Práctica 1.1. Protocolo IPv4. Servicio DHCP

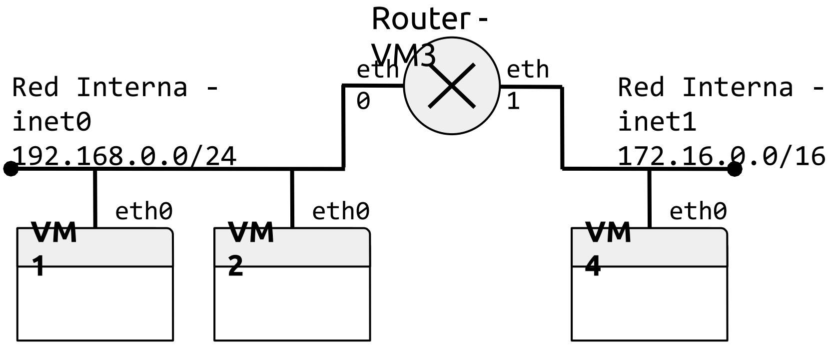
Objetivos

En esta práctica se presentan las herramientas que se utilizarán en la asignatura y se repasan brevemente los aspectos básicos del protocolo IPv4. Además, se analizan las características del protocolo DHCP.

Contenidos

Preparación del entorno para la práctica

Configuraremos la topología de red que se muestra en la siguiente figura:



Todos los elementos -el router y las máquinas virtuales VM- son *clones enlazados* de la máquina base ASOR-FE. La topología se creará con la utilidad `vtopol`, que funciona en Linux y Mac (en Windows, la topología ha de crearse manualmente con VirtualBox):

1. Borrar las máquinas virtuales existentes ejecutando el siguiente comando en la consola:

```
rm -rf $HOME/VirtualBox\ VMs/
```

2. Usando el explorador de archivos, cambiar al directorio `/mnt/DiscoVMs/ASOR` y hacer doble-click sobre el fichero `ASOR-FE.ova`. Esto importará la máquina virtual base ASOR-FE en VirtualBox. Alternativamente, se puede usar la opción importar desde VirtualBox y seleccionar el OVA en el directorio anterior.

   Nota: Si estás usando tu ordenador es necesario descargar el fichero ASOR-FE.ova

3. Crear un archivo `pr1.topol` con la topología de la red, que consta de 4 máquinas y dos redes. El contenido del fichero es:

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

La sintaxis es:

```
machine <número de VM> <interfaz0> <red0> <interfaz1> <red1> ...
```

4. Crear la topología de red que arrancará las 4 máquinas virtuales (VM1, VM2, Router y VM4).

```
$ vtopol pr1.topol
```

En VirtualBox se definirán las máquinas virtuales asorfemachine_1 (VM1), asorfemachine_2 (VM2), asorfemachine_3 (Router - VM3) y asorfemachine_4 (VM4).

Nota: El comando **vtopol** está instalado en el laboratorio. En otros equipos, descargar el fichero vtopol, darle permisos de ejecución (con `chmod +x vtopol`) y copiarlo, por ejemplo, en `/usr/local/bin`.

Activar el portapapeles bidireccional en las máquinas (menú Dispositivos) para copiar la salida de los comandos. Las capturas de pantalla se realizarán usando también Virtualbox (menú Ver).

Las **credenciales de la máquina virtual** son: usuario `cursoredes`, con contraseña `cursoredes`.

Configuración estática

En primer lugar, configuraremos cada red de forma estática asignando a cada máquina una dirección IP adecuada.

Ejercicio 1 [VM1]. Determinar los interfaces de red que tiene la máquina y las direcciones IP y MAC que tienen asignadas. Utilizar los comandos `ip address` e `ip link`.

```
[cursoredes@localhost ~]$ sudo ip address
1: lo: <LOOPBACK,UP,LOWER_UP> mtu 65536 qdisc noqueue state UNKNOWN group default qlen 1000
    link/loopback 00:00:00:00:00:00 brd 00:00:00:00:00:00
    inet 127.0.0.1/8 scope host lo
       valid_lft forever preferred_lft forever
    inet6 ::1/128 scope host
       valid_lft forever preferred_lft forever
2: eth0: <BROADCAST,MULTICAST> mtu 1500 qdisc noop state DOWN group default qlen 1000
    link/ether 02:00:00:00:01:00 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
```

```
[cursoredes@localhost ~]$ sudo ip link
1: lo: <LOOPBACK,UP,LOWER_UP> mtu 65536 qdisc noqueue state UNKNOWN mode DEFAULT group
default qlen 1000
    link/loopback 00:00:00:00:00:00 brd 00:00:00:00:00:00
2: eth0: <BROADCAST,MULTICAST> mtu 1500 qdisc noop state DOWN mode DEFAULT group default
qlen 1000
    link/ether 02:00:00:00:01:00 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
```

Ejercicio 2 [VM1, VM2, Router]. Activar los interfaces `eth0` en VM1, VM2 y Router, y asignar una dirección IP adecuada. Utilizar los comandos `ip address` e `ip link`.

```
VM1
[cursoredes@localhost ~]$ sudo ip address add 192.168.0.1/24 dev eth0
[cursoredes@localhost ~]$ sudo ip link set eth0 up
```

VM2
[cursoredes@localhost ~]$ sudo ip address add 192.168.0.2/24 dev eth0
[cursoredes@localhost ~]$ sudo ip link set eth0 up

VM3
[cursoredes@localhost ~]$ sudo ip address add 192.168.0.3/24 dev eth0
[cursoredes@localhost ~]$ sudo ip link set eth0 up

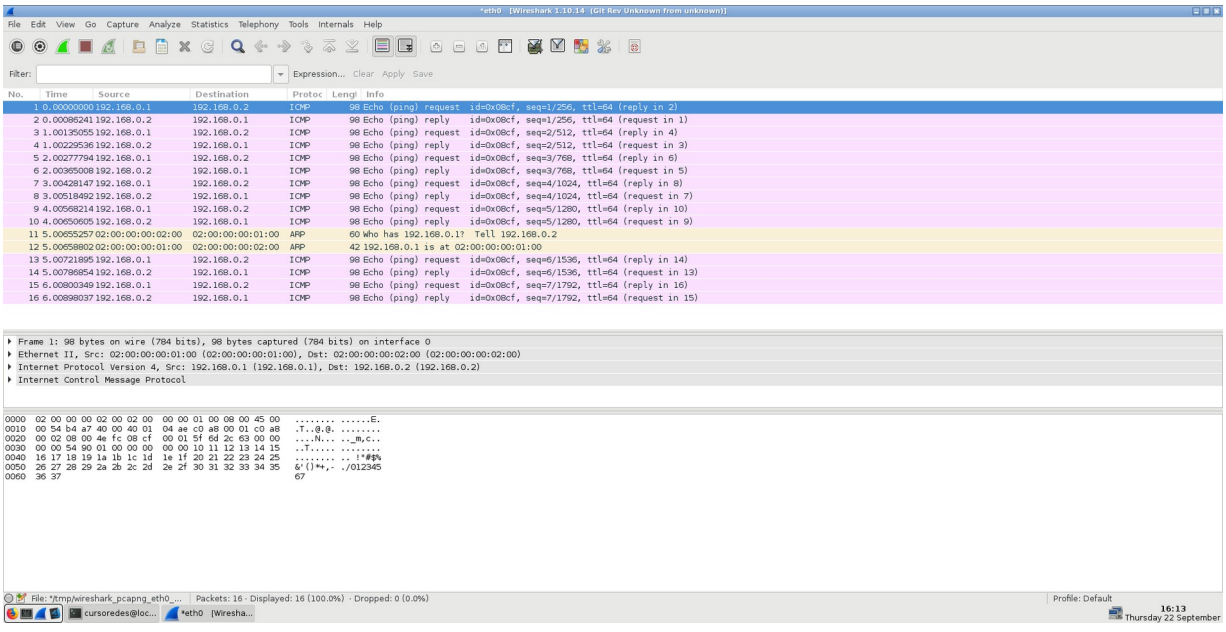
Ejercicio 3 [VM1, VM2]. Abrir la herramienta Wireshark en VM1 e iniciar una captura en el interfaz de red. Desde VM1, comprobar la conectividad con VM2 usando la orden `ping`. Observar el tráfico generado, especialmente los protocolos encapsulados en cada datagrama y las direcciones origen y destino. Para ver correctamente el tráfico ARP, puede ser necesario eliminar la tabla ARP en VM1 con la orden `ip neigh flush dev eth0`.

Completar la siguiente tabla para todos los mensajes intercambiados hasta la recepción del primer mensaje ICMP Echo Reply:

- Para cada protocolo, anotar las características importantes (p. ej. pregunta/respuesta ARP o tipo ICMP) en el campo "Tipo de mensaje".
- Comparar los datos observados durante la captura con el formato de los mensajes estudiados en clase.

MAC origen	MAC destino	Protocolo	IP origen	IP destino	Tipo de mensaje
02:00:00:00:01:00	ff:ff:ff:ff:ff:ff	ARP	192.168.0.1	192.168.0.2	ARP PREGUNTA
02:00:00:00:02:00	02:00:00:00:01:00	ARP	192.168.0.2	192.168.0.1	ARP RESPUESTA
02:00:00:00:1:00	02:00:00:00:02:00	ICMP	192.168.0.1	192.168.0.2	ICMP PREGUNTA
02:00:00:00:02:00	02:00:00:00:01:00	ICMP	192.168.0.2	192.168.0.1	ICMP RESPUESTA

Copiar una captura de pantalla de Wireshark con los mensajes ARP e ICMP.



Ejercicio 4 [VM1, VM2]. Ejecutar de nuevo la orden `ping` entre VM1 y VM2 y, a continuación, comprobar el estado de la tabla ARP en VM1 y VM2 usando el comando `ip neigh`. El significado del

estado de cada entrada de la tabla se puede consultar en la página de manual del comando.

[cursoredes@localhost ~]$ sudo ip neigh
192.168.0.3 dev eth0 lladdr 02:00:00:00:03:00 STALE
192.168.0.2 dev eth0 lladdr 02:00:00:00:02:00 REACHABLE

NOTA: Los estados pueden ser los siguientes
STATE := { permanent | noarp | stale | reachable | none |
incomplete | delay | probe | failed }
Con:
- *REACHABLE: la entrada ARP es válida y hay conectividad.*
- *STALE: la entrada ARP es válida pero no hay conectividad.(Todavía no se ha hecho conexión)*

Ejercicio 5 [Router, VM4]. Configurar Router y VM4 y comprobar su conectividad con el comando `ping`.

ROUTER
[cursoredes@localhost ~]$ sudo ip address add 172.16.0.1/16 dev eth1
[cursoredes@localhost ~]$ sudo ip link set eth1 up

VM4
cursoredes@localhost ~]$ sudo ip address add 172.16.0.2/16 dev eth0
[cursoredes@localhost ~]$ sudo ip link set eth0 up

Encaminamiento estático

Según la topología de esta práctica, Router puede encaminar el tráfico entre ambas redes. En esta sección, vamos a configurar el encaminamiento estático, basado en rutas que fijaremos manualmente en todas las máquinas virtuales.

Ejercicio 6 [Router]. Activar el reenvío de paquetes (*forwarding*) en Router para que efectivamente pueda funcionar como encaminador entre las redes. Ejecutar el siguiente comando:

```
$ sudo sysctl net.ipv4.ip_forward=1
```

Ejercicio 7 [VM1, VM2]. Establecer Router como encaminador por defecto para VM1 y VM2. Usar el comando `ip route`.

VM1*:*
[cursoredes@localhost ~]$ sudo ip route add default via 192.168.0.3

VM2*:*
[cursoredes@localhost ~]$ sudo ip route add default via 192.168.0.3

NOTA: En caso de poner erróneamente limpiar la red:
[cursoredes@localhost ~]$ sudo service network restart
Restarting network (via systemctl): [OK]

Ejercicio 8 [VM4]. Aunque la configuración adecuada para la tabla de rutas en redes como las consideradas en esta práctica consiste en añadir una ruta por defecto, es posible incluir rutas para redes concretas. Añadir en VM4 una ruta a la red 192.168.0.0/24 vía Router. Usar el comando `ip route`.

VM4:
[cursoredes@localhost ~]$ sudo ip route add 192.168.0.0/24 via 172.16.0.1

Ejercicio 9 [VM1, VM4, Router]. Abrir la herramienta Wireshark en Router e iniciar dos capturas, una en cada interfaz de red. Eliminar la tabla ARP en VM1 y Router. Desde VM1, comprobar la conectividad con VM4 usando la orden `ping`. Completar la siguiente tabla para todos los paquetes intercambiados hasta la recepción del primer *Echo Reply*.

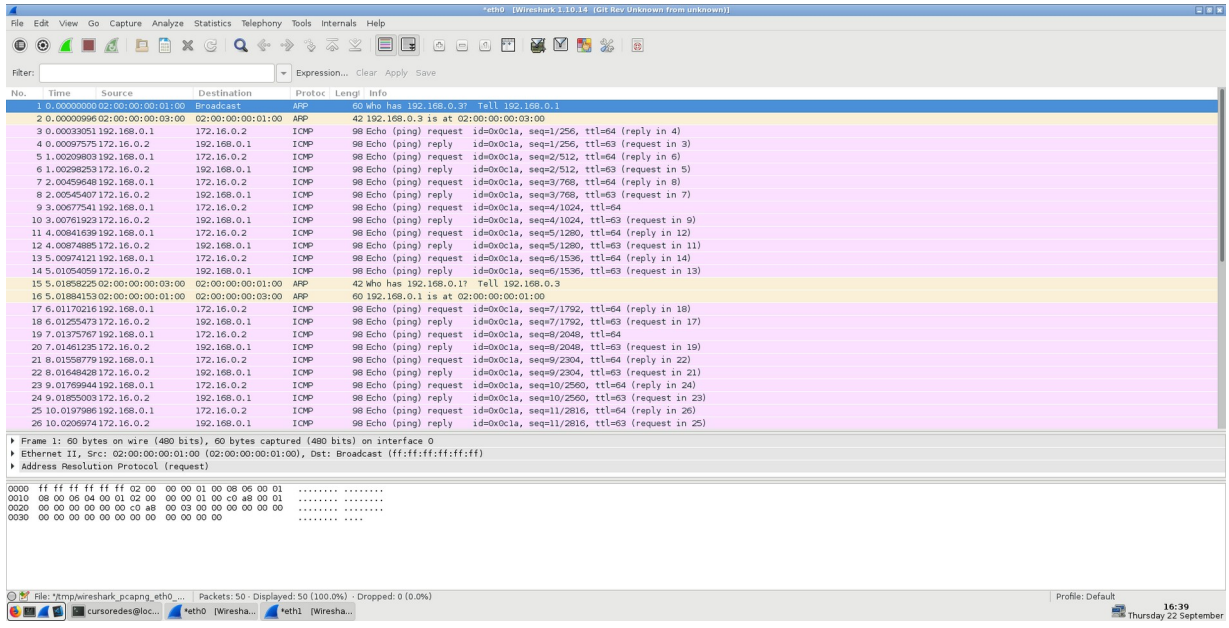
Red 192.168.0.0/24 - Router (eth0)

MAC origen	MAC destino	Protocolo	IP origen	IP destino	Tipo de mensaje
02:00:00:00:01:00	ff:ff:ff:ff:ff:ff	ARP	192.168.0.1	192.168.0.3	ARP PREGUNTA
02:00:00:00:03:00	02:00:00:00:01:00	ARP	192.168.0.3	192.168.0.1	ARP RESPUESTA
02:00:00:00:01:00	02:00:00:00:03:00	ICMP	192.168.0.1	172.16.0.2	ICMP PREGUNTA
02:00:00:00:03:00	02:00:00:00:01:00	ICMP	172.16.0.2	192.168.0.1	ICMP RESPUESTA

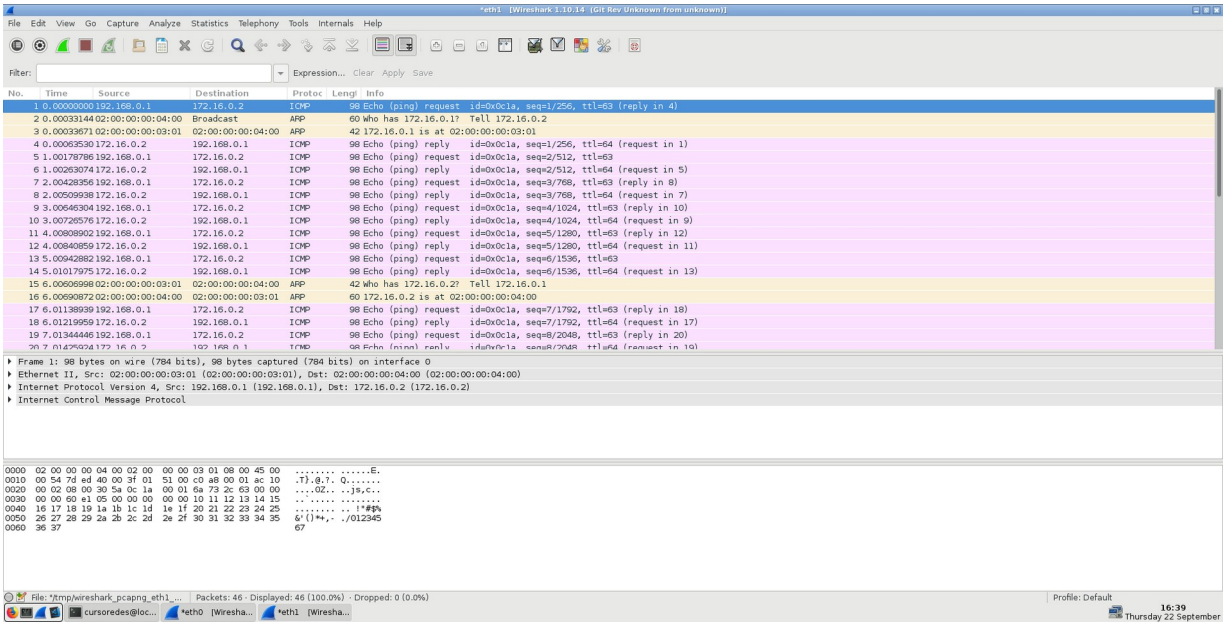
Red 172.16.0.0/16 - Router (eth1)

MAC origen	MAC destino	Protocolo	IP origen	IP destino	Tipo de mensaje
02:00:00:00:04:00	ff:ff:ff:ff:ff:ff	ARP	172.16.0.1	172.16.0.2	ARP PREGUNTA
02:00:00:00:03:01	02:00:00:00:04:00	ARP	172.16.0.2	172.16.0.1	ARP RESPUESTA
02:00:00:00:04:00	02:00:00:00:03:01	ICMP	192.168.0.1	172.16.0.2	ICMP PREGUNTA
02:00:00:00:03:01	02:00:00:00:04:00	ICMP	172.16.0.2	192.168.0.1	ICMP RESPUESTA

ETH0



ETH1



Configuración dinámica

El protocolo DHCP permite configurar dinámicamente los parámetros de red de una máquina. En esta sección configuraremos Router como servidor DHCP para las dos redes. Aunque DHCP puede incluir muchos parámetros de configuración, en esta práctica sólo fijaremos el encaminador por defecto.

Ejercicio 10 [VM1, VM2, VM4]. Eliminar las direcciones IP de los interfaces (`ip addr del`) de todas las máquinas salvo Router.

Ejercicio 11 [Router]. Configurar el servidor DHCP para las dos redes:

- Editar el fichero `/etc/dhcp/dhcpd.conf` y añadir dos secciones `subnet`, una para cada red, que definan, respectivamente, los rangos de direcciones `192.168.0.50-192.168.0.100` y

172.16.0.50-172.16.0.100. Además, incluir la opción routers con la dirección IP de Router en cada red. Ejemplo:

```
subnet          192.168.0.0          netmask          255.255.255.0          {
    range 192.168.0.11 192.168.0.50;
    option routers 192.168.0.3;
                            option       broadcast-address       192.168.0.255;
}

subnet 172.16.0.0 netmask 255.255.0.0 {
range 172.16.0.50 172.16.0.100;
option routers 172.16.0.3;
option broadcast-address 172.16.255.255;
}
```

- Arrancar el servicio con el comando `sudo service dhcpd start`.

Ejercicio 12 [Router, VM1]. Iniciar una captura de paquetes en Router. Arrancar el cliente DHCP en VM1 con `dhclient -d eth0` y observar el proceso de configuración. Completar la siguiente tabla:

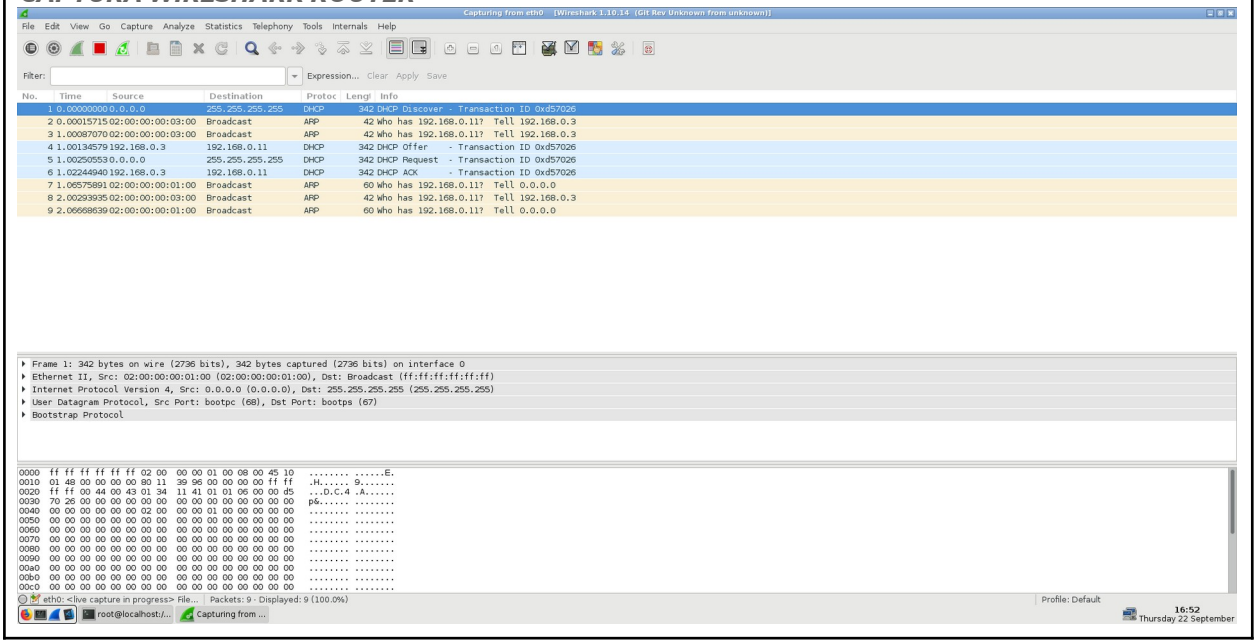
IP Origen	IP Destino	Mensaje DHCP	Opciones DHCP
0.0.0.0	*255.255.255.255*	*DHCP DISCOVER*	*DHCP Message Type: 1 (Discover)* *Requested IP Address* *Parameter Request List* *End*
192.168.0.3	*192.168.0.11*	*DHCP OFFER*	*DHCP Message Type: 2 (Offer)* *DHCP Server Identifier (192.168.0.3)* *IP Address Lease Time (12 hours)* *SubnetMask (255.255.255.0)* *BroadcastAddress(192.168.0.255)* *Router (192.168.0.3)* *End*
0.0.0.0	*255.255.255.255*	*DHCP REQUEST*	*DHCP Message Type: 3 (Request)* *Requested IP Address (192.168.0.11)* *Parameter Request List End*
192.168.0.3	*192.168.0.11*	*DHCP ACK*	*DHCP Type: 5 (ACK)* *DHCP Server Identifier (192.168.0.3)* *IP Address Lease Time (12 hours)* *SubnetMask (255.255.255.0)* *BroadcastAddress(192.168.0.255)* *Router (192.168.0.3)* *End*

CAPTURA VM1 DHCLIENT

[cursoredes@localhost ~]$ sudo dhclient -d eth0
Internet Systems Consortium DHCP Client 4.2.5
Copyright 2004-2013 Internet Systems Consortium.
All rights reserved.
For info, please visit https://www.isc.org/software/dhcp/

Listening on LPF/eth0/02:00:00:00:01:00
Sending on LPF/eth0/02:00:00:00:01:00
Sending on Socket/fallback
DHCPDISCOVER on eth0 to 255.255.255.255 port 67 interval 3 (xid=0x2670d500)
DHCPREQUEST on eth0 to 255.255.255.255 port 67 (xid=0x2670d500)
DHCPOFFER from 192.168.0.3
DHCPACK from 192.168.0.3 (xid=0x2670d500)
bound to 192.168.0.11 -- renewal in 20177 seconds.

CAPTURA WIRESHARK ROUTER



Ejercicio 13 [VM2, VM4]. Durante el arranque del sistema se pueden configurar automáticamente interfaces según la información almacenada en el disco del servidor (configuración persistente). El fichero `/etc/sysconfig/network-scripts/ifcfg-eth0` configura automáticamente `eth0` usando DHCP. Consultar el fichero y comprobar la configuración en VM2 y VM4 usando las órdenes `ifup` e `ifdown`. Verificar la conectividad entre todas las máquinas de las dos redes.

Nota: Para configuración estática, se pueden usar las siguientes opciones:

```
TYPE=Ethernet
BOOTPROTO=none
IPADDR=<dirección IP estática>
PREFIX=<tamaño del prefijo de red>
GATEWAY=<dirección IP estática del encaminador por defecto (si existe)>
DEVICE=eth0
```

Estas opciones se describen en detalle en `/usr/share/doc/initscripts-*/sysconfig.txt`.