

# Práctica 1.1. Protocolo IPv4. Servicio DHCP

## Objetivos

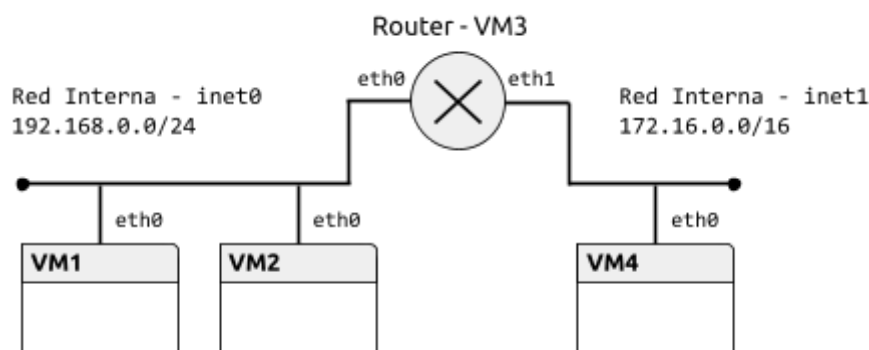
En esta práctica se presentan las herramientas que se utilizarán en la asignatura y se repasan brevemente los aspectos básicos del protocolo IPv4. Además, se analizan las características del protocolo DHCP.

## 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 topología se creará con la utilidad vtopo1, 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.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> ...
```

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 `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`.

*Ejemplo en la máquina 3:*

```
[cursoresdes@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 02:00:00:00:03:00 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
3: eth1: <BROADCAST,MULTICAST> mtu 1500 qdisc noop state DOWN group default qlen 1000
    link/ether 02:00:00:00:03:01 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
[cursoresdes@localhost ~]$ 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 02:00:00:00:03:00 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
```

```
3: eth1: <BROADCAST,MULTICAST> mtu 1500 qdisc noop state DOWN mode DEFAULT group default  
qlen 1000  
link/ether 02:00:00:00:03:01 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`.

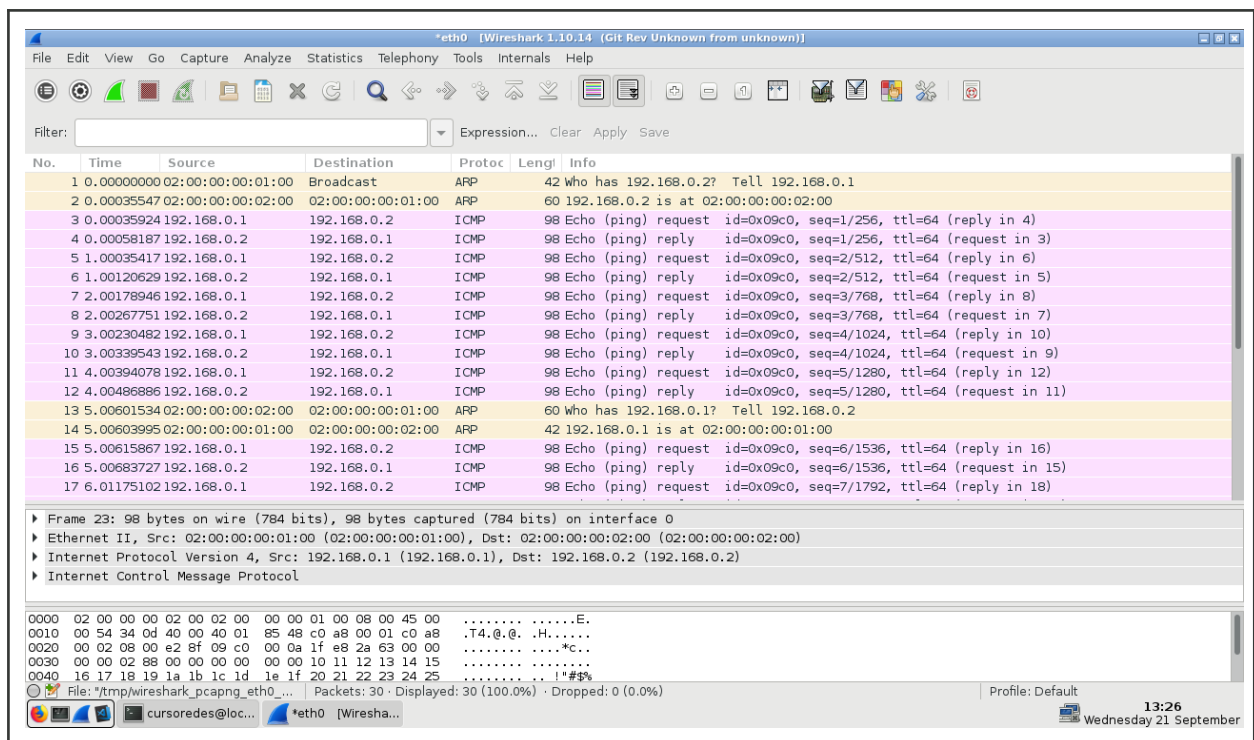
```
ip link set eth0 up  
ip a add 192.168.0.<máquina>/24 dev eth0
```

**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
02:00:00:00:01:00	Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)	IP	192.168.0.1	192.168.0.2	ARP
02:00:00:00:02:00	02:00:00:00:01:00	IP	192.168.0.2	192.168.0.1	ARP
02:00:00:00:01:00	02:00:00:00:02:00	ICMP	192.168.0.1	192.168.0.2	ECHO REQUEST
02:00:00:00:02:00	02:00:00:00:01:00	ICMP	192.168.0.2	192.168.0.1	ECHO 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.

```
[cursoredes@localhost ~]$ 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
```

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

```
[cursoredes@localhost ~]$ ip a add 172.16.0.1/16 dev eth1
[cursoredes@localhost ~]$ ping 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=1.47 ms
64 bytes from 172.16.0.2: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.828 ms
64 bytes from 172.16.0.2: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.738 ms
64 bytes from 172.16.0.2: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.854 ms
64 bytes from 172.16.0.2: icmp_seq=5 ttl=64 time=0.879 ms
^C
--- 172.16.0.2 ping statistics ---
5 packets transmitted, 5 received, 0% packet loss, time 4004ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.738/0.953/1.470/0.265 ms
```

## 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`.

```
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`.

```
ip route add 192.168.0.0/24 via 172.16.0.3 dev eth0
```

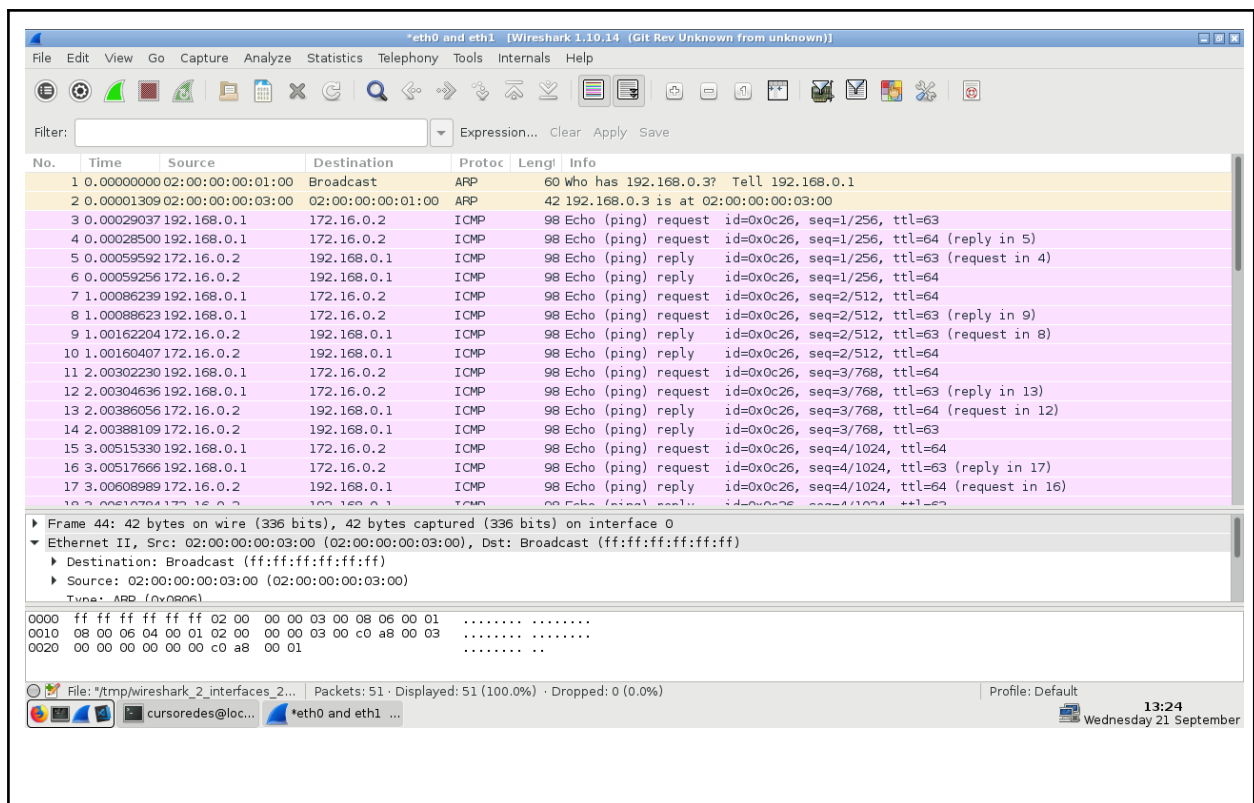
**Ejercicio 9 [VM1, VM4, Router].** Abrir la herramienta Wireshark en Router e iniciar dos capturas, una en cada interfaz de red. Eliminar la tabla ARP en VM1 y Router. Desde VM1, comprobar la conectividad con VM4 usando la orden `ping`. Completar la siguiente tabla para todos los paquetes intercambiados 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	Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)	IP	192.168.0.1	192.168.0.3	ARP
02:00:00:00:03:00	02:00:00:00:01:00	IP	192.168.0.3	192.168.0.1	ARP
02:00:00:00:01:00	02:00:00:00:03:00	ICMP	192.168.0.1	<b>172.16.0.2</b>	ECHO REQUEST
02:00:00:00:03:00	02:00:00:00:01:00	ICMP	<b>172.16.0.2</b>	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
02:00:00:00:03:01	02:00:00:00:04:00	ICMP	192.168.0.1	<b>172.16.0.2</b>	ECHO REQUEST
02:00:00:00:04:00	02:00:00:00:03:01	ICMP	<b>172.16.0.2</b>	192.168.0.1	ECHO REPLY



## 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 192.168.0.50 192.168.0.100;
    option routers 192.168.0.3;
    option broadcast-address 192.168.0.255;
}

subnet 172.16.0.0 netmask 255.255.255.0 {
    range 172.16.0.50 172.16.0.100;
    option routers 172.16.0.1;
    option broadcast-address 192.168.0.255;
}
```

Virn

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

Añadimos estas dos secciones subnet:

```
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 255.255.255.0 {  
    range 172.16.0.50 172.16.0.100;  
    option routers 172.16.0.1;  
    option broadcast-address 192.168.0.255;  
}
```

**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	Length 53
0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP Discover	Length 50
0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP Discover	Length 55
0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP Discover	Length 255

Capturing from eth0 [Wireshark 1.10.14 (Git Rev Unknown from unknown)]						
No.	Time	Source	Destination	Protoc	Lengt	Info
1	0.00000000	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342	DHCP Discover - Transaction ID 0x48fa6c73
2	2.62167538	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342	DHCP Discover - Transaction ID 0x48fa6c73
3	6.94844079	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342	DHCP Discover - Transaction ID 0x48fa6c73
4	15.8407779	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342	DHCP Discover - Transaction ID 0x48fa6c73
5	28.0914034	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342	DHCP Discover - Transaction ID 0x48fa6c73
6	39.6284917	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342	DHCP Discover - Transaction ID 0x48fa6c73
7	366.742076	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342	DHCP Discover - Transaction ID 0xe917f133
8	374.568104	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342	DHCP Discover - Transaction ID 0xe917f133
9	382.373685	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342	DHCP Discover - Transaction ID 0xe917f133
10	396.304547	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342	DHCP Discover - Transaction ID 0xe917f133
11	408.906504	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342	DHCP Discover - Transaction ID 0xe917f133
12	427.025942	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342	DHCP Discover - Transaction ID 0xe917f133

```

  ▶ Bootp flags: 0x0000 (Unicast)
    Client IP address: 0.0.0.0 (0.0.0.0)
    Your (client) IP address: 0.0.0.0 (0.0.0.0)
    Next server IP address: 0.0.0.0 (0.0.0.0)
    Relay agent IP address: 0.0.0.0 (0.0.0.0)
    Client MAC address: 02:00:00:00:01:00 (02:00:00:00:01:00)
    Client hardware address padding: 00000000000000000000
    Server host name not given
    Boot file name not given
    Magic cookie: DHCP
  ▶ Option: (53) DHCP Message Type
  ▶ Option: (50) Requested IP Address
  ▶ Option: (55) Parameter Request List
  ▶ Option: (255) End
0100  00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 .....c. Sc5..2..
0110  00 00 00 00 00 00 63 82 53 63 35 01 01 32 04 0a .....7... y...()*
0120  00 02 0f 37 0d 01 1c 02 79 0f 06 0c 28 29 2a 1a ...w.....
0130  77 03 ff 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 .....
0140  00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 .....
0150  00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 .....

```

Invalid filter: "eth0" is neither a field ... Packets: 12 · Displayed: 12 (100.0%) Profile: Default 12:59 Monday 19 September

**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=noneup eth0
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`.