

Práctica 1.1. Protocolo IPv4. Servicio DHCP

Objetivos

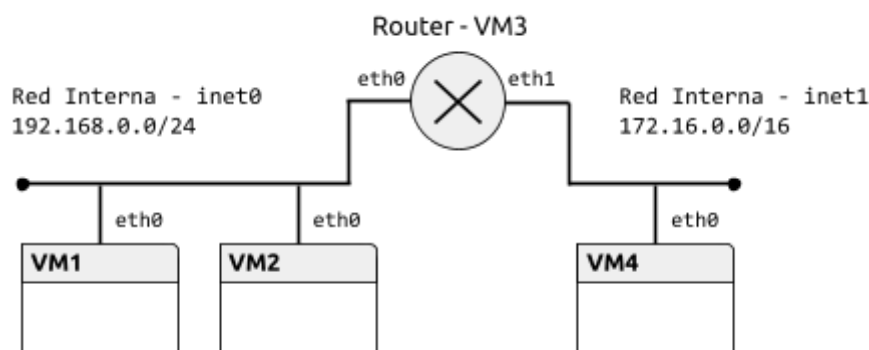
En esta práctica se presentan las herramientas que se utilizarán en la asignatura y se repasan brevemente los aspectos básicos del protocolo IPv4. Además, se analizan las características del protocolo DHCP.

Contenidos

- Preparación del entorno para la práctica
- Configuración estática
- Encaminamiento estático
- Configuración dinámica

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 configuración de las máquinas se realizará con la utilidad `vtopo1`, que funciona en Linux y Mac (en Windows, la topología ha de crearse directamente con VirtualBox):

1. Definir la máquina base de la asignatura:

```
$ asorregenerate
```

Este comando crea la máquina virtual base (ASOR-FE) en la herramienta VirtualBox.

Nota: El comando `asorregenerate` solo se debe usar en el laboratorio. En otros equipos, descargar el fichero [ASOR-FE.ova](#) e importarlo en VirtualBox.

2. Crear un archivo `pr1.topo1` 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> ...
```

3. 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`) 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 `cursoresdes`, con contraseña `cursoresdes`.

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`.

```
ip adress
Object "adress" is unknown, try "ip help".
[cursoredes@localhost ~]$ 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 08:00:27:fe:f9:77 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff

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 08:00:27:fe:f9:77 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`.

En VM1:
`sudo ip link set dev eth0 up`
`sudo ip address add 192.168.0.1/24 dev eth0`

En VM2:
`sudo ip link set dev eth0 up`
`sudo ip address add 192.168.0.2/24 dev eth0`

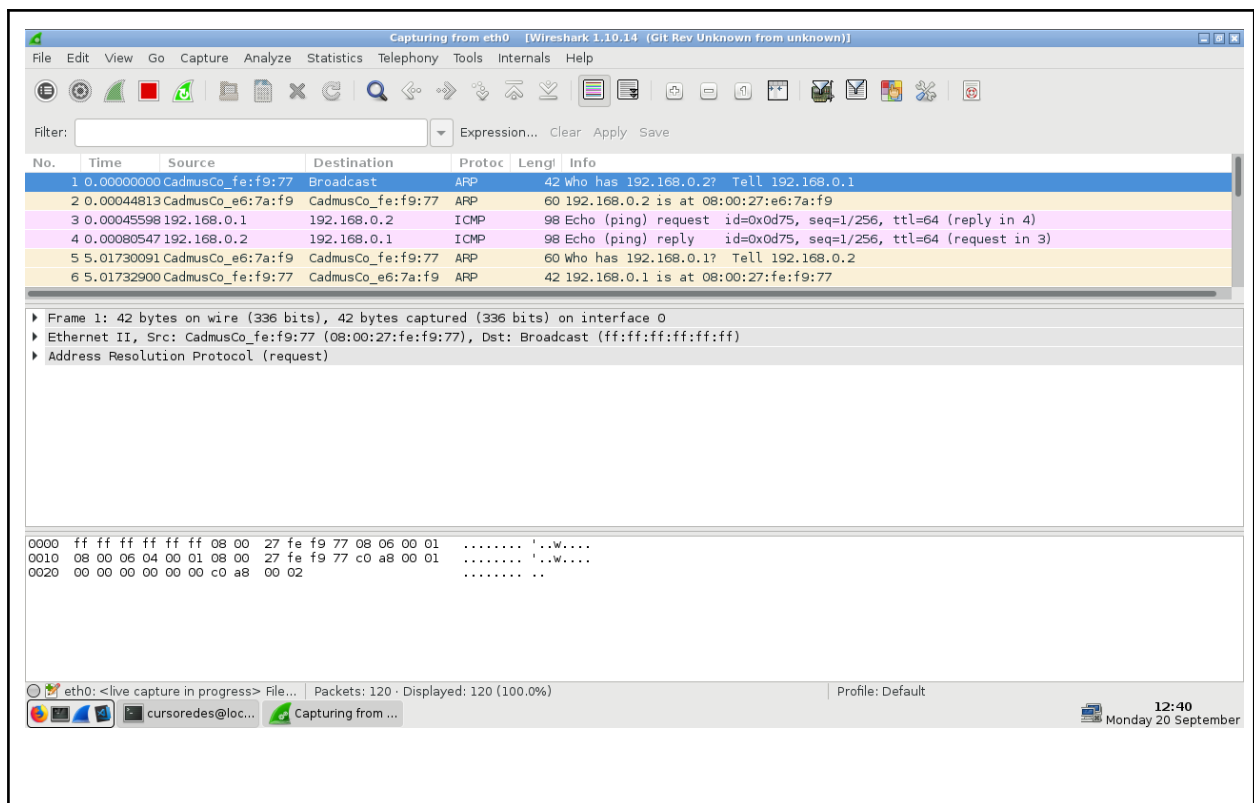
En VM3:
`ip link set dev eth0 up`
`ip address add 192.168.0.3/24 dev eth0`

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
08:00:27:fe:f9:77	Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)	ARP	192.168.0.1	192.168.0.2	ARP request
08:00:27:e6:7a:f9	08:00:27:fe:f9:77	ARP	192.168.0.2	192.168.0.1	ARP response
08:00:27:fe:f9:77	08:00:27:e6:7a:f9	ICMP	192.168.0.1	192.168.0.2	echo (ping) request
08:00:27:e6:7a:f9	08:00:27:fe:f9:77	ICMP	192.168.0.2	192.168.0.1	echo (ping) reply



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.

En VM1:

`ip neigh`

`192.168.0.3 dev eth0 lladdr 08:00:27:75:7d:c2 STALE`

`192.168.0.2 dev eth0 lladdr 08:00:27:e6:7a:f9 STALE`

La máquina VM1 conoce la dirección física (MAC) de la dirección IP 0.2 y 0.3

En VM2:

`ip neigh`

`192.168.0.3 dev eth0 lladdr 08:00:27:75:7d:c2 STALE`

`192.168.0.1 dev eth0 lladdr 08:00:27:fe:f9:77 STALE`

La máquina VM1 conoce la dirección física (MAC) de la dirección IP 0.1 y 0.3

El estado STALE significa que la orden ping se ha realizado hace ya un tiempo. El estado REACHABLE es más fiable pues la orden se habría realizado más cercana en el tiempo.

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

En VM3 (Router):

`sudo ip link set dev eth1 up`

`sudo ip address add 172.16.0.1/16 dev eth1`

`ping -c 1 172.16.0.2`

PING 172.16.0.2 (172.16.0.2) 56(84) bytes of data.

64 bytes from 172.16.0.2: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.954 ms

```
--- 172.16.0.2 ping statistics ---
1 packets transmitted, 1 received, 0% packet loss, time 0ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.954/0.954/0.954/0.000 ms
```

En VM4:

```
sudo ip link set dev eth0 up
sudo ip address add 172.16.0.2/16 dev eth0
```

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]. Añadir Router como encaminador por defecto para VM1 y VM2. Usar el comando `ip route`.

En VM1 y VM2:

```
sudo ip route add default via 192.168.0.3
```

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`.

```
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
08:00:27:fe:f9:77	Broadcast	ARP	192.168.0.1	192.168.0.3	ARP request
08:00:27:75:7d:c2	08:00:27:fe:f9:77	ARP	192.168.0.3	192.168.0.1	ARP response
08:00:27:fe:f9:77	08:00:27:75:7d:c2	ICMP	192.168.0.1	172.16.0.2	Echo request
08:00:27:75:7d:c2	08:00:27:fe:f9:77	ICMP	172.16.0.2	192.168.0.1	Echo reply

Red 172.16.0.0/16 - Router (eth1)

MAC origen	MAC destino	Protocolo	IP origen	IP destino	Tipo de mensaje
08:00:27:06:97:74	Broadcast	ARP	172.16.0.1	172.16.0.2	ARP request
08:00:27:7d:cf:c8	08:00:27:06:97:74	ARP	172.16.0.2	172.16.0.1	ARP response
08:00:27:06:97:74	08:00:27:7d:cf:c8	ICMP	172.16.0.2	192.168.0.1	Echo request
08:00:27:7d:cf:c8	08:00:27:06:97:74	ICMP	192.168.0.1	172.16.0.2	Echo reply

The image shows a Wireshark packet capture window titled "Capturing from eth0 and eth1 [Wireshark 1.10.14 (Git Rev Unknown from unknown)]". The interface includes a menu bar, a toolbar, a filter field, and a packet list pane. The packet list shows 12 packets. The first packet is an ARP request from CadmusCo_fe:f9:77 to Broadcast. The second packet is an ARP response from CadmusCo_75:7d:c2 to CadmusCo_fe:f9:77. The third packet is an ARP request from CadmusCo_06:97:74 to Broadcast. The fourth packet is an ICMP Echo (ping) request from 192.168.0.1 to 172.16.0.2. The fifth packet is an ARP response from CadmusCo_06:97:74 to CadmusCo_06:97:74. The sixth packet is an ICMP Echo (ping) request from 192.168.0.1 to 172.16.0.2. The seventh packet is an ICMP Echo (ping) reply from 192.168.0.1 to 172.16.0.2. The eighth packet is an ICMP Echo (ping) reply from 192.168.0.1 to 172.16.0.2. The ninth packet is an ARP request from CadmusCo_7d:cf:c8 to CadmusCo_06:97:74. The tenth packet is an ARP response from CadmusCo_06:97:74 to CadmusCo_7d:cf:c8. The eleventh packet is an ARP request from CadmusCo_75:7d:c2 to CadmusCo_fe:f9:77. The twelfth packet is an ARP response from CadmusCo_fe:f9:77 to CadmusCo_75:7d:c2. The packet details pane shows the selected packet (Frame 1) and its details: Ethernet II, Src: CadmusCo_fe:f9:77 (08:00:27:fe:f9:77), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff), and Address Resolution Protocol (request). The packet bytes pane shows the raw data in hexadecimal and ASCII.

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;
}
```

Escribimos en el archivo:

```
subnet 192.168.0.0 netmask 255.255.255.0 {
    range 192.168.0.50 192.168.0.100;
    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 172.16.0.1;
    option broadcast-address 192.168.0.255;
}
```

- 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:

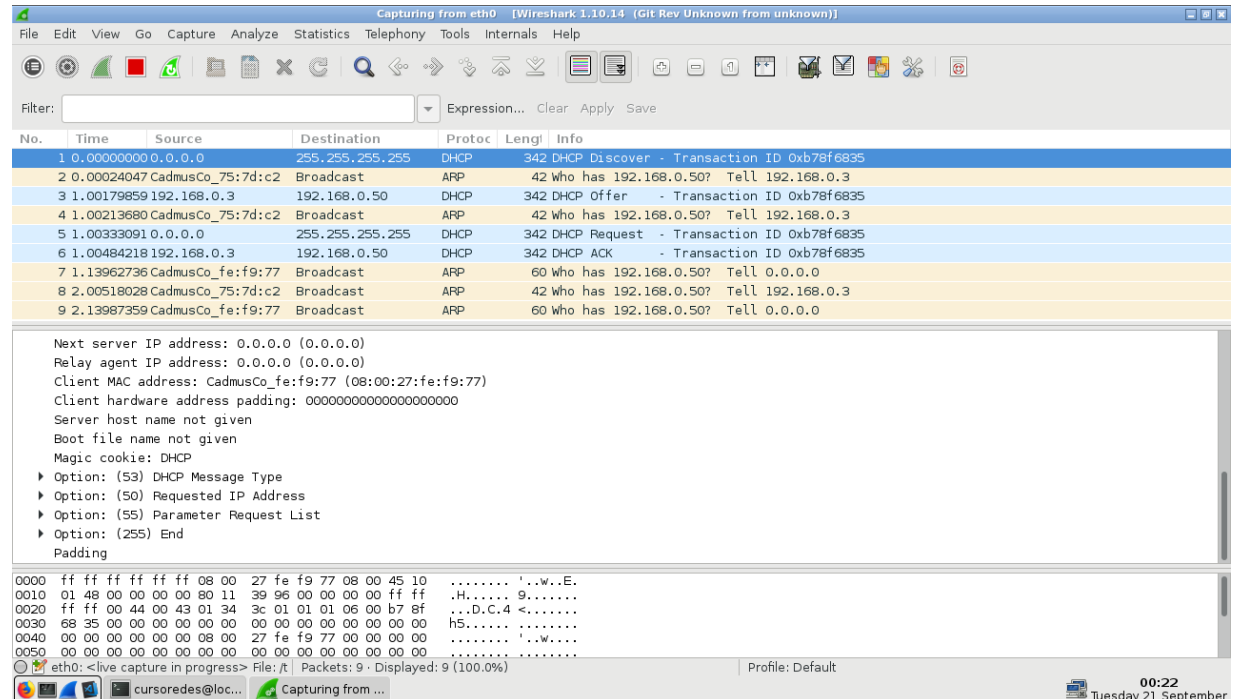
IP Origen	IP Destino	Mensaje DHCP	Opciones DHCP
0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP Discover	53, 50, 55, 255
192.168.0.3	192.168.0.50	DHCP Offer	53, 54, 51, 1, 28, 3, 255
0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP Request	53, 54, 50, 55, 255
192.168.0.3	192.168.0.50	DHCP ACK	53, 54, 51, 1, 28, 3, 255

```
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/eth0/08:00:27:fe:f9:77
Sending on LPF/eth0/08:00:27:fe:f9:77
Sending on Socket/fallback
DHCPDISCOVER on eth0 to 255.255.255.255 port 67 interval 6 (xid=0x35688fb7)
```

*DHCPREQUEST on eth0 to 255.255.255.255 port 67 (xid=0x35688fb7)
 DHCPOFFER from 192.168.0.3
 DHCPACK from 192.168.0.3 (xid=0x35688fb7)
 bound to 192.168.0.50 -- renewal in 19113 seconds.*



Ejercicio 13 [VM4]. Durante el arranque del sistema se pueden configurar automáticamente interfaces según la información almacenada en el disco del servidor (configuración persistente). Consultar el fichero /etc/sysconfig/network-scripts/ifcfg-eth0 de VM4, que configura automáticamente eth0 usando DHCP. Para configuración estática, se usarían 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
```

En VM4:

```
TYPE=Ethernet
BOOTPROTO=dhcp
DEFROUTE=yes
NAME=eth0
DEVICE=eth0
ONBOOT=no
```

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

Ejercicio 14 [VM2, VM4]. Comprobar la configuración persistente con DHCP usando órdenes ifup e ifdown. Verificar la conectividad entre todas las máquinas de las dos redes.

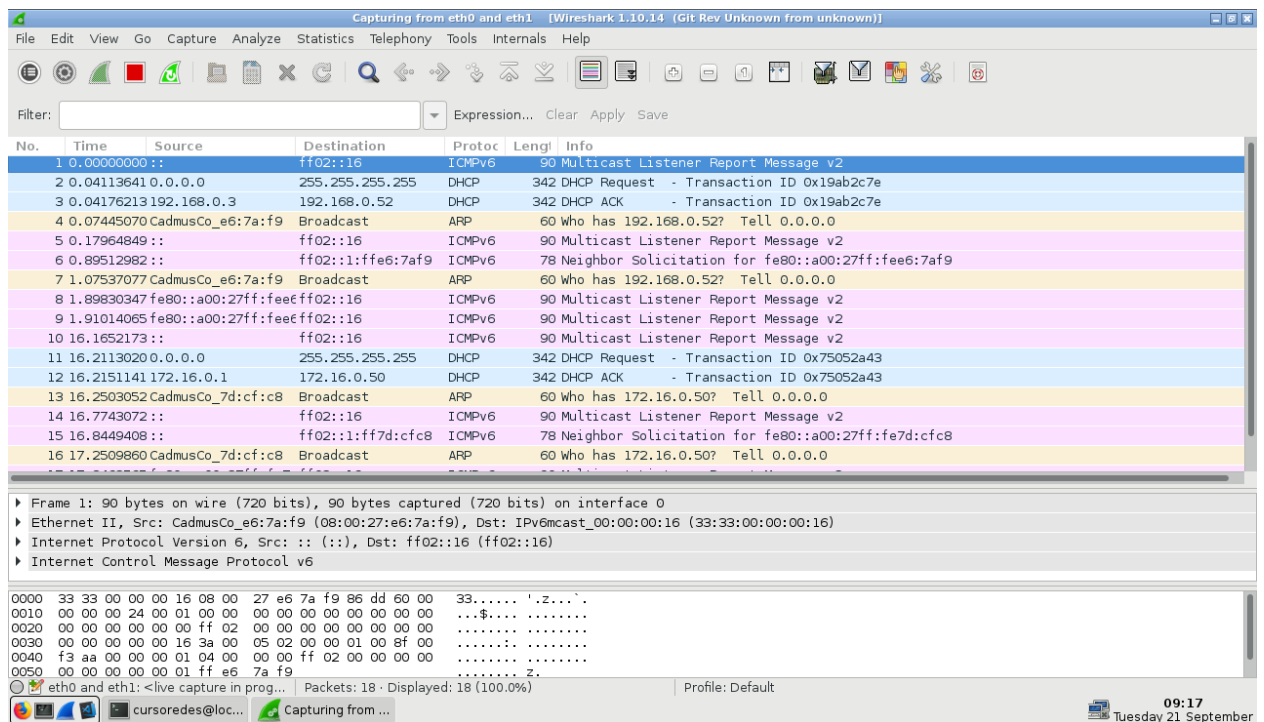
Ifup eth activa la interfaz eth de la máquina donde se ejecute (aquí lo queremos porque se le asignará a esa máquina con esa eth una dir. IP de la subred en la que se encuentra)

Ifdown eth desactiva la interfaz eth

En VM1, VM2 y VM4:

Ifup eth0

En VM3: (no he capturado el de VM1)



Hacemos ip address para ver las IP asignadas

En VM1: 192.168.0.51/24

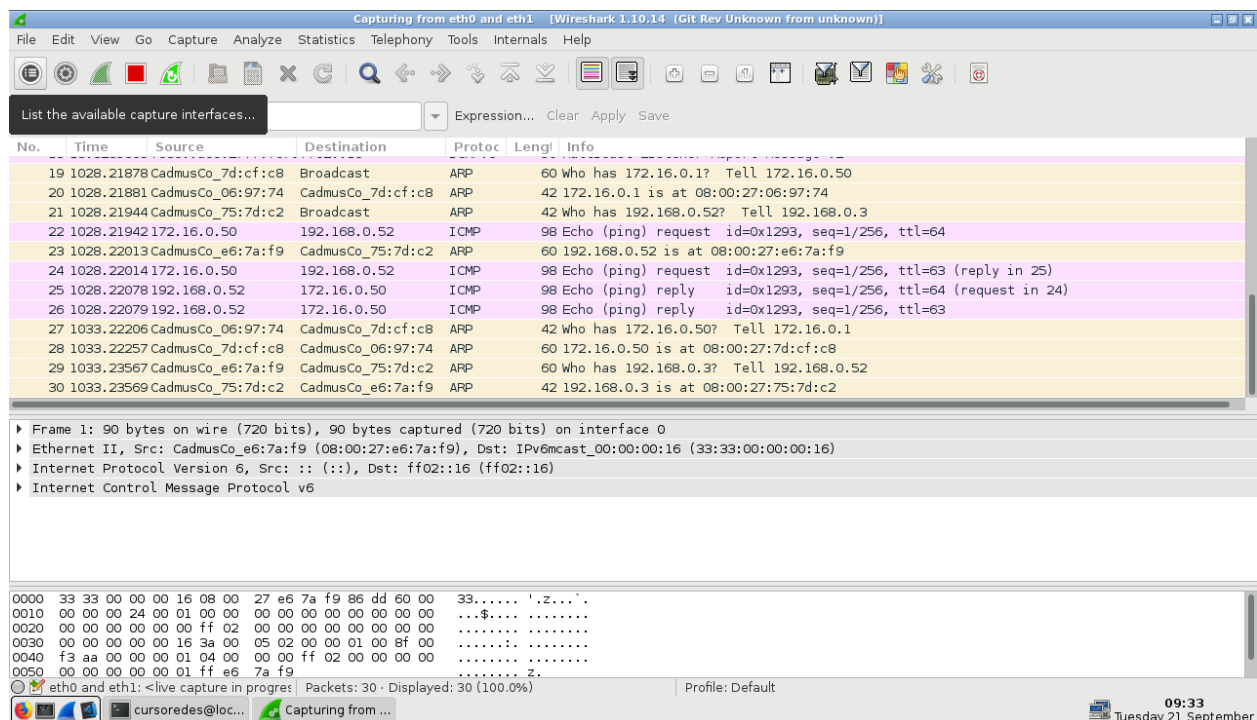
En VM2: 192.168.0.52/24

En VM4: 172.16.0.50/16

Hacemos ping de VM4 a VM2 :

ping -c 1 192.168.0.52

Y vemos en whireshark que se han conectado



Y hacemos ping de VM1 a VM4 :

ping -c 1 172.16.0.50

Y vemos en whireshark que se han conectado (tener en cuenta que la tabla ARP de Router ya no está vacía pues hemos hecho ping antes)

