

# Práctica 1.1. Protocolo IPv4. Servicio DHCP

## Objetivos

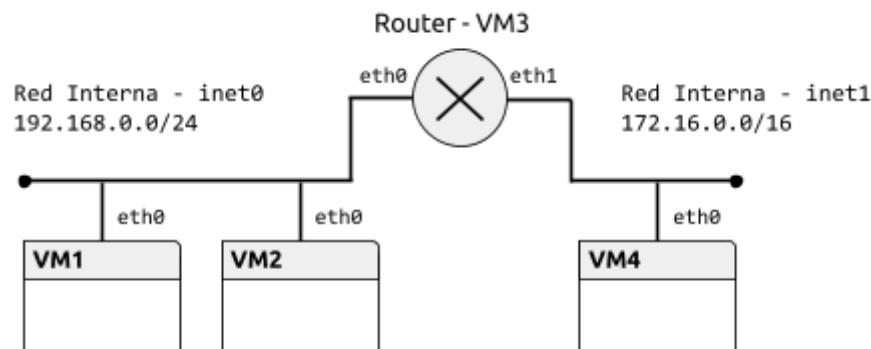
En esta práctica se presentan las herramientas que se utilizarán en la asignatura y se repasan brevemente los aspectos básicos del protocolo IPv4. Además, se analizan las características del protocolo DHCP.

## 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`.

*Tiene la dirección ip: 127.0.0.1/8*

*Tiene la dirección MAC: 08:00:27:5a:3f:05*

*Se observa mediante el comando `ip address`, cuya salida es:*

```
[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 08:00:27:5a:3f:05 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:  
`ip address add 192.168.0.1/24 dev eth0`  
`ip link set dev eth0 up`

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

En Router  
`ip address add 192.168.0.3/24 dev eth0`  
`ip link set dev 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
08:00:27:5a:3f:05	ff:ff:ff:ff:ff:ff	ARP	192.168.0.1	192.168.0.2	Pregunta ARP
08:00:27:51:cf:f9	08:00:27:5a:3f:05	ARP	192.168.0.2	192.168.0.1	Respuesta ARP
08:00:27:5a:3f:05	08:00:27:51:cf:f9	ICMP	192.168.0.1	192.168.0.2	Echo Request
08:00:27:51:cf:f9	08:00:27:5a:3f:05	ICMP	192.168.0.2	192.168.0.1	Echo Reply

No.	Time	Source	Destination	Protoc	Leng	Info
1	0.00000000	CadmusCo_5a:3f:05	Broadcast	ARP	42	Who has 192.168.0.2? Tell 19
2	0.00065925	CadmusCo_51:cf:f9	CadmusCo_5a:3f:05	ARP	60	192.168.0.2 is at 08:00:27:51
3	0.00067195	192.168.0.1	192.168.0.2	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x236
4	0.00111061	192.168.0.2	192.168.0.1	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x236

**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, debe conocer la dirección ip y MAC de VM2:  
192.168.0.2 dev eth0 lladdr 08:00:27:51:cf:f9 STALE

En VM2 al contrario:  
192.168.0.1 dev eth0 lladdr 08:00:27:5a:3f:05 STALE

STALE significa que ARP response no llegó en el tiempo esperado

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

En Router:  
ip address add 172.16.0.1/16 dev eth1  
ip link set dev eth1 up

En VM4:  
ip address add 172.16.0.2/16 dev eth0  
ip link set dev eth0 up

ping -c 1 172.16.0.1 escrito desde VM4, cuya salida ha sido:

```
[cursoredes@localhost ~]$ ping -c 1 172.16.0.1
PING 172.16.0.1 (172.16.0.1) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 172.16.0.1: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.672 ms
```

```
--- 172.16.0.1 ping statistics ---
1 packets transmitted, 1 received, 0% packet loss, time 0ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.672/0.672/0.672/0.000 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`.

En ambas MV se escribe el siguiente comando:  
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
08:00:27:5a:3f:05	ff:ff:ff:ff:ff:ff	ARP	192.168.0.1	192.168.0.3	Pregunta ARP
08:00:27:6d:33:25	08:00:27:5a:3f:05	ARP	192.168.0.3	192.168.0.1	Respuesta ARP
08:00:27:5a:3f:05	08:00:27:6d:33:25	ICMP	192.168.0.1	172.16.0.2	Echo Request
08:00:27:6d:33:25	08:00:27:5a:3f:05	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:d4:d4:14	ff:ff:ff:ff:ff:ff	ARP	172.16.0.1	172.16.0.2	Pregunta ARP
08:00:27:93:0c:84	08:00:27:d4:dd:14	ARP	172.16.0.2	172.16.0.1	Respuesta ARP
08:00:27:d4:d4:14	08:00:27:93:0c:84	ICMP	192.168.0.1	172.16.0.2	Echo request
08:00:27:93:0c:84	08:00:27:d4:d4:14	ICMP	172.16.0.2	192.168.0.1	Echo Reply

*Ambas interfaces recogidas en la misma captura de WireShark*

No.	Time	Source	Destination	Protoc	Leng	Info
1	0.00000000	CadmusCo_5a:3f:05	Broadcast	ARP	60	Who has 192.168.0.3? Tell 19
2	0.00003230	CadmusCo_6d:33:25	CadmusCo_5a:3f:05	ARP	42	192.168.0.3 is at 08:00:27:6d
3	0.00060706	CadmusCo_d4:dd:14	Broadcast	ARP	42	Who has 172.16.0.2? Tell 172
4	0.00058660	192.168.0.1	172.16.0.2	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x24d
5	0.00138462	CadmusCo_93:0c:84	CadmusCo_d4:dd:14	ARP	60	172.16.0.2 is at 08:00:27:93:
6	0.00139623	192.168.0.1	172.16.0.2	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x24d
7	0.00203196	172.16.0.2	192.168.0.1	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x24d
8	0.00204589	172.16.0.2	192.168.0.1	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x24d
9	5.00487299	CadmusCo_93:0c:84	CadmusCo_d4:dd:14	ARP	60	Who has 172.16.0.1? Tell 172
10	5.00489847	CadmusCo_d4:dd:14	CadmusCo_93:0c:84	ARP	42	172.16.0.1 is at 08:00:27:d4:
11	5.01928854	CadmusCo_6d:33:25	CadmusCo_5a:3f:05	ARP	42	Who has 192.168.0.1? Tell 19
12	5.01990804	CadmusCo_5a:3f:05	CadmusCo_6d:33:25	ARP	60	192.168.0.1 is at 08:00:27:5a

▶ Frame 1: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits) on interface 0

▶ Ethernet II, Src: CadmusCo\_5a:3f:05 (08:00:27:5a:3f:05), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)

```

0000  ff ff ff ff ff ff 08 00 27 5a 3f 05 08 06 00 01  ..... 'Z?.....
0010  08 00 06 04 00 01 08 00 27 5a 3f 05 c0 a8 00 01  ..... 'Z?.....
0020  00 00 00 00 00 00 c0 a8 00 03 00 00 00 00 00 00  .....
0030  00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00  .....

```

Capturing from eth0 and eth1 [Wireshark 1.10.14 (Git Rev Unknown from unknown)]

eth0 and eth1: <live capture in progress>

## 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 255.255.0.0 {
    range 172.16.0.50 172.16.0.100;
    option routers 172.16.0.1;
    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	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

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/eth0/08:00:27:5a:3f:05  
 Sending on LPF/eth0/08:00:27:5a:3f:05  
 Sending on Socket/fallback  
 DHCPREQUEST on eth0 to 255.255.255.255 port 67 (xid=0x7fc849eb)  
 DHCPREQUEST on eth0 to 255.255.255.255 port 67 (xid=0x7fc849eb)  
 DHCPACK from 192.168.0.3 (xid=0x7fc849eb)  
 bound to 192.168.0.50 -- renewal in 21033 seconds.

No.	Time	Source	Destination	Protoc	Lengt	Info
1	0.00000000	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342	DHCP Discover - Transaction I
2	0.00017022	192.168.0.3	192.168.0.50	ICMP	62	Echo (ping) request id=0x91f
3	1.00183760	192.168.0.3	192.168.0.50	DHCP	342	DHCP Offer - Transaction I
4	1.00312792	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342	DHCP Request - Transaction I
5	1.01418890	192.168.0.3	192.168.0.50	DHCP	342	DHCP ACK - Transaction I
6	1.05797659	CadmusCo_5a:3f:05	Broadcast	ARP	60	Who has 192.168.0.50? Tell 0
7	2.05958294	CadmusCo_5a:3f:05	Broadcast	ARP	60	Who has 192.168.0.50? Tell 0
8	5.00963499	CadmusCo_6d:33:25	CadmusCo_5a:3f:05	ARP	42	Who has 192.168.0.50? Tell 1
9	5.01058709	CadmusCo_5a:3f:05	CadmusCo_6d:33:25	ARP	60	192.168.0.50 is at 08:00:27:5

**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
```

**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.