

# Práctica 1.1. Protocolo IPv4. Servicio DHCP

## Objetivos

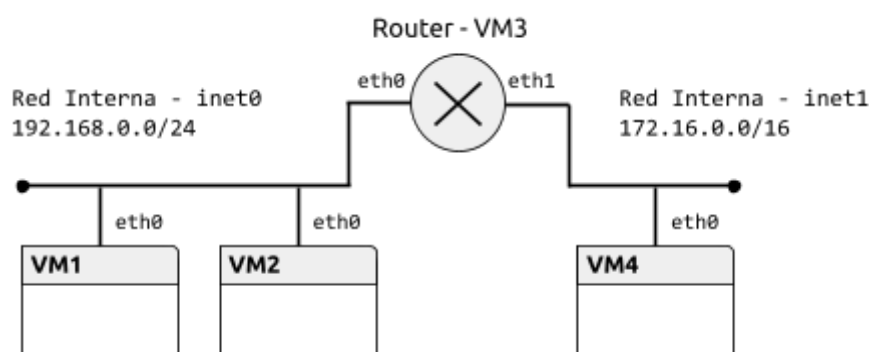
En esta práctica se presentan las herramientas que se utilizarán en la asignatura y se repasan brevemente los aspectos básicos del protocolo IPv4. Además, se analizan las características del protocolo DHCP.

## 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`.

*Copiar los comandos utilizados y su salida.*

```
[cursoresdes@localhost ~]$ ip link show
```

```
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 08:00:27:3c:df:6d brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
```

```
[cursoresdes@localhost ~]$ ip address show
```

```
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 08:00:27:3c:df:6d 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`.

*Copiar los comandos utilizados.*

En todas: `sudo ip link set dev eth0 up`

VM1: `sudo ip address add 192.168.0.1/24 broadcast + dev eth0`

VM2: `sudo ip address add 192.168.0.2/24 broadcast + dev eth0`

Router: `sudo ip address add 192.168.0.10/24 broadcast + 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               |
|-------------------|-------------------|-----------|-------------|-------------|-------------------------------|
| 08:00:27:3c:df:6d | ff:ff:ff:ff:ff:ff | ARP       | 192.168.0.1 | 192.168.0.2 | Pregunta ARP                  |
| 08:00:27:84:f5:bf | 08:00:27:3c:df:6d | ARP       | 192.168.0.2 | 192.168.0.1 | Respuesta ARP                 |
| 08:00:27:3c:df:6d | 08:00:27:84:f5:bf | ICMP      | 192.168.0.1 | 192.168.0.2 | Type 8, Code 0 (echo request) |
| 08:00:27:84:f5:bf | 08:00:27:3c:df:6d | ICMP      | 192.168.0.2 | 192.168.0.1 | Type 0, Code 0 (echo reply)   |

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

|   |             |                   |                   |      |  |
|---|-------------|-------------------|-------------------|------|--|
| 1 | 0.000000000 | CadmusCo_3c:df:6d | Broadcast         | ARP  | 42 Who has 192.168.0.2? Tell 192.168.0.1                         |
| 2 | 0.001479167 | CadmusCo_84:f5:bf | CadmusCo_3c:df:6d | ARP  | 60 192.168.0.2 is at 08:00:27:84:f5:bf                           |
| 3 | 0.001490328 | 192.168.0.1       | 192.168.0.2       | ICMP | 98 Echo (ping) request id=0x0910, seq=1/256, ttl=64 (reply in 4) |
| 4 | 0.002477208 | 192.168.0.2       | 192.168.0.1       | ICMP | 98 Echo (ping) reply id=0x0910, seq=1/256, ttl=64 (request in 3) |

**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.

*Copiar la salida del comando `ip neigh` y describir el estado de cada entrada.*

VM1: `[cursoredes@localhost ~]$ ip neigh`  
192.168.0.2 dev eth0 lladdr 08:00:27:84:f5:bf STALE

VM2: `[cursoredes@localhost ~]$ ip neigh`  
192.168.0.1 dev eth0 lladdr 08:00:27:3c:df:6d STALE

Estas entradas significan que a la máquina con IP 192.168.0.2 (o 192.168.0.1 en el caso de VM2), a la cual se llega a través de la interfaz `eth0`, le corresponde la dirección MAC del campo `lladdr`. El campo `STALE` significa que la entrada es válida pero sospechosa.

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

*Copiar los comandos utilizados y la salida del comando ping.*

VM4: sudo ip address add 172.16.0.1/16 broadcast + dev eth0

Router: sudo ip address add 172.16.0.10/16 broadcast + dev eth1

Desde VM4: [cursoredes@localhost ~]\$ ping 172.16.0.10

PING 172.16.0.10 (172.16.0.10) 56(84) bytes of data.

64 bytes from 172.16.0.10: icmp\_seq=1 ttl=64 time=1.95 ms

64 bytes from 172.16.0.10: icmp\_seq=2 ttl=64 time=1.22 ms

^C

--- 172.16.0.10 ping statistics ---

2 packets transmitted, 2 received, 0% packet loss, time 1002ms

rtt min/avg/max/mdev = 1.220/1.588/1.956/0.368 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].** Añadir Router como encaminador por defecto para VM1 y VM2. Usar el comando ip route.

*Copiar el comando utilizado.*

sudo ip route add default via 192.168.0.10

**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.

*Adjuntar el comando utilizado*

sudo ip route add 192.168.0.0/24 via 172.16.0.10

**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)

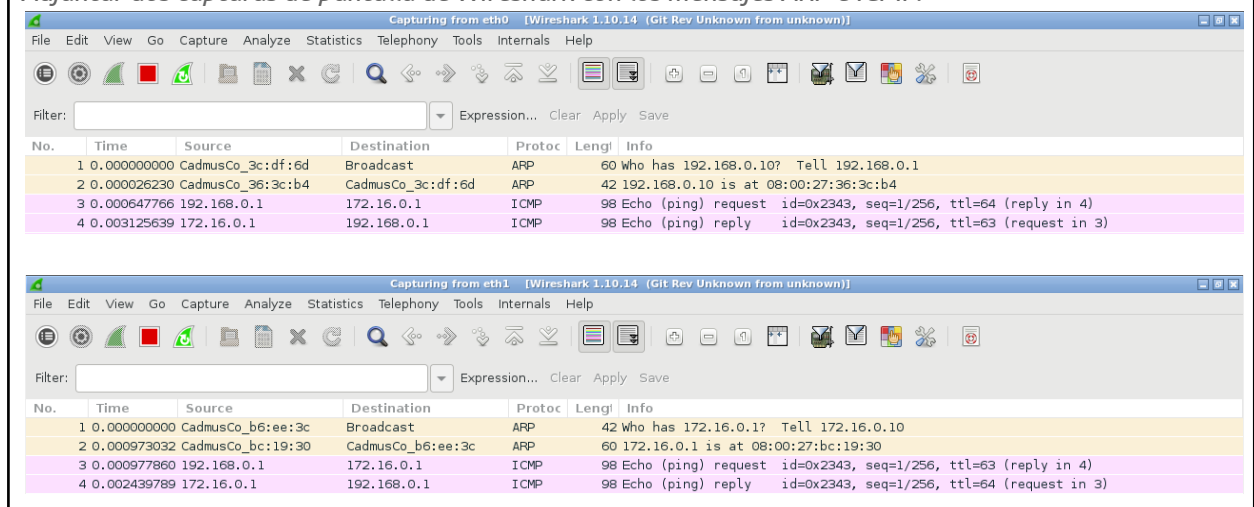
| MAC origen        | MAC destino       | Protocolo | IP origen   | IP destino   | Tipo de mensaje |
|-------------------|-------------------|-----------|-------------|--------------|-----------------|
| 08:00:27:3c:df:6d | ff:ff:ff:ff:ff:ff | ARP       | 192.168.0.1 | 192.168.0.10 | Pregunta ARP    |

|                   |                   |      |              |             |                               |
|-------------------|-------------------|------|--------------|-------------|-------------------------------|
| 08:00:27:36:3c:b4 | 08:00:27:3c:df:6d | ARP  | 192.168.0.10 | 192.168.0.1 | Respuesta ARP                 |
| 08:00:27:3c:df:6d | 08:00:27:36:3c:b4 | ICMP | 192.168.0.1  | 172.16.0.1  | Type 8, Code 0 (echo request) |
| 08:00:27:36:3c:b4 | 08:00:27:3c:df:6d | ICMP | 172.16.0.1   | 192.168.0.1 | Type 0, Code 0 (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:b6:ee:3c | ff:ff:ff:ff:ff:ff | ARP       | 172.16.0.10 | 172.16.0.1  | Pregunta ARP                  |
| 08:00:27:bc:19:30 | 08:00:27:b6:ee:3c | ARP       | 172.16.0.1  | 172.16.0.10 | Respuesta ARP                 |
| 08:00:27:b6:ee:3c | 08:00:27:bc:19:30 | ICMP      | 192.168.0.1 | 172.16.0.1  | Type 8, Code 0 (echo request) |
| 08:00:27:bc:19:30 | 08:00:27:b6:ee:3c | ICMP      | 172.16.0.1  | 192.168.0.1 | Type 0, Code 0 (echo reply)   |

*Adjuntar dos capturas de pantalla de Wireshark con los mensajes ARP e ICMP.*



## 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;
}
```

- 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 (DHCP Message Type), 50 (Requested IP Address), 55 (Parameter Request List), 255 (End)   |
| 192.168.0.10 | 192.168.0.50    | DHCP Offer    | 53 (DHCP Message Type), 54 (DHCP Server Identifier), 51 (IP Address Lease Time), 1 (Subnet Mask), 28 (Broadcast Address), 3 (Router), 255 (End) |
| 0.0.0.0      | 255.255.255.255 | DHCP Request  | 53 (DHCP Message Type), 54 (DHCP Server Identifier), 50 (Requested IP Address), 55 (Parameter Request List), 255 (End)                          |
| 192.168.0.10 | 192.168.0.50    | DHCP ACK      | 53 (DHCP Message Type), 54 (DHCP Server Identifier), 51 (IP Address Lease Time), 1 (Subnet Mask), 28 (Broadcast Address), 3 (Router), 255 (End) |

*Copiar la salida del comando dhclient y una captura de pantalla de Wireshark con los mensajes DHCP.*

```
[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/eth0/08:00:27:3c:df:6d
Sending on LPF/eth0/08:00:27:3c:df:6d
Sending on Socket/fallback
DHCPDISCOVER on eth0 to 255.255.255.255 port 67 interval 5 (xid=0x414a0076)
DHCPRREQUEST on eth0 to 255.255.255.255 port 67 (xid=0x414a0076)
DHCPOFFER from 192.168.0.10
DHCPACK from 192.168.0.10 (xid=0x414a0076)
bound to 192.168.0.50 -- renewal in 19042 seconds.
```

|   |             |                   |                 |      |   |
|---|-------------|-------------------|-----------------|------|---|
| 1 | 0.00000000  | 0.0.0.0           | 255.255.255.255 | DHCP | 342 DHCP Discover - Transaction ID 0x76004a41 |
| 2 | 0.000510642 | CadmusCo_36:3c:b4 | Broadcast       | ARP  | 42 who has 192.168.0.50? Tell 192.168.0.10    |
| 3 | 1.001791425 | CadmusCo_36:3c:b4 | Broadcast       | ARP  | 42 who has 192.168.0.50? Tell 192.168.0.10    |
| 4 | 1.004167951 | 192.168.0.10      | 192.168.0.50    | DHCP | 342 DHCP Offer - Transaction ID 0x76004a41    |
| 5 | 1.007160516 | 0.0.0.0           | 255.255.255.255 | DHCP | 342 DHCP Request - Transaction ID 0x76004a41  |
| 6 | 1.034112137 | 192.168.0.10      | 192.168.0.50    | DHCP | 342 DHCP ACK - Transaction ID 0x76004a41      |

**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> 172.16.0.1
PREFIX=<tamaño del prefijo de red> 16
GATEWAY=<dirección IP estática del encaminador por defecto (si existe)> 172.16.0.10
DEVICE=eth0
```

**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.