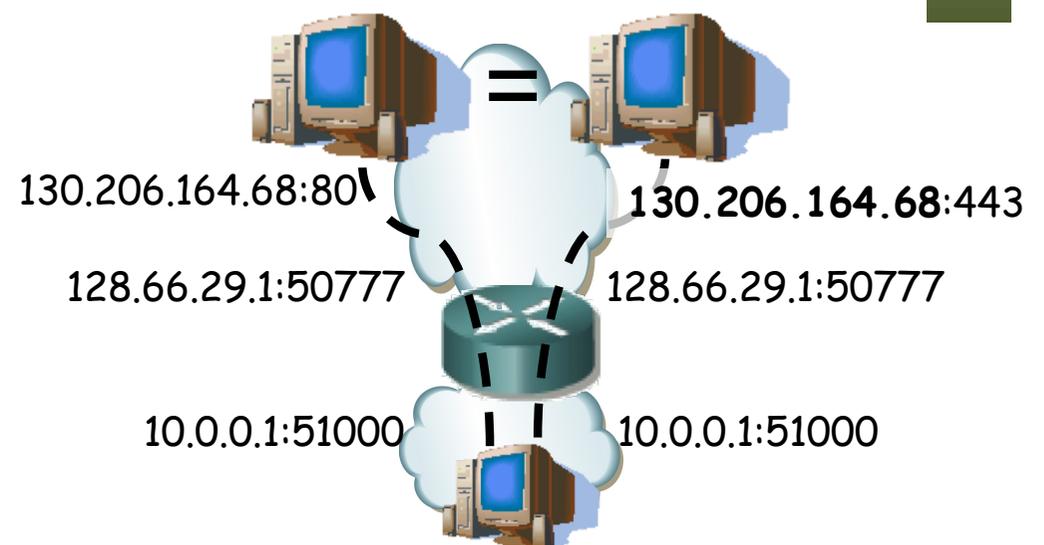
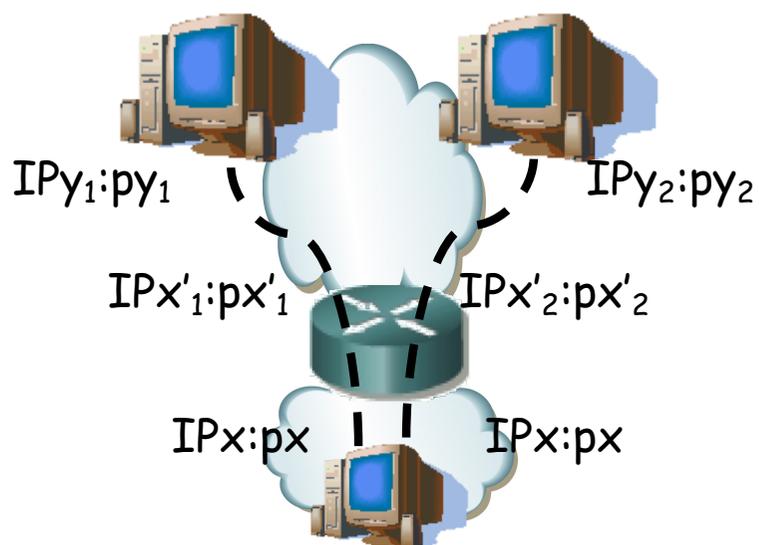
Mapeo de dirección y puerto

- Mapeo establecido: $(IPx:px, IPx'_1:px'_1) \rightarrow IPy_1:py_1$
- A continuación se quiere enviar de $IPx:px$ a $IPy_2:py_2$
- *Endpoint-Independent Mapping*
 - Reutiliza el mapeo establecido con esa dirección y puerto internos a cualquier dirección IP y puerto externos
 - Es decir, $IPx'_1:px'_1 = IPx'_2:px'_2$ para cualquier valor de $IPy'_2:py'_2$
 - (...)



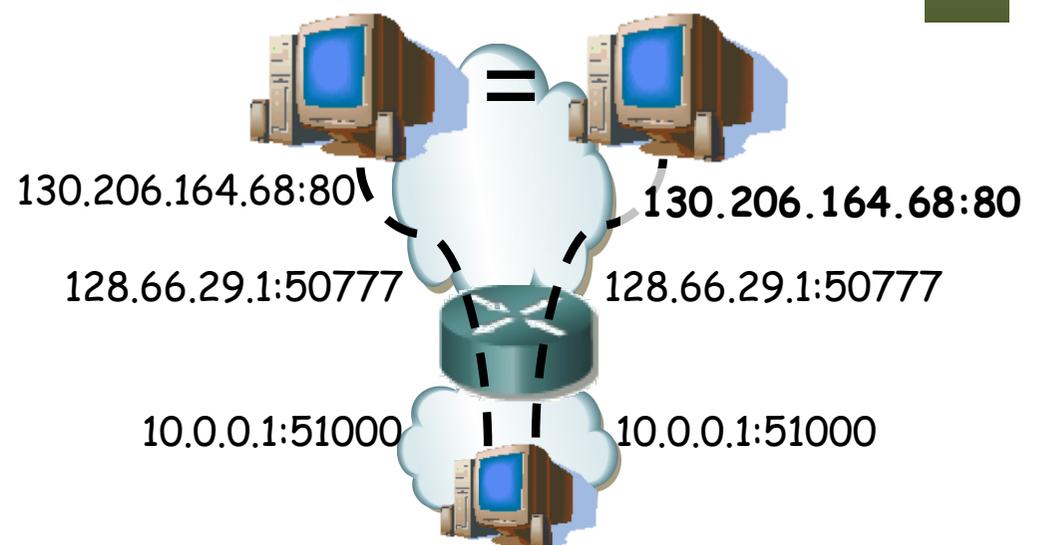
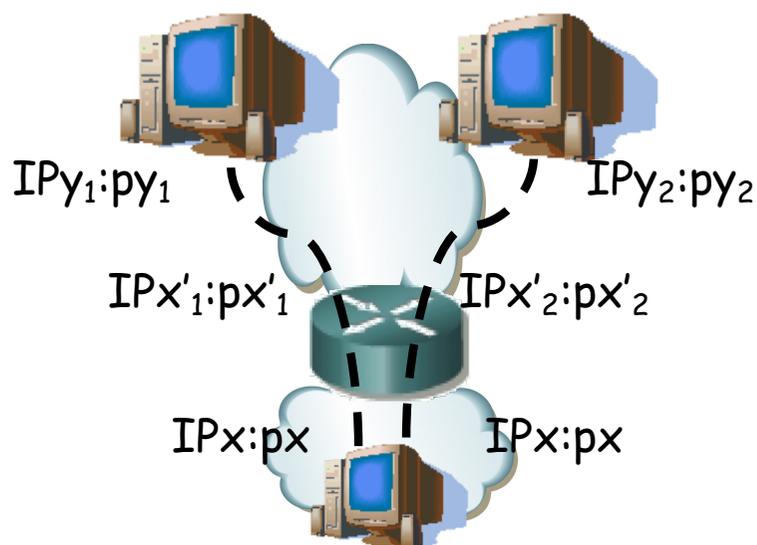
Mapeo de dirección y puerto

- Mapeo establecido: $(IPx:px, IPx'_1:px'_1) \rightarrow IPy_1:py_1$
- A continuación se quiere enviar de $IPx:px$ a $IPy_2:py_2$
- *Endpoint-Independent Mapping*
- *Address-Dependent Mapping*
 - Reutiliza el mapeo establecido con esa dirección y puerto internos siempre que vayan a la misma dirección externa
 - Es decir, $IPx'_1:px'_1 = IPx'_2:px'_2$ si y solo si $IPy'_2 = IPy'_1$
 - (...)



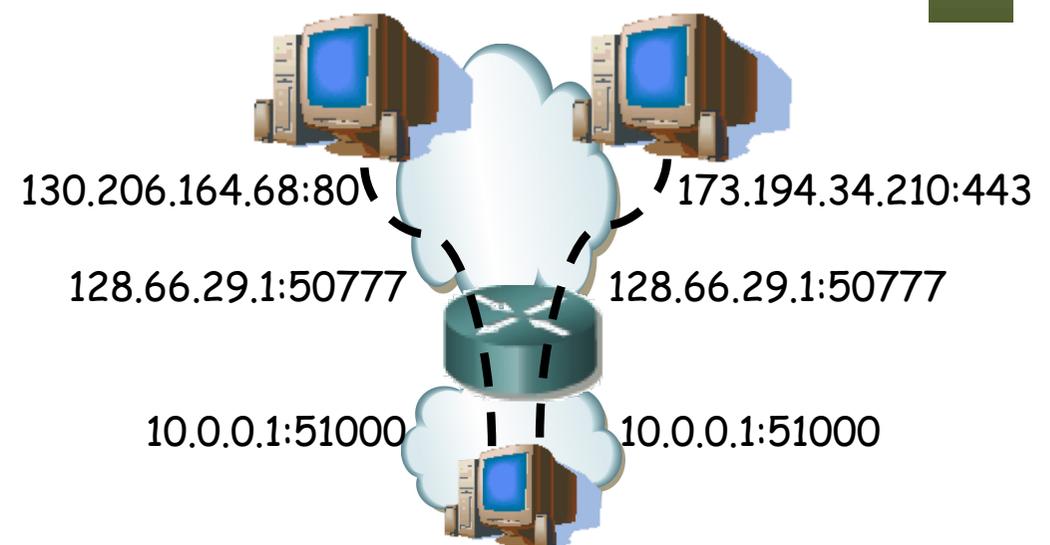
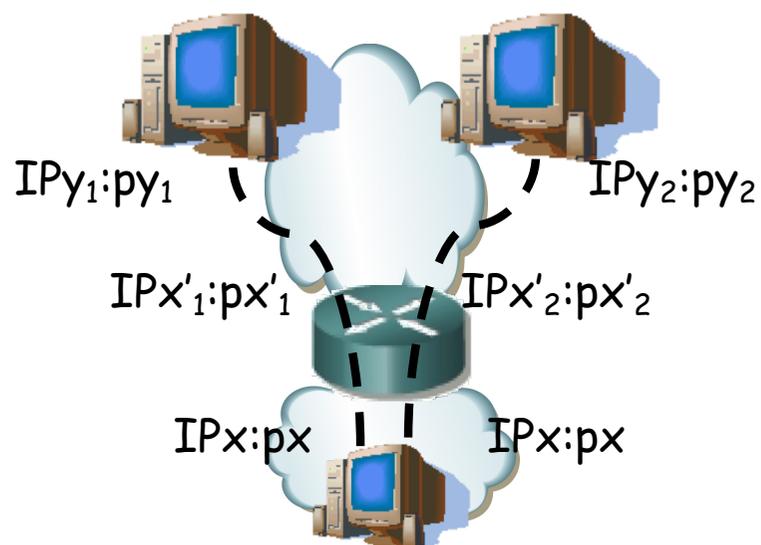
Mapeo de dirección y puerto

- Mapeo establecido: $(IPx:px, IPx'_1:px'_1) \rightarrow IPy_1:py_1$
- A continuación se quiere enviar de $IPx:px$ a $IPy_2:py_2$
- *Endpoint-Independent Mapping*
- *Address-Dependent Mapping*
- *Address and Port-Dependent Mapping*
 - Reutiliza el mapeo establecido con esa dirección y puerto internos siempre que vayan a la misma dirección y puerto externos
 - Es decir, $IPx'_1:px'_1 = IPx'_2:px'_2$ si y solo si $IPy'_2:py_2 = IPy'_1:py_1$



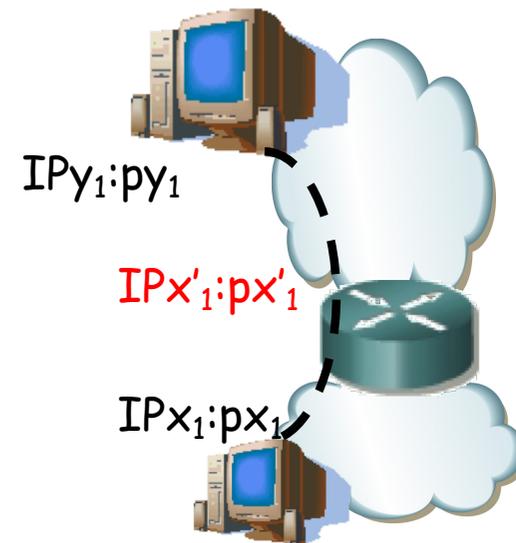
REQ: Endpoint-Independent

- BCP 127 **requiere** comportamiento *Endpoint-Independent*
- Necesario para métodos UNSAF (...)



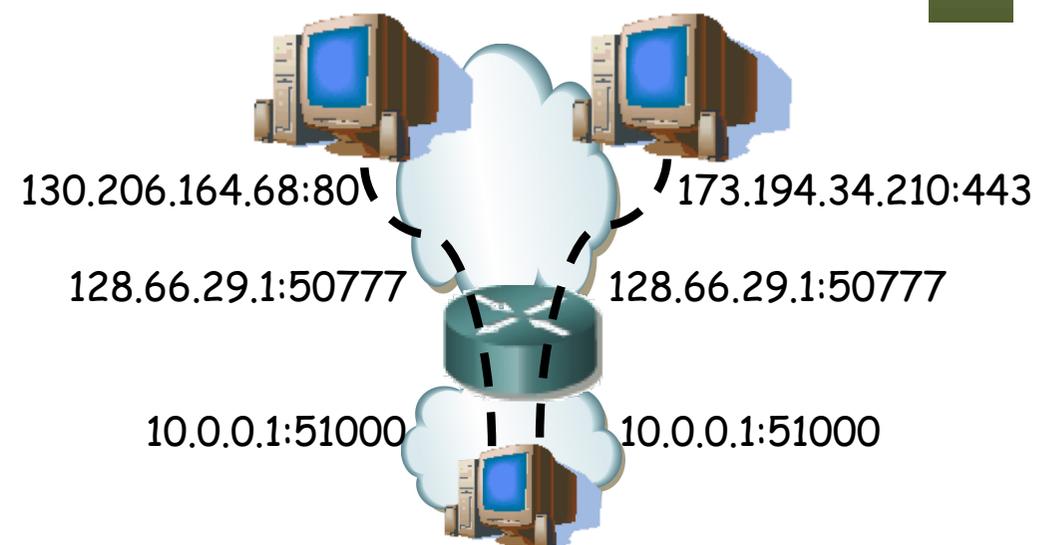
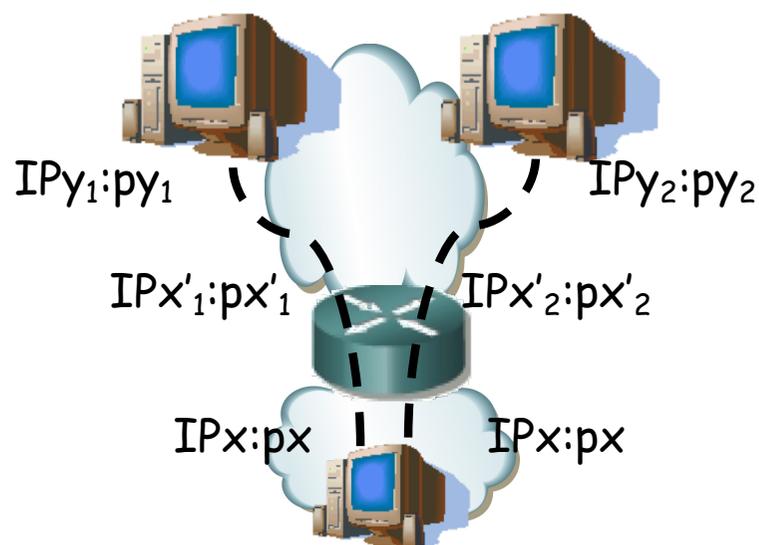
UNSAF

- UNilateral Self-Address Fixing (UNSAF)
- En ocasiones la aplicación necesita saber con qué dirección IP y puerto externo está comunicándose con el otro extremo
- Son métodos para que un extremo averigüe o fije la dirección y puerto con la que le puede acceder otro extremo
- Es decir, saber los valores de dirección y puerto públicos que va a emplear el NAT en la comunicación, tal vez para comunicarla en los datos del protocolo
- Se basan en heurísticos



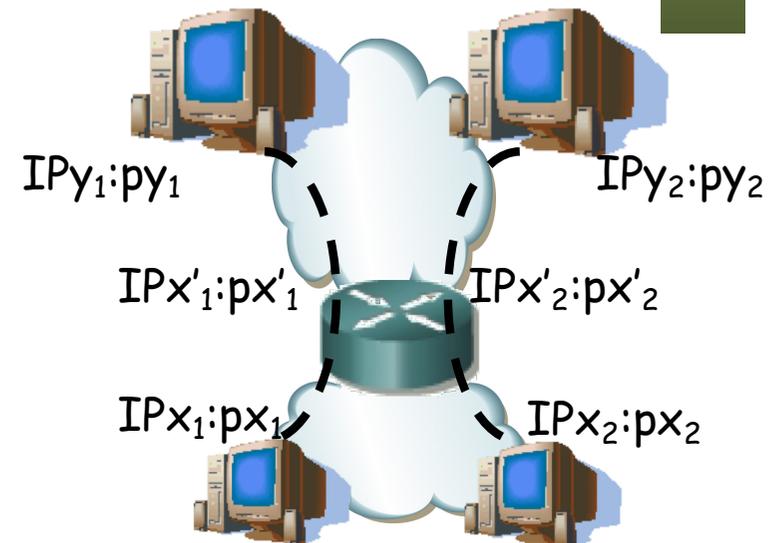
REQ: Emparejamiento de dir.

- Algunos NATs escogen la dirección pública de un *pool*
- Si lo hacen al azar para cada mapeo no mantienen la identidad (dirección IP) del host externamente
- Suele hacerse para ocultar a los usuarios
- Da problemas con algunas aplicaciones (ej: algunas sobre RTP)
- BCP 127: Requiere que la dirección externa en todos los mapeos de una dirección interna se mantenga



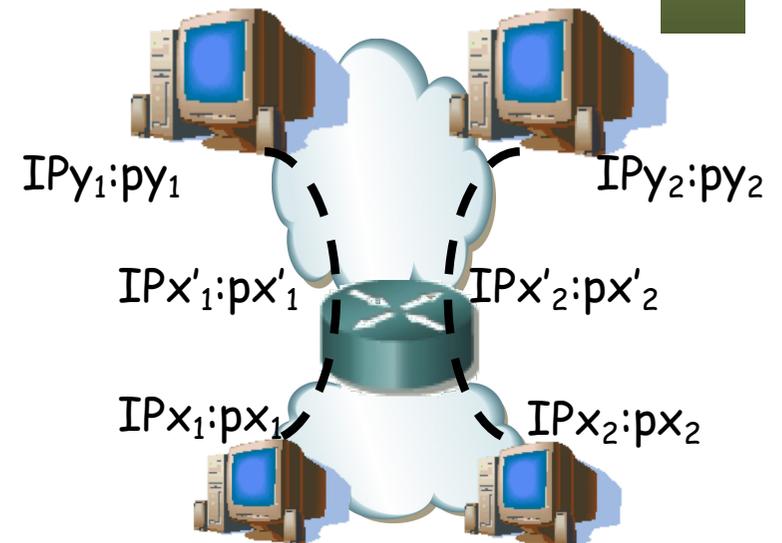
Mapeo de puerto

- *Port preservation*: NAT al mapear puerto: $px_1=px'_1$, $px_2=px'_2$
- Técnicas que usan ante colisión:
 - Sobrescribir el mapeo anterior
 - Asignar otra dirección pública si tienen un *pool*
 - Dejar de hacer *port preservation*
 - *Port overloading (PO)*: usar el mismo puerto aunque colisionen (!)
- Puertos: 0-1023 *well-known*, 1024-49151 *registered*, 49152-65535 *dynamic/private*
- Si requiere cambiar el puerto
 - Algunos emplean solo el rango dinámico
 - Otros emplean todos menos los *well-known*
 - Otros mantienen el que sea del mismo grupo si es *well-known*
- REQ BCP 127: No hacer *port overloading*
- Si no dos hosts internos no pueden usar mismo puerto con mismo servidor:puerto
- Recomendado: mantener el puerto en el mismo rango (0-1023 y 1024-65535)



Mapeo de puerto: paridad

- RFC 3550 “RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications”
- “ [...] *RTP SHOULD use an even destination port number and the corresponding RTCP stream SHOULD use the next higher (odd) destination port number. For applications that take a single port number as a parameter and derive the RTP and RTCP port pair from that number, if an odd number is supplied then the application SHOULD replace that number with the next lower (even) number to use as the base of the port pair.* ”
- Si el NAT cambia a un puerto impar (odd) y sigue esta regla cambia a otro puerto que el cliente no sabe el que es
- Recomendado: mantener paridad
- RFC 3605 mejora la especificación de puertos para RTP/RTCP



NATs y UDP: Timers

Timers

- Tiempo sin recibir paquetes de un mapeo tras el cual se elimina
- En el rango de unos minutos (2-5min)
- Si es de un servicio (puerto) conocido sobre UDP que se sabe emplea flujos cortos se puede reducir
- REQ: refrescar el timer ante paquetes salientes
- Recomendado: refrescarlo ante paquetes entrantes (desventaja de que el externo puede mantenerlo indefinidamente)



upna

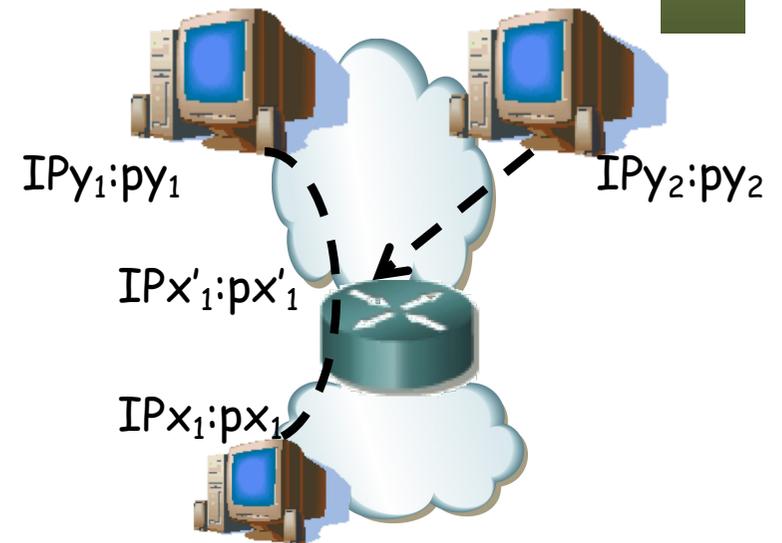
Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

Tecnologías Avanzadas de Red
Área de Ingeniería Telemática

NATs y UDP: Filtrado

Filtrado

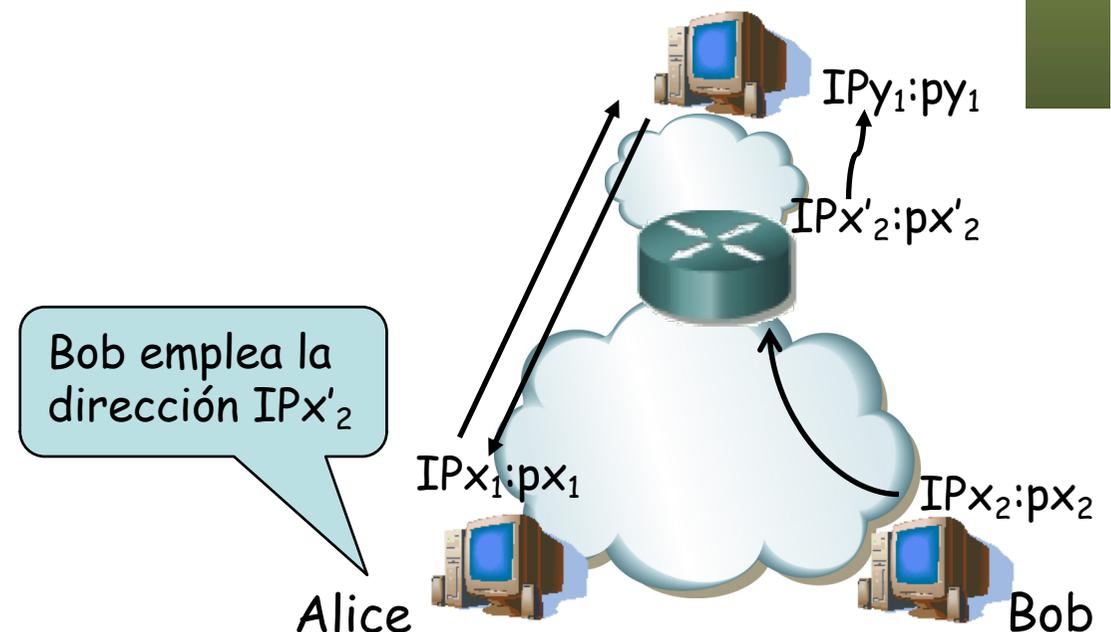
- Mapeo establecido: $(IP_{x_1}:px_1, IP_{x'_1}:px'_1) \rightarrow IP_{y_1}:py_1$
- El filtrado determina qué hace el NAT con paquetes de $IP_{y_2}:py_2$ dirigidos a $IP_{x'_1}:px'_1$
- *Endpoint-Independent*
 - Reenvía cualquier paquete dirigido a $IP_{x_1}:px_1$ hacia $IP_{x_1}:px_1$
- *Address-Dependent*
 - Reenvía el paquete hacia $IP_{x_1}:px_1$ solo si $IP_{y_2}=IP_{y_1}$
- *Address and Port-Dependent*
 - Reenvía el paquete hacia $IP_{x_1}:px_1$ solo si $IP_{y_2}=IP_{y_1}$ y $py_2=py_1$
- Ejemplo: Una aplicación UDP (¿un juego?) podría cambiar al cliente a otro servidor
- Interesa que el nuevo servidor pueda contactar con el cliente si sabe $IP_{x'_1}:px'_1$
- Recomendado:
 - *Endpoint-Independent* para facilitar a las aplicaciones
 - *Address-Dependent* para mayor restricción



NATs y UDP: Hairpinning

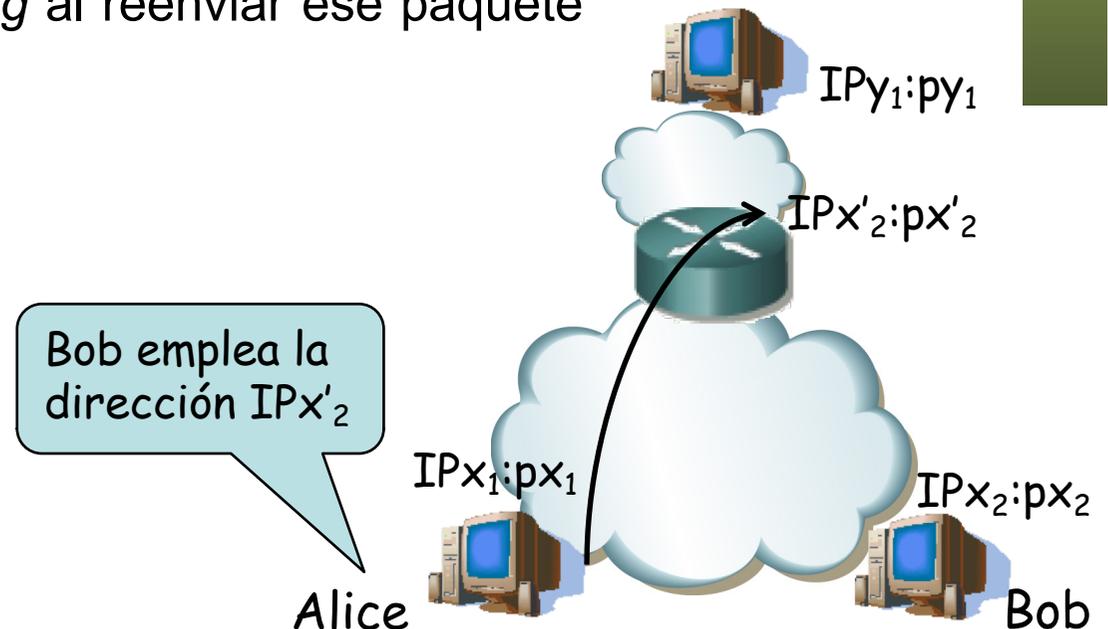
Hairpinning

- Dos hosts internos IP_{x_1} e IP_{x_2}
- Se comunican con un servidor exterior
- Hay un mapeo $(IP_{x_2}:px_2, IP_{x'_2}:px'_2) \rightarrow IP_{y_1}:py_1$
- El servidor exterior ve la dirección $IP_{x'_2}$
- Le comunica esa dirección (y el puerto mapeado) al host 1 (...)



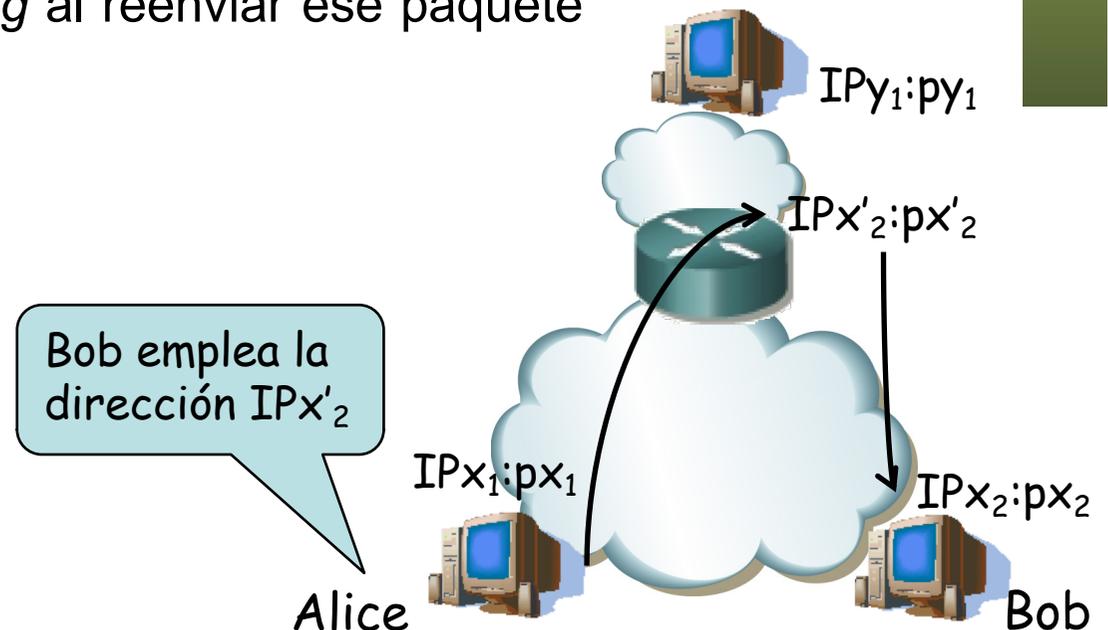
Hairpinning

- Dos hosts internos IP_{x_1} e IP_{x_2}
- Se comunican con un servidor exterior
- Hay un mapeo $(IP_{x_2}:px_2, IP_{x'_2}:px'_2) \rightarrow IP_{y_1}:py_1$
- El servidor exterior ve la dirección $IP_{x'_2}$
- Le comunica esa dirección (y el puerto mapeado) al host 1
- Es un NAT Endpoint-Independent
- IP_{x_1} intenta comunicarse con IP_{x_2} a través de la dirección externa
- Envía paquete $IP_{x_1}:px_1 \rightarrow IP_{x'_2}:px'_2$ (...)
- Se dice que hace *hairpinning* al reenviar ese paquete a $IP_{x_2}:px_2$ (...)



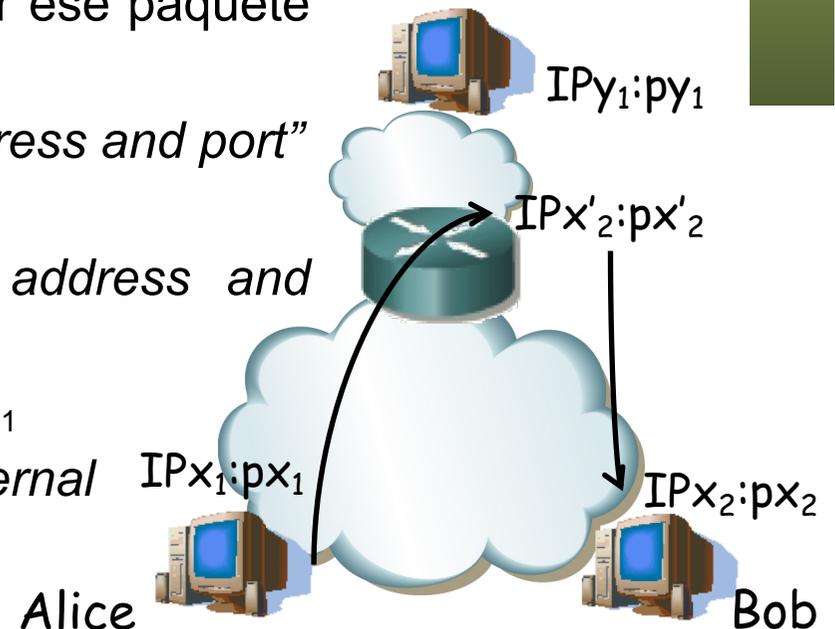
Hairpinning

- Dos hosts internos IP_{x_1} e IP_{x_2}
- Se comunican con un servidor exterior
- Hay un mapeo $(IP_{x_2}:px_2, IP_{x'_2}:px'_2) \rightarrow IP_{y_1}:py_1$
- El servidor exterior ve la dirección $IP_{x'_2}$
- Le comunica esa dirección (y el puerto mapeado) al host 1
- Es un NAT Endpoint-Independent
- IP_{x_1} intenta comunicarse con IP_{x_2} a través de la dirección externa
- Envía paquete $IP_{x_1}:px_1 \rightarrow IP_{x'_2}:px'_2$
- Se dice que hace *hairpinning* al reenviar ese paquete a $IP_{x_2}:px_2$ (...)



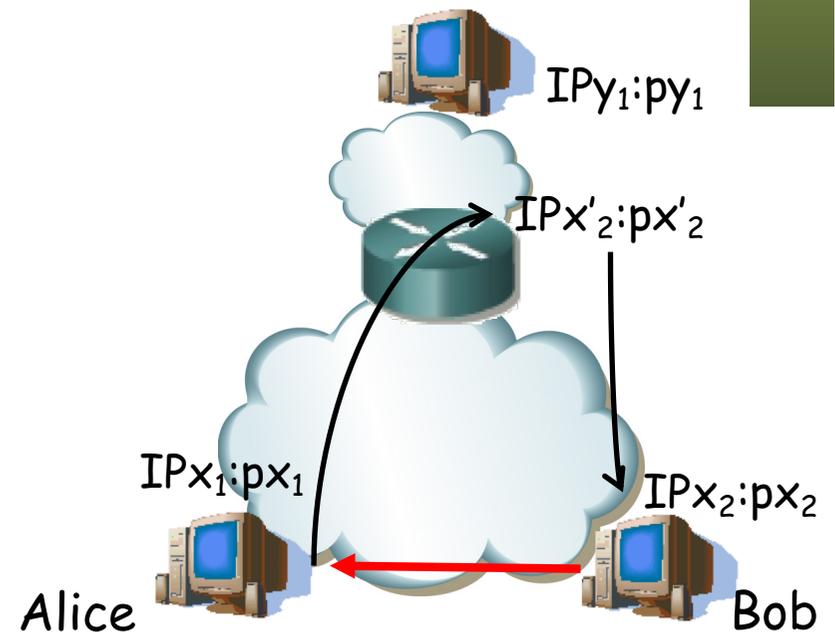
Hairpinning

- Dos hosts internos IP_{x_1} e IP_{x_2}
- Se comunican con un servidor exterior
- Hay un mapeo $(IP_{x_2}:px_2, IP_{x'_2}:px'_2) \rightarrow IP_{y_1}:py_1$
- El servidor exterior ve la dirección $IP_{x'_2}$
- Le comunica esa dirección (y el puerto mapeado) al host 1
- Es un NAT Endpoint-Independent
- IP_{x_1} intenta comunicarse con IP_{x_2} a través de la dirección externa
- Envía paquete $IP_{x_1}:px_1 \rightarrow IP_{x'_2}:px'_2$
- Se dice que hace *hairpinning* al reenviar ese paquete a $IP_{x_2}:px_2$
- Comportamiento “*Internal source IP address and port*”
 - El paquete lo reenvía con origen $IP_{x_1}:px_1$
- Comportamiento “*External source IP address and port*”
 - El paquete lo reenvía con origen $IP_{x'_1}:px'_1$
- REQ: Soportar *hairpinning* en modo *External*



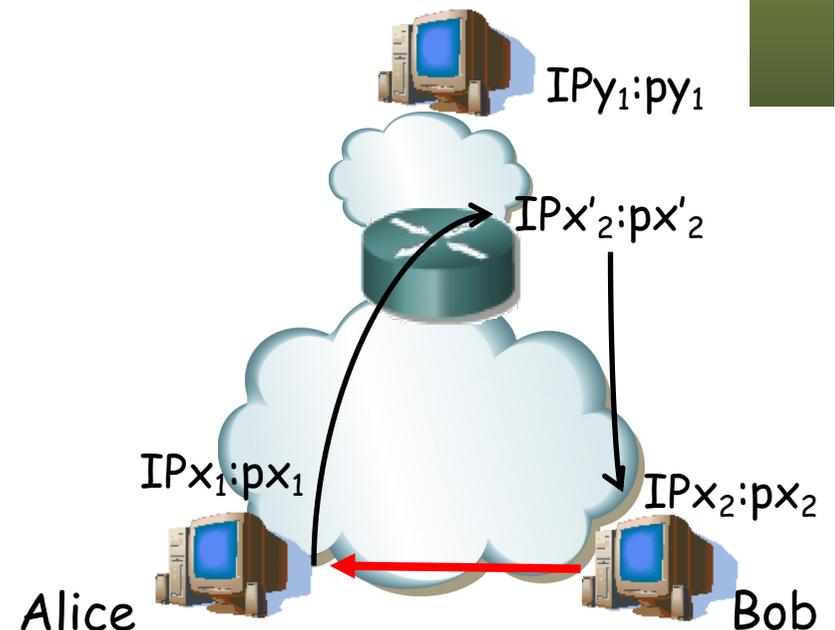
Hairpinning

- ¿Qué pasaría con modo *Internal*?
- El paquete llega al host 2 desde la dirección IPx_1
- Al responder a IPx_1 no va por el NAT pues es dirección de la subred (...)



Hairpinning

- ¿Qué pasaría con modo *Internal*?
- El paquete llega al host 2 desde la dirección IPx_1
- Al responder a IPx_1 no va por el NAT pues es dirección de la subred
- El paquete que llega al host 1 viene de IPx_2 y no de IPx'_2
- No lo reconoce como parte del mismo flujo



NATs y UDP: Otros aspectos

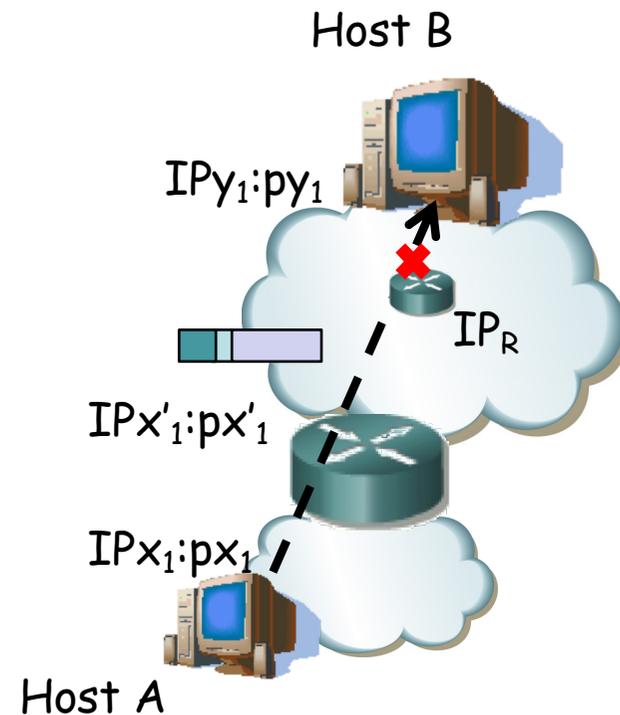
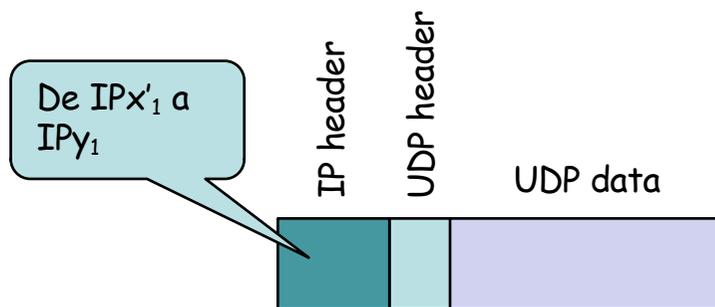
Determinismo

- Hay implementaciones de NAT que cambian de comportamiento según las circunstancias
- Por ejemplo:
 - Es *Endpoint-Independent con Port Overloading*
 - Pero si hay dos hosts internos en comunicación con el mismo externo lo cambia a *Address and Port-Dependent sin Port preservation*
- Un NAT que cambia su método de mapeo o de filtrado sin cambios de configuración se llama no determinista
- No deterministas suelen cambiar el comportamiento ante conflictos
- Se habla de su comportamiento primario, secundario, terciario, según el número de conflictos
- REQ: comportamiento determinista



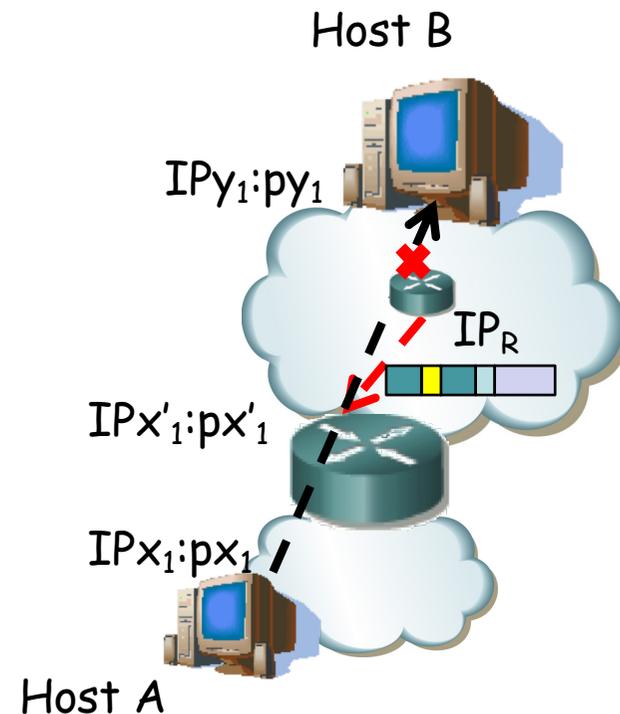
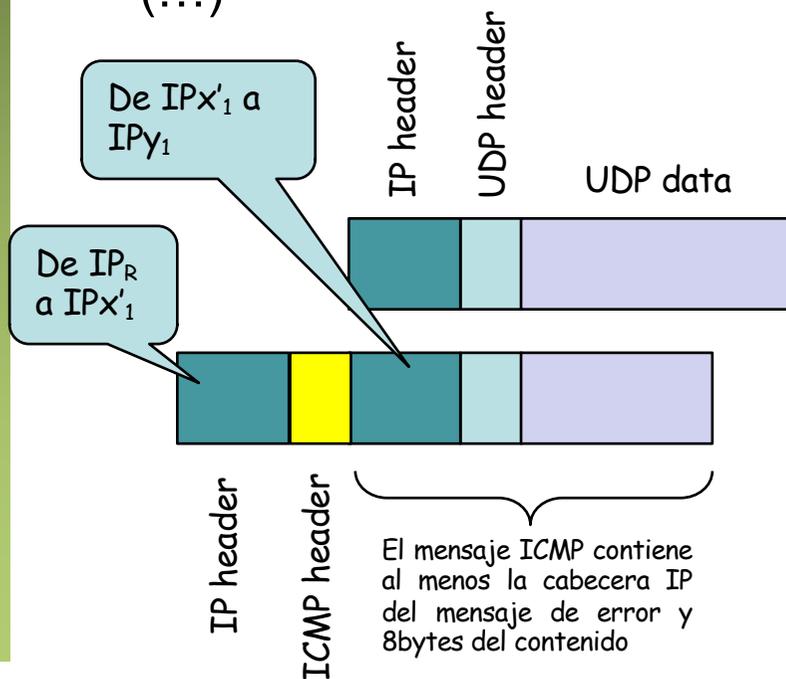
ICMP destino inalcanzable

- Puede ser devuelto por un router intermedio
- (...)



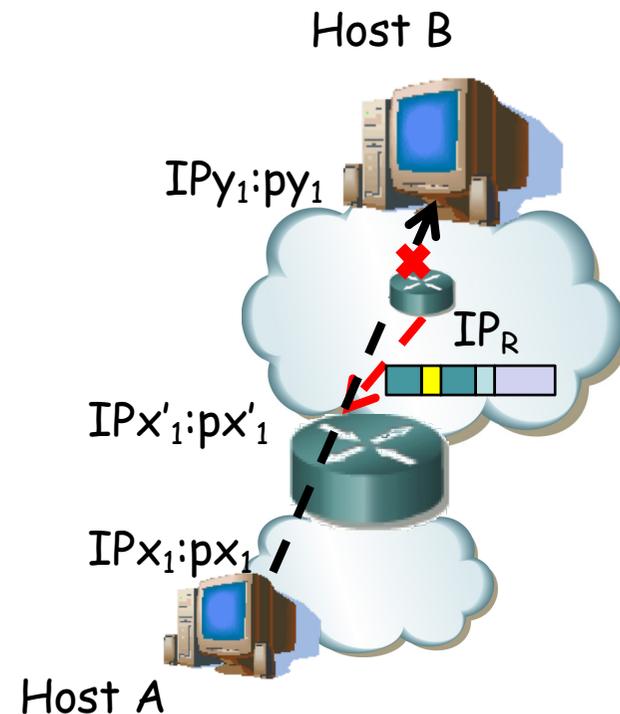
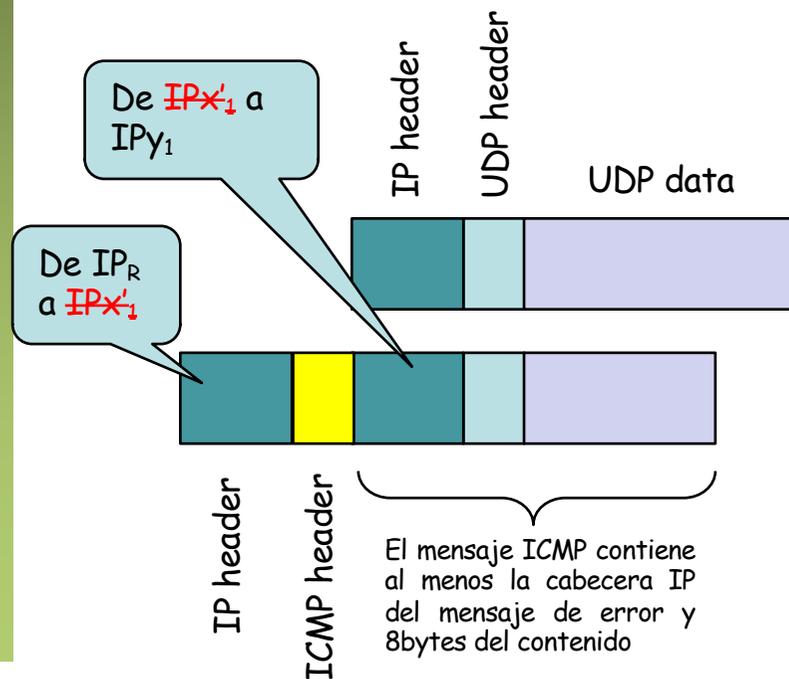
ICMP destino inalcanzable

- Puede ser devuelto por un router intermedio
- Dirección IP origen del ICMP no coincide con la del mapeo
- El mapeo era para un datagrama UDP desde host A a host B (y ciertos puertos), que se puede utilizar para datagramas en sentido contrario
- Pero no es UDP, es ICMP lo que se recibe
- No debería descartarlo
- Debería aplicarle el mapeo y reescribir los datos (el paquete contenido tiene la dirección pública, no la interna)
- (...)



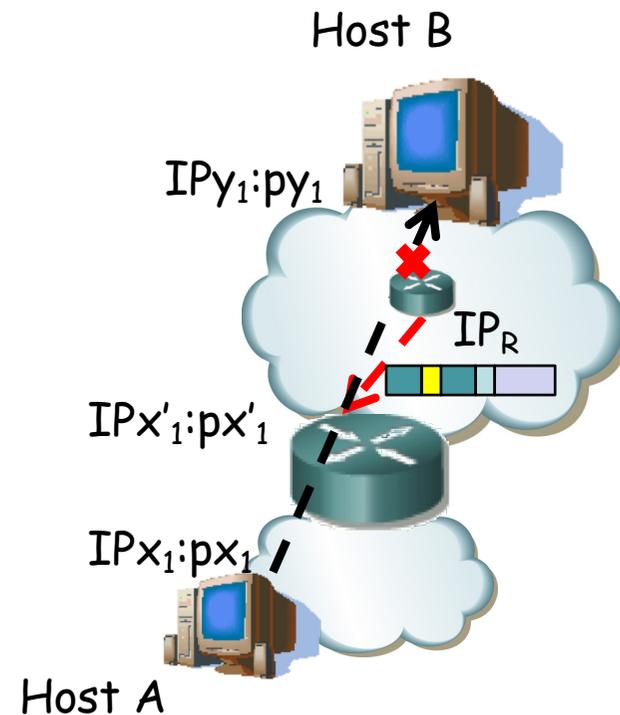
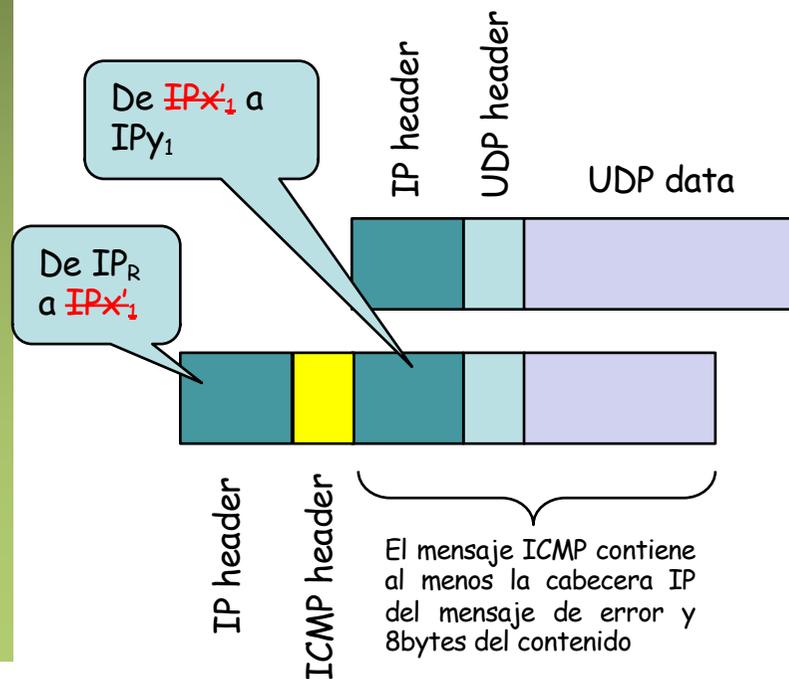
ICMP destino inalcanzable

- Es decir, en el contenido de los datos ICMP está la cabecera IP y los puertos UDP del mapeo
- Debe buscarlos y deshacer el cambio del NAT también en ellos
 - La cabecera IP externa, en lugar de ir a IPx'_1 debe ir a IPx_1
 - La cabecera IP interna, en lugar de ir **desde** IPx'_1 debe ir desde IPx_1
 - La cabecera UDP interna, debe deshacer el cambio de puerto que hubiera hecho



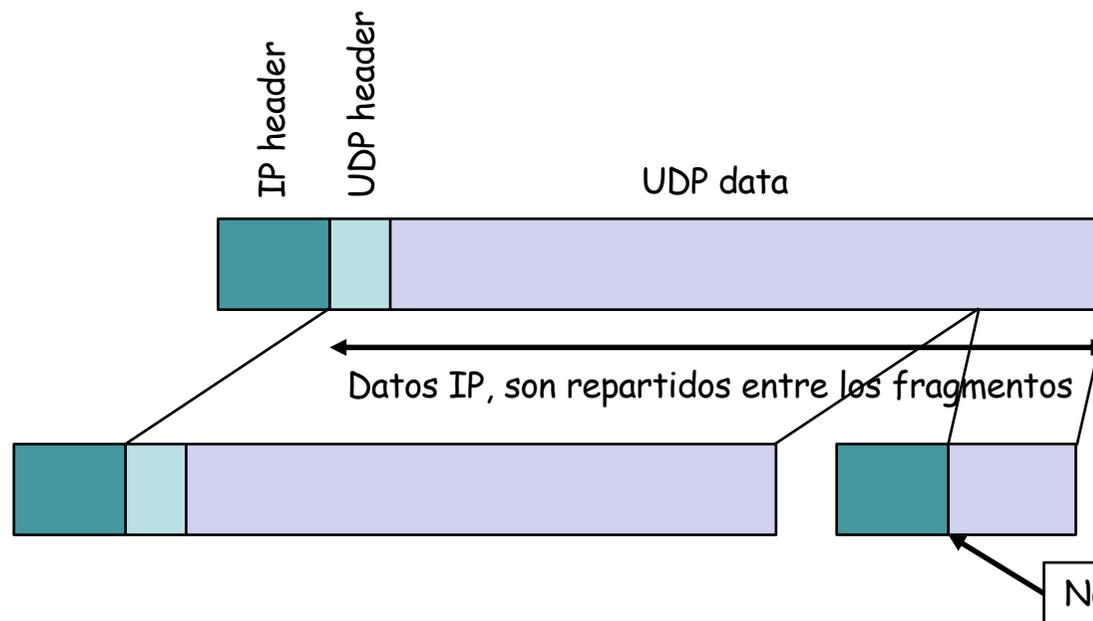
ICMP destino inalcanzable

- Debe hacerlo mientras exista el mapeo
- REQ: No debe eliminar el mapeo por recibir un ICMP
- Permite así UDP Path MTU Discovery y traceroute



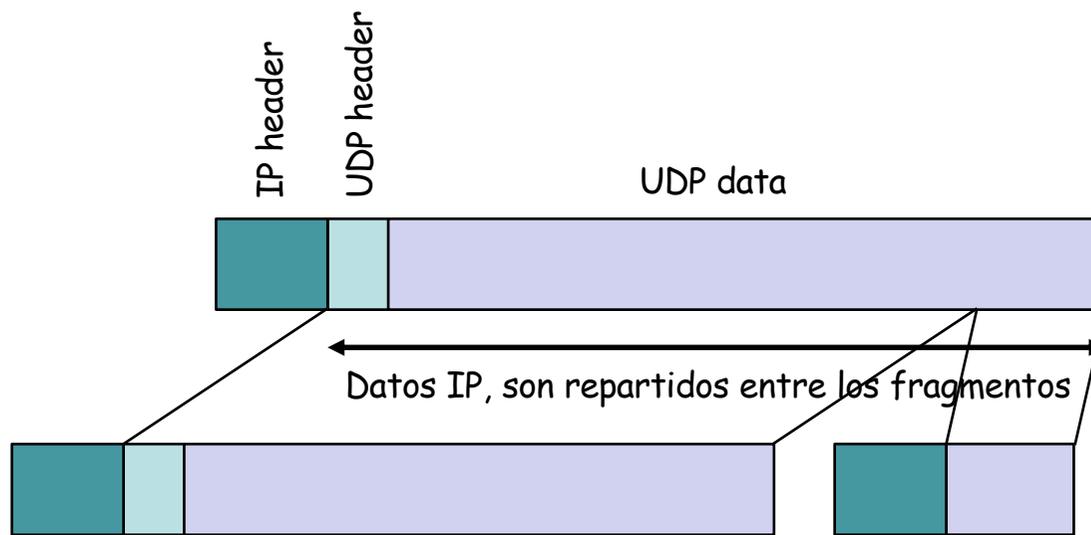
Recibiendo fragmentos

- Si recibe fragmentos del exterior la cabecera de transporte está solo en el primero (que puede no llegar el primero)
- Para ellos no se puede localizar el mapeo correspondiente al no tener la cabecera de transporte
- Al ver el primer fragmento (que contiene la cabecera de transporte) debe recordar el identificador de fragmentación
- Eso le permite deshacer el mapeo para el segundo fragmento
- ¿Y si el segundo fragmento llega primero? ¿Guardarlo hasta recibir el primero?



Recibiendo fragmentos

- NAT “*Received Fragments Ordered*”
 - Solo es capaz de reenviar correctamente los fragmentos si han llegado en orden
- NAT “*Received Fragments Out of Order*”
 - Es capaz de reenviar fragmentos correctamente aunque le lleguen desordenados
- REQ: ser *out of order*



upna

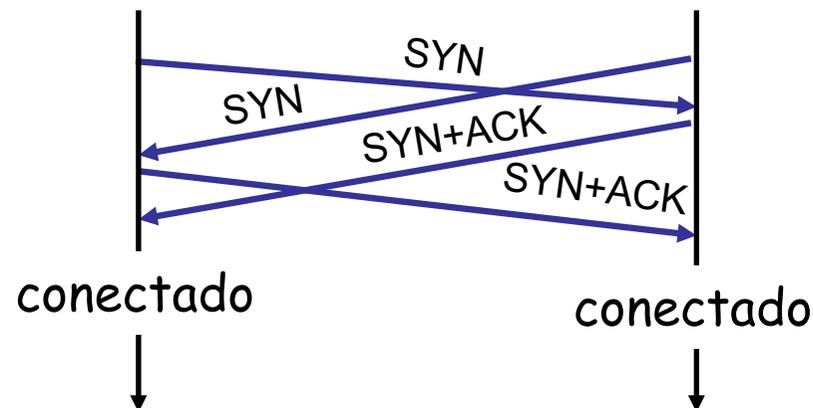
Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

Tecnologías Avanzadas de Red
Área de Ingeniería Telemática

NATs y TCP

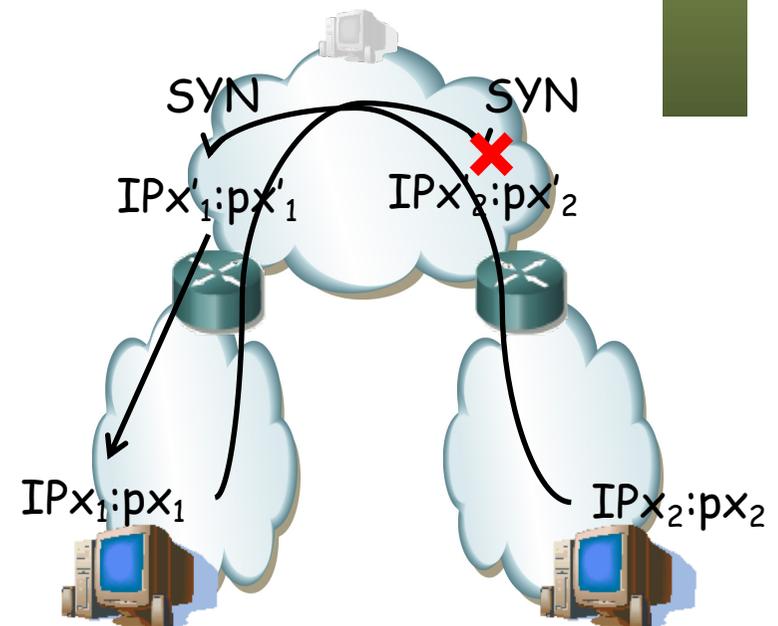
REQs TCP: RFC 5382

- BCP 143 “NAT Behavioral Requirements for TCP” (2008)
- REQ: Comportamiento “*Endpoint-Independent Mapping*”
 - Es decir, mantener mismos IP:puerto externos para mismos internos independiente del destino externo
 - Necesario para UNSAF
- REQ: Debe soportar todas las secuencias de paquetes TCP; en concreto debe manejar correctamente un *simultaneous open*
 - Que no impida un SYN entrante (sin ACK) si hay mapeo
 - Permite hacer *hole punching* para comunicar dos hosts ambos tras NATs (...)



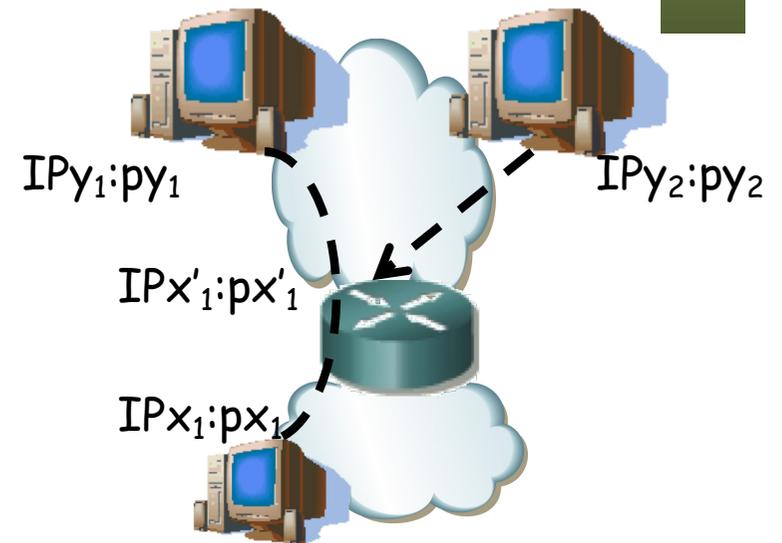
Hole Punching

- Partimos de que cada extremo conoce la dirección y puerto externo del otro
- Por ejemplo cada uno ha hablado con un servidor externo, de forma que éste ha visto el mapeo
- Si el NAT hace un *Endpoint-Independent Mapping* mantendrá esas IP:puertos externos siempre que el cliente mantenga los suyos, aunque vayan los paquetes a otro host
- Host 1 manda SYN a $IPx'_2:px'_2$ mientras host 2 manda SYN a $IPx'_1:px'_1$
- El primero podría no encontrará mapeo
- El segundo sí
- Host 1 ha enviado SYN y recibido otro
- ¡ *Simultaneous open* !
- Si al primer paquete el NAT contesta con un ICMP abortaría el proceso
- REQ: espera 6s para ese ICMP
- Si en ese tiempo crea un mapeo saliente descarta el SYN entrante viejo



BCP 143

- Filtrado recomendado (como para UDP):
 - *Endpoint-Independent* para facilitar a las aplicaciones (cualquier host externo puede enviar a IP:puerto externo)
 - *Address-Dependent* para mayor restricción (solo el mismo host)



BCP 143: *Session Refresh*

- El mantenimiento de estado es sensible a ataques y agotamiento de recursos
- Además una conexión TCP puede permanecer establecida indefinidamente sin enviar tráfico
- NAT podría eliminar mapeos de sesiones que estima han terminado en el orden:
 - Sesiones en que un extremo se ha reiniciado
 - Sesiones cerradas
 - Sesiones en proceso de establecerse
- El NAT podría comprobar si un extremo se ha reiniciado enviándole un *keep-alive* (recibiría un RST)
- REQ: si no puede determinar si los extremos siguen activos puede abandonar la sesión tras un tiempo
- Ese tiempo debe ser al menos de 2h04m para las establecidas



BCP 143

- REQ: no debe usar *“Port overloading”*
- REQ: debe soportar *hairpinning* con comportamiento *“External source IP address and port”* (comunicación de hosts internos a través de direcciones externas)
- REQ: debe traducir ICMP de tipo destino inalcanzable
- REQ: recibir un ICMP no debe eliminar un mapeo

upna

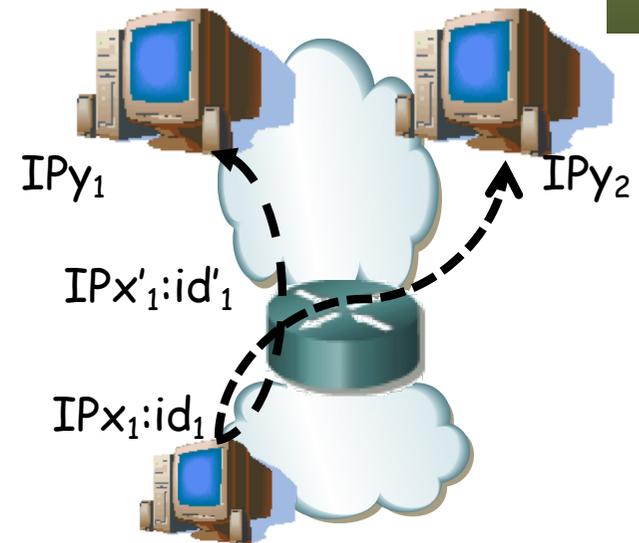
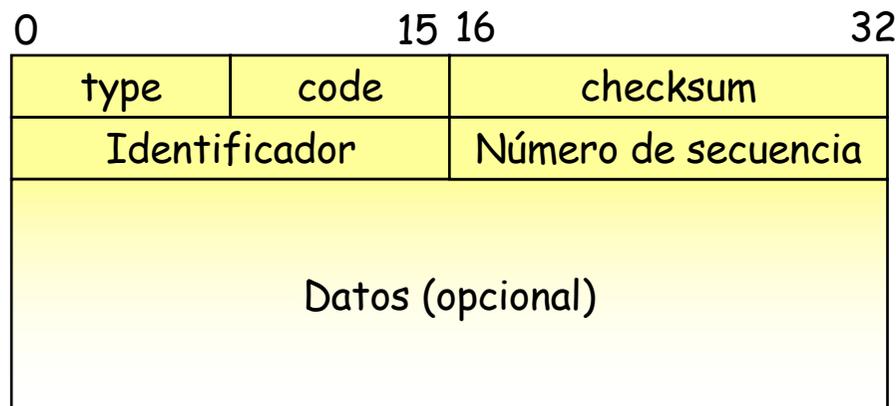
Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

Tecnologías Avanzadas de Red
Área de Ingeniería Telemática

NATs e ICMP

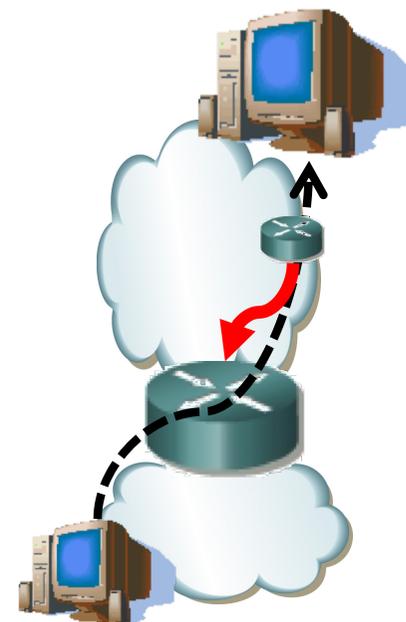
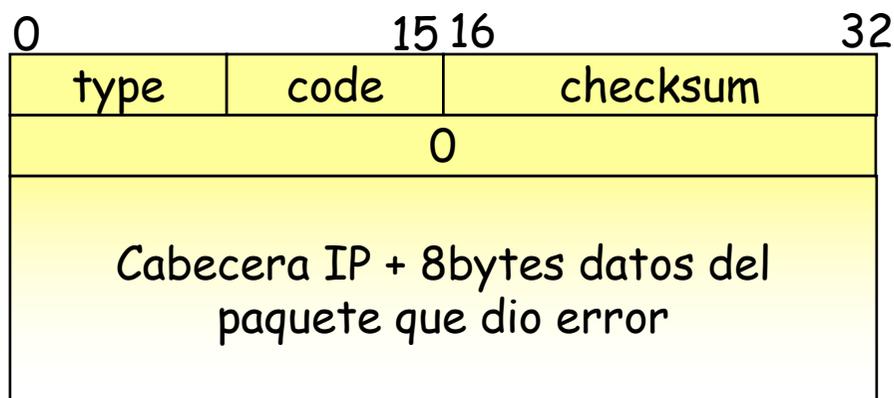
REQs ICMP: RFC 5508

- BCP 148: “NAT Behavioral Requirements for ICMP” (2009)
- REQ: debe permitir *ICMP Queries* desde el interior y sus respuestas. Los identificadores de query externos deberían ser independientes del host externo
 - Es decir, dos queries a distinto destino pero con el mismo identificador en el interior deberían tener el mismo en el exterior
- REQ: el timeout de la sesión debe ser al menos de 60s
- REQ: el NAT debe descartar errores ICMP cuyo checksum ICMP no sea correcto



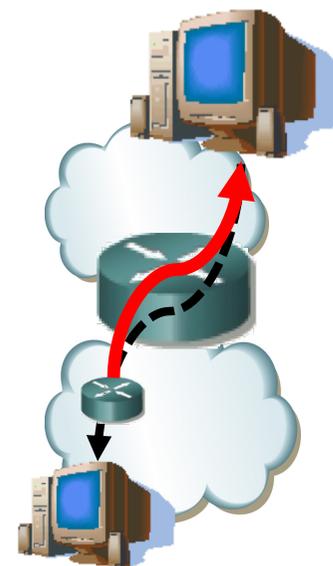
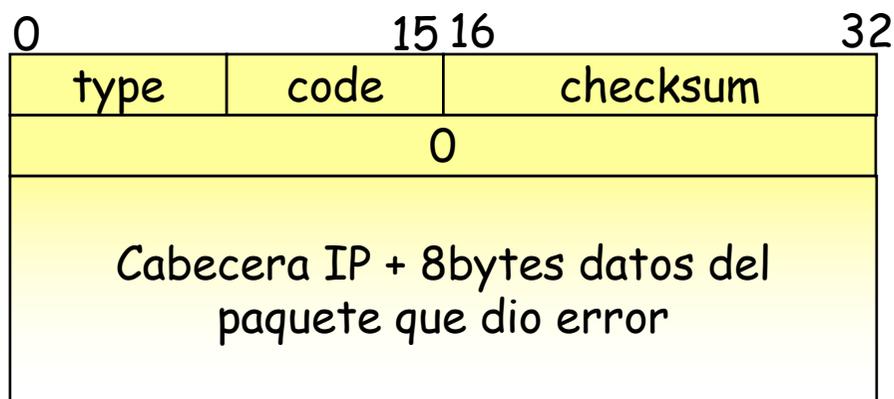
BCP 148

- REQ: si el NAT recibe un ICMP Error desde el exterior y tiene un mapeo activo para el paquete contenido debe:
 - Mapear la cabecera IP y de transporte del paquete contenido
 - Modificar la dirección IP destino del ICMP a ser la dirección origen del paquete contenido
- Si no tiene mapeo debería descartar el paquete ICMP



BCP 148

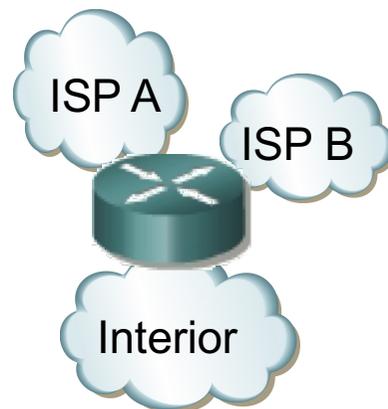
- REQ: si el NAT recibe un ICMP Error desde el **interior** y tiene un mapeo activo para el paquete contenido debe:
 - Mapear la cabecera IP y de transporte del paquete contenido
 - Si tiene mapeo para la dirección origen del error traducirla y si no tiene cambiarla por su propia dirección IP pública
- Si no tiene mapeo debería descartar el paquete ICMP
- REQ: debe soportar *hairpinning*



NATs: Otros aspectos

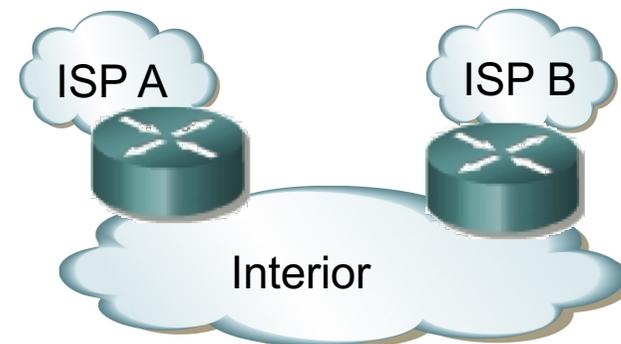
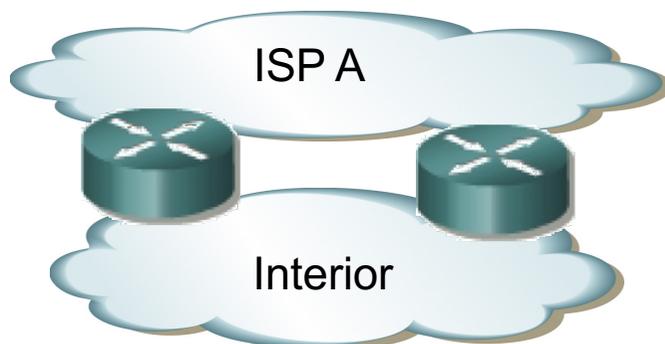
Protección y NATs

- Mantiene el mapeo para una sesión así que todo el tráfico debe pasar por él
- No debe haber asimetría, los dos sentidos de la comunicación deben pasar por el NAT
- Normalmente el NAT está en la frontera de un *stub*
- Es un punto único de fallo
- ¿ Multihomed ?
 - Protección con enlaces a varios operadores
 - La dirección externa será diferente así que los mapeos fallarán salvo que se enrute de vuelta al NAT por el segundo operador



Protección y NATs

- Mantiene el mapeo para una sesión así que todo el tráfico debe pasar por él
- No debe haber asimetría, los dos sentidos de la comunicación deben pasar por el NAT
- Normalmente el NAT está en la frontera de un *stub*
- Es un punto único de fallo
- ¿ Múltiples NATs ?
 - Protección ante fallo del equipo y de enlace si van a diferente ISP
 - Podría emplearse para cada sesión el más cercano al destino
 - Si uno falla debería encaminarse el tráfico por el otro
 - Las sesiones entonces deben estar sincronizadas
 - De nuevo problema con la dirección externa



Seguridad y NATs

- Hosts internos no son directamente accesibles si no inician ellos la comunicación
- Cambian direcciones y puertos así que no funcionan con mecanismos de seguridad que los firmen (IPSec)
- Sí funcionan con aplicaciones que no basen la seguridad en direcciones IP o puertos (SSH, TLS)



Protocolos sobre IP

- Campo protocolo 1 byte (256 valores)
- Hay ya al menos 140 reservados (2016)
- Pero un NAT soporta traslación solo para TCP/UDP/ICMP
- Con el despliegue que hay de NATs, el empleo de otros protocolos hoy en día no tendría alcance global
- Nuevos protocolos acaban implementándose sobre UDP que da un servicio de datagramas como IP

