Práctica 1.2. TCP y NAT

Objetivos

En esta práctica estudiaremos el funcionamiento del protocolo TCP. Además, veremos algunos parámetros que permiten ajustar el comportamiento de las aplicaciones TCP. Finalmente, se verá cómo configurar NAT con `iptables`.

Activar el **portapapeles bidireccional** (menú Dispositivos) en las máquinas.

Usar la opción de Virtualbox (menú Ver) para realizar **capturas de pantalla**.

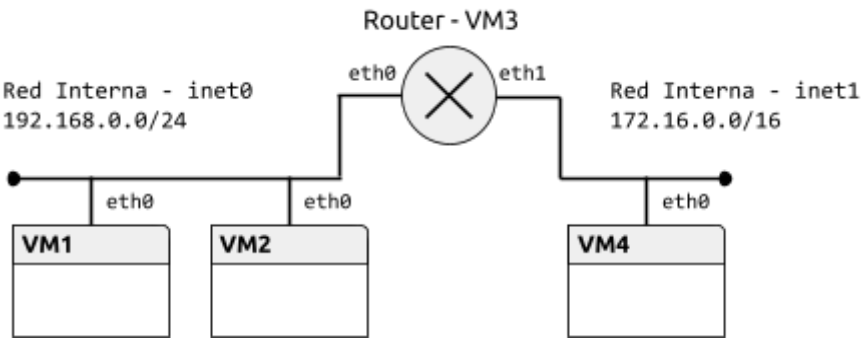
La contraseña del usuario `cursoredes` es `cursoredes`.

Contenidos

- Preparación del entorno para la práctica
- Estados de una conexión TCP
- Introducción a la seguridad en el protocolo TCP
- Opciones y parámetros TCP
- Traducción de direcciones (NAT) y reenvío de puertos (*port forwarding*)

Preparación del entorno para la práctica

Configuraremos la topología de red que se muestra en la siguiente figura, igual a la empleada en la práctica anterior.



Antes de crear el entorno **eliminar las máquinas virtuales de ASOR de VirtualBox**, junto con todos sus archivos. Después **importar el servidor** usando `/mnt/DiscoVMs/ASOR/ASOR-FE.ova`. Finalmente **crear la topología con `vtopol`**.

El contenido del fichero de configuración de la topología debe ser el siguiente:

```
netprefix inet
machine 1 0 0
machine 2 0 0
machine 3 0 0 1 1
machine 4 0 1
```

Finalmente, configurar la red de todas las máquinas de la red según la siguiente tabla. Después de configurar todas las máquinas, comprobar la conectividad con la orden `ping`.

Máquina	**Dirección IPv4**	**Comentarios**
VM1	`192.168.0.1/24`	Añadir Router como encaminador por defecto
VM2	`192.168.0.2/24`	Añadir Router como encaminador por defecto
Router - VM3	`192.168.0.3/24 (eth0)` `172.16.0.3/16 (eth1)`	Activar el *forwarding* de paquetes
VM4	`172.16.0.4/16`	Añadir Router como encaminador por defecto

Estados de una conexión TCP

En esta parte usaremos la herramienta Netcat, que permite leer y escribir en conexiones de red. Netcat es muy útil para investigar y depurar el comportamiento de la red en la capa de transporte, ya que permite especificar un gran número de los parámetros de la conexión. Además para ver el estado de las conexiones de red usaremos el comando `ss` (similar a `netstat`, pero más moderno y completo).

Ejercicio 1. Consultar las páginas de manual de `nc` y `ss`. En particular, consultar las siguientes opciones de `ss`: `-a`, `-l`, `-n`, `-t` y `-o`. Probar algunas de las opciones para ambos programas para familiarizarse con su comportamiento.

Ejercicio 2. (LISTEN) Abrir un servidor TCP en el puerto 7777 en VM1 usando el comando `nc -l 7777`. Comprobar el estado de la conexión en el servidor con el comando `ss -tln`. Abrir otro servidor en el puerto 7776 en VM1 usando el comando `nc -l 192.168.0.1 7776`. Observar la diferencia entre ambos servidores usando `ss`. Comprobar que no es posible la conexión desde VM1 con `localhost` como dirección destino usando el comando `nc localhost 7776`.

Adjuntar la salida del comando ss correspondiente a los servidores.

Tras abrir el primer servidor:

```
[cursoredes@localhost ~]$ ss -tln
State    Recv-Q Send-Q Local Address:Port               Peer Address:Port
LISTEN   0      100    127.0.0.1:25            *:*
LISTEN   0      10     *:7777          *:*
LISTEN   0      128    *:111           *:*
LISTEN   0      128    *:22            *:*
LISTEN   0      128    127.0.0.1:631           *:*
LISTEN   0      100    ::1:25          :::*
LISTEN   0      10     :::7777         :::*
LISTEN   0      128    :::111          :::*
LISTEN   0      128    :::22           :::*
LISTEN   0      128    ::1:631         :::*
```

Tras abrir el segundo:

```
[cursoredes@localhost ~]$ ss -tln
State    Recv-Q Send-Q Local Address:Port               Peer Address:Port
LISTEN   0      100    127.0.0.1:25            *:*
LISTEN   0      10     192.168.0.1:7776                *:*
LISTEN   0      10     *:7777          *:*
LISTEN   0      128    *:111           *:*
LISTEN   0      128    *:22            *:*
LISTEN   0      128    127.0.0.1:631           *:*
```

```
LISTEN 0      100    ::1:25          :::*
LISTEN 0      10     :::7777         :::*
LISTEN 0      128    :::111          :::*
LISTEN 0      128    :::22           :::*
LISTEN 0      128    ::1:631         :::*
```

Resultado de probar `nc localhost 7776`:

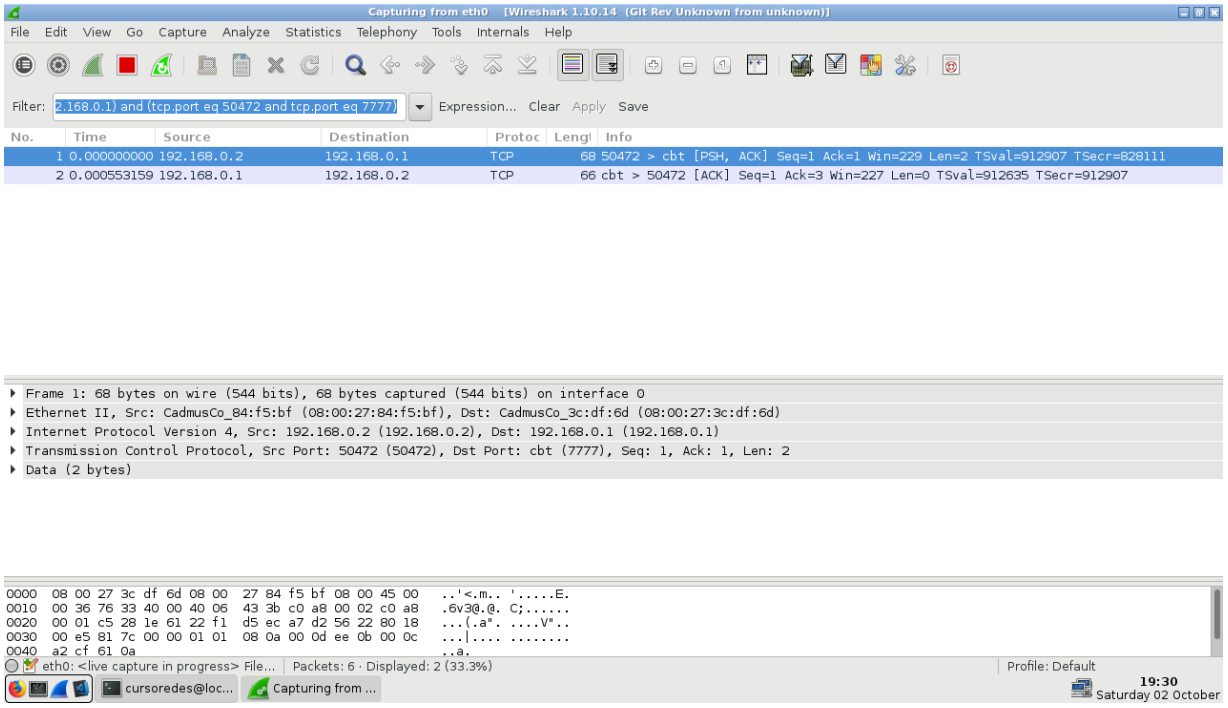
```
[cursoredes@localhost ~]$ nc localhost 7776
Ncat: Connection refused.
```

Ejercicio 3. (ESTABLISHED) En VM2, iniciar una conexión cliente al primer servidor arrancado en el ejercicio anterior usando el comando `nc 192.168.0.1 7777`.

- Comprobar el estado de la conexión e identificar los parámetros (dirección IP y puerto) con el comando `ss -tn`.
- Iniciar una captura con Wireshark. Intercambiar un único carácter con el cliente y observar los mensajes intercambiados (especialmente los números de secuencia, confirmación y flags TCP) y determinar cuántos bytes (y número de mensajes) han sido necesarios.

Adjuntar la salida del comando ss correspondiente a la conexión y una captura de pantalla de Wireshark.

```
[cursoredes@localhost ~]$ ss -tn
State    Recv-Q Send-Q Local Address:Port               Peer Address:Port
ESTAB    0      0      192.168.0.2:50472          192.168.0.1:7777
```



En el primer mensaje se enviaron 68 bytes, 66 bytes de cabecera + 2 de datos correspondientes al carácter 'a', mientras que en el de respuesta solo se enviaron los 66 de cabecera.

Ejercicio 4. (TIME-WAIT) Cerrar la conexión en el cliente (con `Ctrl+C`) y comprobar el estado de la conexión usando `ss -tan`. Usar la opción `-o` de `ss` para observar el valor del temporizador TIME-WAIT.

Adjuntar la salida del comando ss correspondiente a la conexión.

```
[cursoredes@localhost ~]$ ss -otan
State    Recv-Q Send-Q Local Address:Port               Peer Address:Port
LISTEN   0      100    127.0.0.1:25                    *:*
```

```
LISTEN 0      128    *:111              *:*
LISTEN 0      128    *:22               *:*
LISTEN 0      128    127.0.0.1:631            *:*
TIME-WAIT 0   0      192.168.0.2:50472  192.168.0.1:7777   timer:(timewait,57sec,0)
LISTEN 0      100    ::1:25             :::*
LISTEN 0      128    :::111             :::*
LISTEN 0      128    :::22              :::*
LISTEN 0      128    ::1:631            :::*
```

Ejercicio 5. (SYN-SENT y SYN-RECV) El comando `iptables` permite filtrar paquetes según los flags TCP del segmento con la opción `--tcp-flags` (consultar la página de manual `iptables-extensions`). Usando esta opción:

- Fijar una regla en el servidor (VM1) que bloquee un mensaje del acuerdo TCP de forma que el cliente (VM2) se quede en el estado SYN-SENT. Comprobar el resultado con `ss -tan` en el cliente.
- Borrar la regla anterior y fijar otra en el cliente (VM2) que bloquee un mensaje del acuerdo TCP de forma que el servidor se quede en el estado SYN-RECV. Comprobar el resultado con `ss -tan` en el servidor. Además, esta regla debe dejar al servidor también en el estado LAST-ACK después de cerrar la conexión en el cliente. Usar la opción `-o` de `ss` para determinar cuántas retransmisiones se realizan y con qué frecuencia. Borrar la regla al terminar.

Adjuntar los comandos iptables utilizados y la salida del comando ss correspondiente a las conexiones.

VM1:

```
[cursoredes@localhost ~]$ sudo iptables -A INPUT -p tcp --tcp-flags ALL, SYN -j DROP
```

VM2:

```
[cursoredes@localhost ~]$ ss -tan
State    Recv-Q Send-Q Local Address:Port               Peer Address:Port
LISTEN 0      100    127.0.0.1:25             *:*
LISTEN 0      128    *:111              *:*
LISTEN 0      128    *:22               *:*
LISTEN 0      128    127.0.0.1:631            *:*
SYN-SENT 0    1      192.168.0.2:50474  192.168.0.1:7777
LISTEN 0      100    ::1:25             :::*
LISTEN 0      128    :::111             :::*
LISTEN 0      128    :::22              :::*
LISTEN 0      128    ::1:631            :::*
```

Segunda regla:

VM2:

```
[cursoredes@localhost ~]$ sudo iptables -A INPUT -p tcp --tcp-flags ACK, ACK -j DROP
```

VM1:

```
[cursoredes@localhost ~]$ ss -otan
State    Recv-Q Send-Q Local Address:Port               Peer Address:Port
LISTEN 0      100    127.0.0.1:25             *:*
LISTEN 0      10     192.168.0.1:7776               *:*
LISTEN 0      10     *:7777             *:*         timer:(keepalive,175ms,0)
SYN-RECV 0    0      192.168.0.1:7777   192.168.0.2:50478        timer:(on,551ms,8)
LISTEN 0      128    *:111              *:*
LISTEN 0      128    *:22               *:*
LISTEN 0      128    127.0.0.1:631            *:*
LISTEN 0      100    ::1:25             :::*
LISTEN 0      10     :::7777            :::*
LISTEN 0      128    :::111             :::*
```

```
LISTEN 0      128    :::22              :::*
LISTEN 0      128    ::1:631            :::*
```

Si desactivamos la regla, establecemos conexión, volvemos a establecer la regla y mandamos un datagrama FIN para cerrar la conexión desde el cliente:

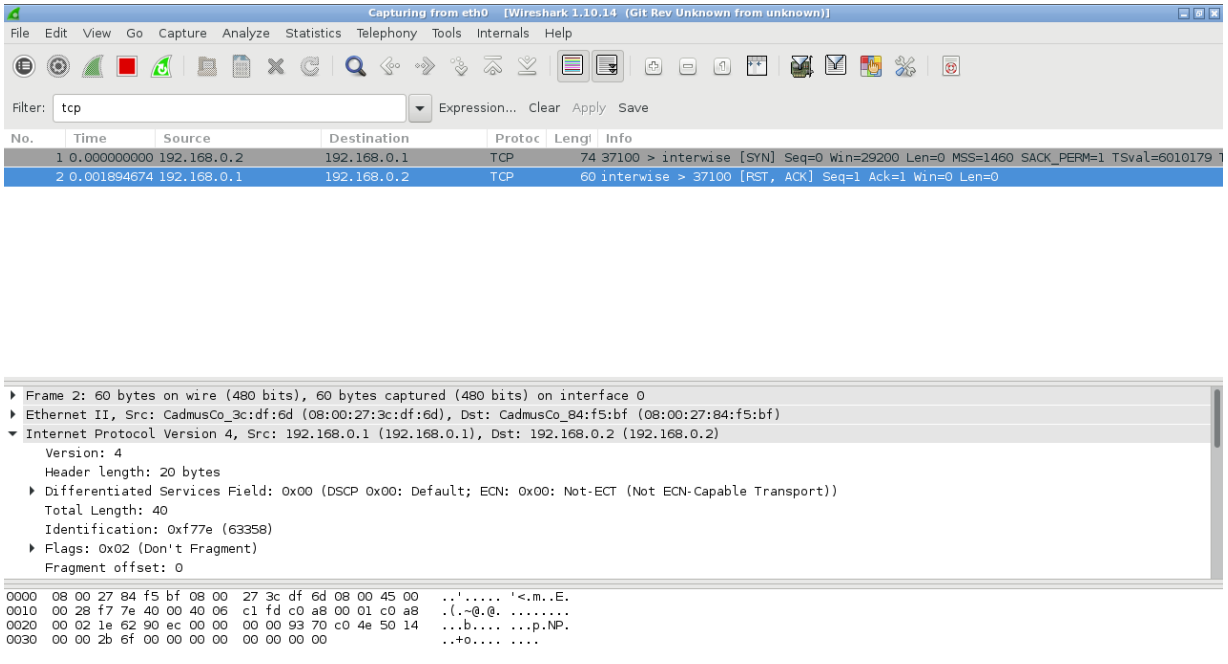
```
[cursoredes@localhost ~]$ ss -otan
State    Recv-Q Send-Q        Local Address:Port                 Peer Address:Port
LISTEN   0      100                 127.0.0.1:25                        *:*

LISTEN   0      10          192.168.0.1:7776                    *:*
LISTEN   0      128                 *:111                       *:*
LISTEN   0      128                 *:22                        *:*
LISTEN   0      128                 127.0.0.1:631                       *:*

LAST-ACK 0      1           192.168.0.1:7777                    192.168.0.2:50488
         timer:(on,7.057ms,1)
LISTEN   0      100                 ::1:25                      :::*
LISTEN   0      128                 :::111                      :::*
LISTEN   0      128                 :::22                       :::*
LISTEN   0      128                 ::1:631                     :::*
```

Ejercicio 6. Iniciar una captura con Wireshark. Intentar una conexión a un puerto cerrado del servidor (ej. 7778) y observar los mensajes TCP intercambiados, especialmente los flags TCP.

Adjuntar una captura de pantalla de Wireshark.



Introducción a la seguridad en el protocolo TCP

Diferentes aspectos del protocolo TCP pueden aprovecharse para comprometer la seguridad del sistema. En este apartado vamos a estudiar dos: ataques DoS basados en TCP SYN *flood* y técnicas de exploración de puertos.

Ejercicio 7. El ataque TCP SYN *flood* consiste en saturar un servidor mediante el envío masivo de mensajes SYN.

- (Cliente VM2) Para evitar que el atacante responda con un mensaje RST (que liberaría la

conexión), bloquear con `iptables` los mensajes SYN+ACK del servidor.
- (Cliente VM2) Usar el comando `hping3` (estudiar la página de manual) para enviar mensajes SYN al puerto 22 del servidor (`ssh`) lo más rápido posible (*flood*).
- (Servidor VM1) Estudiar el comportamiento de la máquina, en términos del número de paquetes recibidos. Comprobar si es posible la conexión al servicio `ssh` desde Router.

Repetir el ejercicio desactivando el mecanismo SYN *cookies* en el servidor con el comando `sysctl` (parámetro `net.ipv4.tcp_syncookies`).

Adjuntar los comandos iptables y hping3 utilizados. Describir el comportamiento de la máquina con y sin el mecanismo SYN cookies.
VM2:
sudo iptables -A INPUT -p tcp --tcp-flags SYN,ACK SYN,ACK -j DROP
sudo hping3 --flood -p 22 -S 192.168.0.1

Desde Router con SYN Cookies activadas:
[cursoredes@localhost ~]$ nc 192.168.0.1 22
SSH-2.0-OpenSSH_7.4

Tras desactivarlas:
[cursoredes@localhost ~]$ nc 192.168.0.1 22
Ncat: Connection timed out.

Es decir, no puede establecer conexión con el puerto 22 debido al SYN flood.

Nota: Wireshark no debe estar activo cuando se envían paquetes lo más rápido posible (*flooding*).

Ejercicio 8. (Técnica CONNECT) Netcat permite explorar puertos usando la técnica CONNECT que intenta establecer una conexión a un puerto determinado. En función de la respuesta (SYN+ACK o RST), es posible determinar si hay un proceso escuchando.

- (Servidor VM1) Abrir un servidor en el puerto 7777.
- (Cliente VM2) Explorar, de uno en uno, el rango de puertos 7775-7780 usando `nc`, en este caso usar las opciones de exploración (`-z`) y de salida detallada (`-v`).
- Con ayuda de Wireshark, observar los paquetes intercambiados.

Adjuntar los comandos nc utilizados y su salida.
[cursoredes@localhost ~]$ nc -z -v 192.168.0.1 7775
Ncat: Version 7.50 (https://nmap.org/ncat)
Ncat: Connection refused.
[cursoredes@localhost ~]$ nc -z -v 192.168.0.1 7776
Ncat: Version 7.50 (https://nmap.org/ncat)
Ncat: Connection refused.
[cursoredes@localhost ~]$ nc -z -v 192.168.0.1 7777
Ncat: Version 7.50 (https://nmap.org/ncat)
Ncat: Connected to 192.168.0.1:7777.
Ncat: 0 bytes sent, 0 bytes received in 0.03 seconds.
[cursoredes@localhost ~]$ nc -z -v 192.168.0.1 7778
Ncat: Version 7.50 (https://nmap.org/ncat)
Ncat: Connection refused.
[cursoredes@localhost ~]$ nc -z -v 192.168.0.1 7779
Ncat: Version 7.50 (https://nmap.org/ncat)
Ncat: Connection refused.
[cursoredes@localhost ~]$ nc -z -v 192.168.0.1 7780
Ncat: Version 7.50 (https://nmap.org/ncat)
Ncat: Connection refused.

Opcional. La herramienta Nmap permite realizar diferentes tipos de exploración de puertos, que emplean estrategias más eficientes. Estas estrategias (SYN *stealth*, ACK *stealth*, FIN-ACK *stealth*…) se basan en el funcionamiento del protocolo TCP. Estudiar la página de manual de `nmap` (PORT SCANNING TECHNIQUES) y emplearlas para explorar los puertos del servidor. Comprobar con Wireshark los mensajes intercambiados.

Opciones y parámetros de TCP

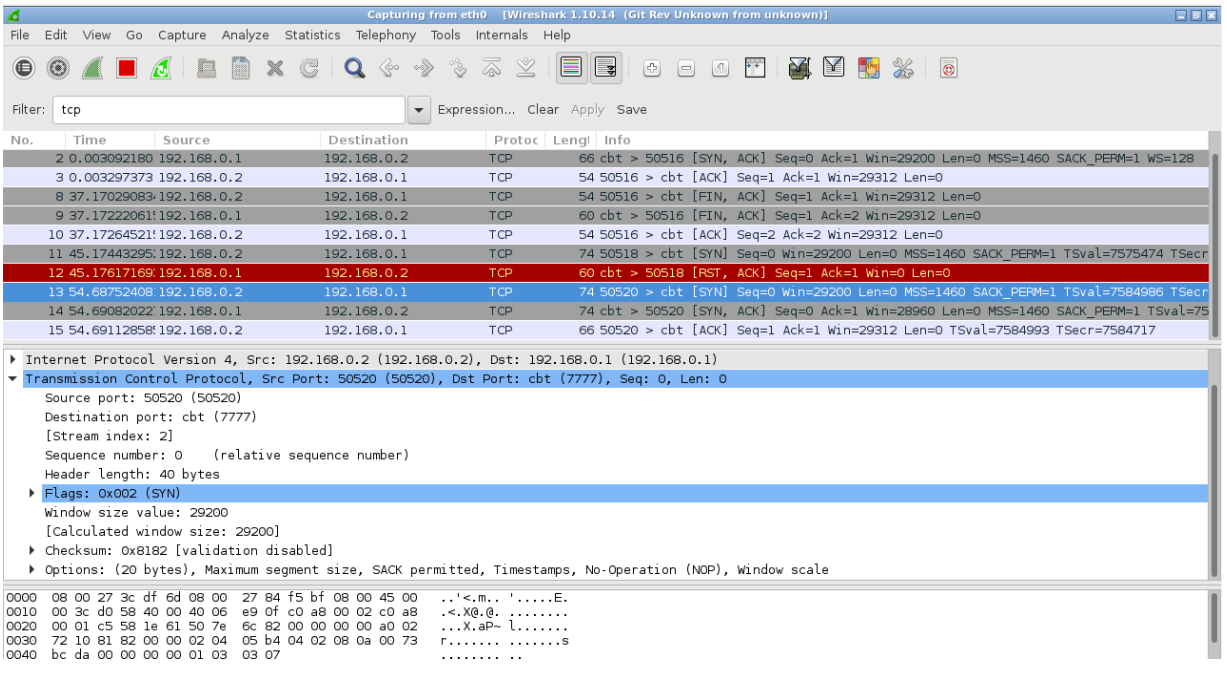
El comportamiento de la conexión TCP se puede controlar con varias opciones que se incluyen en la cabecera en los mensajes SYN y que son configurables en el sistema operativo por medio de parámetros del kernel.

Ejercicio 9. Con ayuda del comando `sysctl` y la bibliografía recomendada, completar la siguiente tabla con parámetros que permiten modificar algunas opciones de TCP:

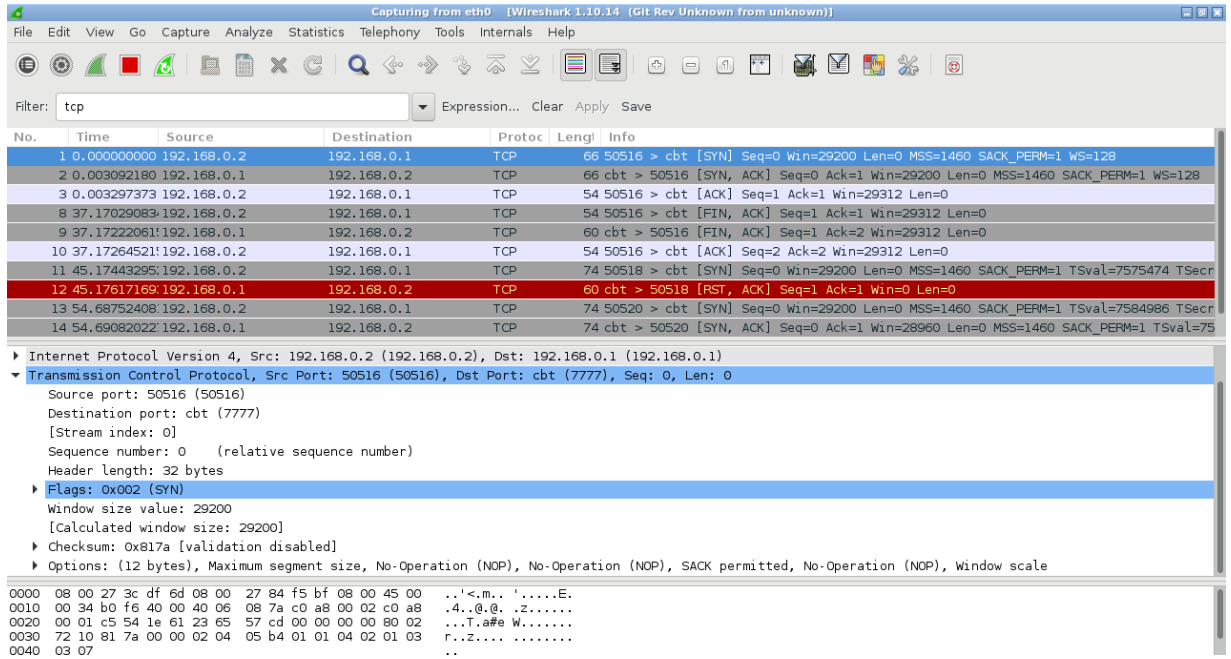
Parámetro del kernel	Propósito	Valor por defecto
`net.ipv4.tcp_window_scaling`	Permite utilizar un tamaño de ventana mayor	1
`net.ipv4.tcp_timestamps`	Determina si se incluyen las marcas de tiempo en los segmentos TCP	1
`net.ipv4.tcp_sack`	Activa los ACK selectivos	1

Ejercicio 10. Iniciar una captura de Wireshark. Abrir el servidor en el puerto 7777 y realizar una conexión desde la VM cliente. Estudiar el valor de las opciones que se intercambian durante la conexión. Variar algunos de los parámetros anteriores (ej. no usar ACKs selectivos) y observar el resultado en una nueva conexión.

Adjuntar una captura de pantalla de Wireshark donde se muestren las opciones TCP.
Con los timestamps activados:



Si se desactivan:



Ejercicio 11. Con ayuda del comando `sysctl` y la bibliografía recomendada, completar la siguiente tabla con parámetros que permiten configurar el temporizador *keepalive*:

Parámetro del kernel	Propósito	Valor por defecto
`net.ipv4.tcp_keepalive_time`	Determinar el tiempo que debe pasar antes de que se empiecen a enviar mensajes de keep-alive en el caso de una conexión inactiva.	7200 segundos
`net.ipv4.tcp_keepalive_probes`	Establece el número máximo de mensajes keep-alive que se mandan antes de cerrar la conexión.	9
`net.ipv4.tcp_keepalive_intvl`	El tiempo que debe pasar entre mensajes keep-alive.	75 segundos

Traducción de direcciones (NAT) y reenvío de puertos (*port forwarding*)

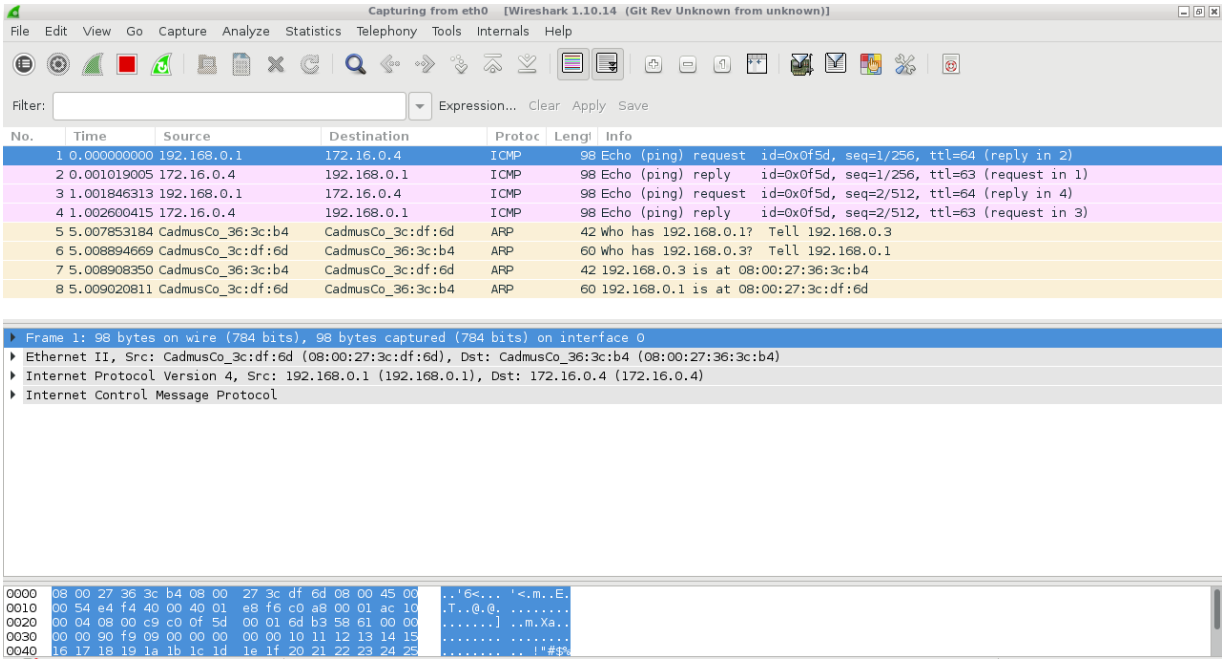
En esta sección supondremos que la red que conecta Router con VM4 es pública y que no puede encaminar el tráfico `192.168.0.0/24`. Además, asumiremos que la dirección IP de Router es dinámica.

Ejercicio 12. Configurar la traducción de direcciones dinámica en Router:

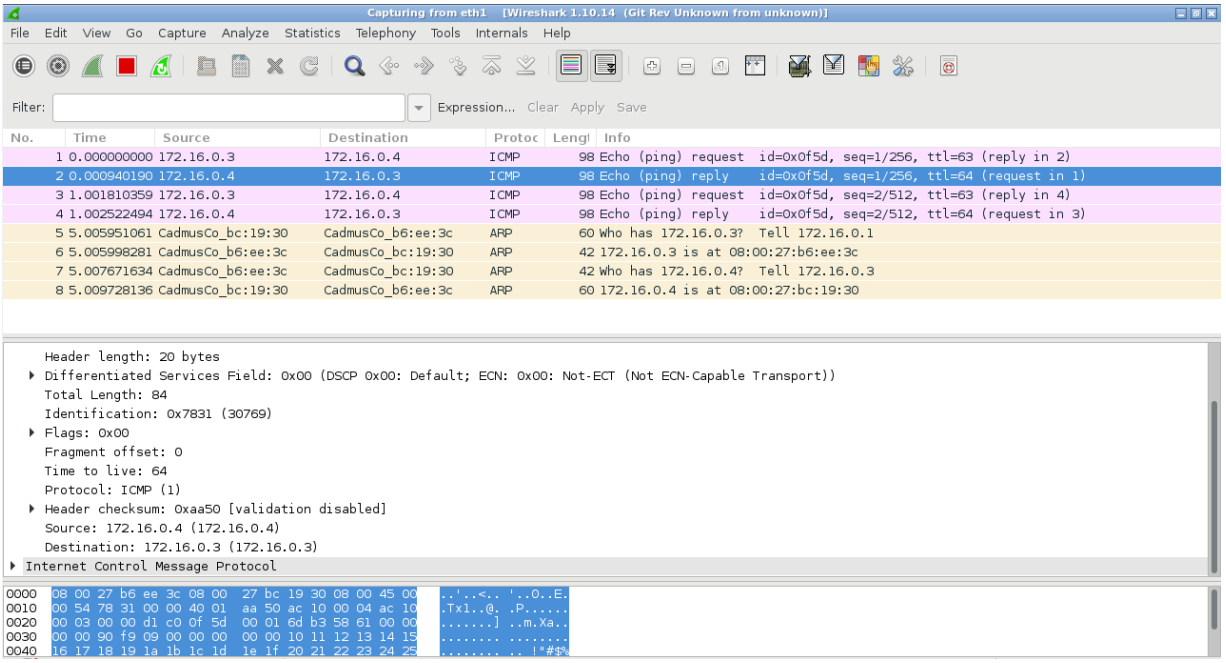
- (Router) Usando `iptables`, configurar Router para que haga SNAT (*masquerade*) sobre la interfaz `eth1`. Iniciar una captura de Wireshark en cada interfaz de red.
- (VM1) Comprobar la conexión con VM4 usando la orden `ping`.
- (Router) Analizar con Wireshark el tráfico intercambiado, especialmente los puertos y direcciones IP origen y destino en ambas redes

Adjuntar el comando iptables utilizado y capturas de pantalla de Wireshark.
Router: [cursoredes@localhost ~]$ sudo iptables -t nat -A POSTROUTING -o eth1 -j MASQUERADE

Eth0:



Eth1:



Ejercicio 13. Comprueba la salida del comando `conntrack -L` o, alternativamente, el contenido del fichero `/proc/net/nf_conntrack` en Router mientras se ejecuta el `ping` del ejercicio anterior. ¿Qué parámetro se utiliza, en lugar del puerto origen, para relacionar las solicitudes con las respuestas?

Adjuntar la salida del comando conntrack y responder a la pregunta.
[cursoredes@localhost ~]$ sudo conntrack -L
icmp 1 29 src=192.168.0.1 dst=172.16.0.4 type=8 code=0 id=3964 src=172.16.0.4 dst=172.16.0.3 type=0 code=0 id=3964 mark=0 use=1

conntrack v1.4.4 (conntrack-tools): 1 flow entries have been shown.

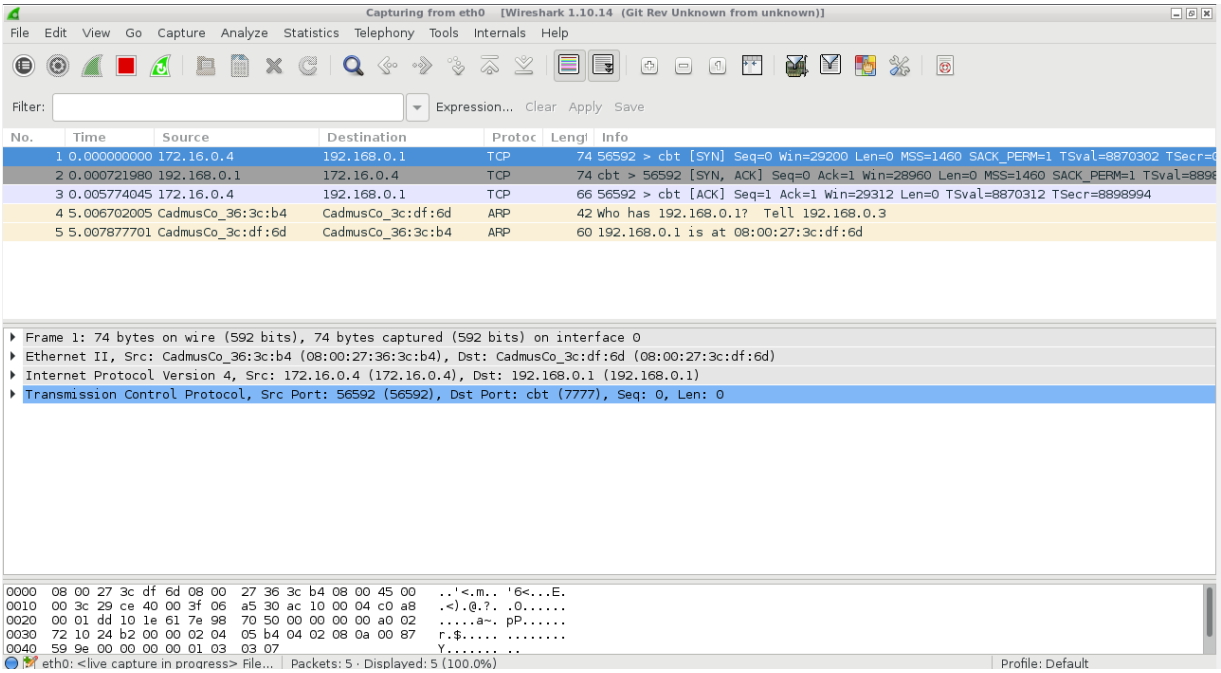
Se utiliza el parámetro id (en este caso, 3964)

Ejercicio 14. Acceso a un servidor en la red privada:

- (Router) Usando `iptables`, reenviar las conexiones (DNAT) del puerto 80 de Router al puerto 7777 de VM1. Iniciar una captura de Wireshark en cada interfaz de red.
- (VM1) Arrancar el servidor en el puerto 7777 con nc.
- (VM4) Conectarse al puerto 80 de Router con nc y comprobar el resultado en VM1.
- (Router) Analizar con Wireshark el tráfico intercambiado, especialmente los puertos y direcciones IP origen y destino en ambas redes.

Adjuntar el comando iptables utilizado y capturas de pantalla de Wireshark.
Router: [cursoredes@localhost ~]$ sudo iptables -t nat -A PREROUTING -d 172.16.0.3 -p tcp --dport 80 -j DNAT --to 192.168.0.1:7777

Eth0:



Eth1: