

Práctica 1.1. Protocolo IPv4. Servicio DHCP

Nota: Por accidente usé la red 192.168.1.0/24 en vez de 192.168.0.0/24

Objetivos

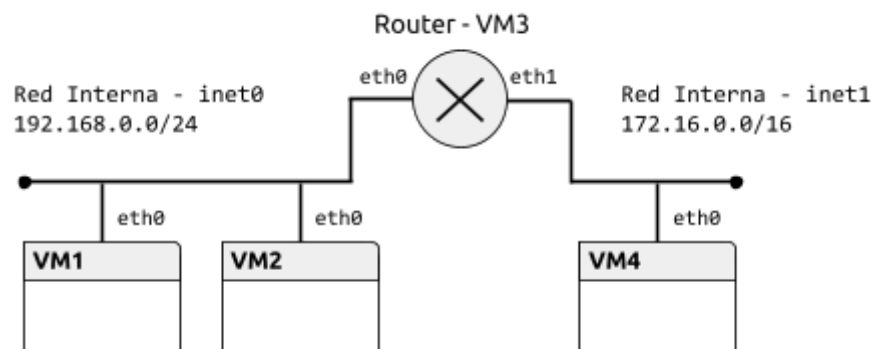
En esta práctica se presentan las herramientas que se utilizarán en la asignatura y se repasan brevemente los aspectos básicos del protocolo IPv4. Además, se analizan las características del protocolo DHCP.

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 `curso redes`, con contraseña `curso redes`.

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`.

```
vm1>ip address
...
2: eth0: <BROADCAST,MULTICAST> mtu 1500 qdisc pfifo_fast state DOWN group default qlen 1000
   link/ether 08:00:27:bc:a8:bd brd ff:ff:ff:ff:ff:ff

vm1>ip link
...
2: eth0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc pfifo_fast state UP mode
   DEFAULT group default qlen 1000
   link/ether 08:00:27:bc:a8:bd 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> sudo -s
vm1> ip address add 191.168.1.2/24 dev eth0
vm1> ip link set dev eth0 up
vm1> ip address
...
```

```

2: eth0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc pfifo_fast state UP group default
qlen 1000
    link/ether 08:00:27:bc:a8:bd brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
    inet 192.168.1.2/24 scope global eth0
        valid_lft forever preferred_lft forever
    inet6 fe80::a00:27ff:febc:a8bd/64 scope link
        valid_lft forever preferred_lft forever

vm2> sudo -s
vm2> ip address add 192.168.1.3/24 dev eth0
vm2> ip link set dev eth0 up
vm2> ip address
...
2: eth0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc pfifo_fast state UP group default
qlen 1000
    link/ether 08:00:27:95:20:9c brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
    inet 192.168.1.3/24 scope global eth0
        valid_lft forever preferred_lft forever
    inet6 fe80::a00:27ff:fe95:209c/64 scope link
        valid_lft forever preferred_lft forever

router> sudo -s
router> ip address add 192.168.1.1/24 dev eth0
router> ip link set dev eth0 up
router> ip address
...
2: eth0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc pfifo_fast state UP group default
qlen 1000
    link/ether 08:00:27:63:dc:54 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
    inet 192.168.1.1/24 scope global eth0
        valid_lft forever preferred_lft forever
    inet6 fe80::a00:27ff:fe63:dc54/64 scope link
        valid_lft forever preferred_lft forever
3: eth1: <BROADCAST,MULTICAST> mtu 1500 qdisc noop state DOWN group default qlen 1000
    link/ether 08:00:27:2a:bc:bb brd ff:ff:ff:ff:ff:ff

```

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:bc:a8:bd	ff:ff:ff:ff:ff:ff	ARP	192.168.1.2	192.168.1.3	ARP request(1)
08:00:27:95:20:9c	08:00:27:bc:a8:bd	ARP	192.168.1.3	192.168.1.2	ARP reply(2)
08:00:27:bc:a8:bd	08:00:27:95:20:9c	ICMP	192.168.1.2	192.168.1.3	Echo request(8)
08:00:27:95:20:9c	08:00:27:bc:a8:bd	ICMP	192.168.1.3	192.168.1.2	Echo reply(0)

No.	Time	Source	Destination	Protoc	Length	Info
1	0.00000000	CadmusCo_bc:a8:bd	Broadcast	ARP	42	Who has 192.168.1.3? Tell 192.168.1.2
2	0.00016474	CadmusCo_95:20:9c	CadmusCo_bc:a8:bd	ARP	60	192.168.1.3 is at 08:00:27:95:20:9c
3	0.00016875	192.168.1.2	192.168.1.3	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x0c49, seq=1/256, ttl=64 (reply in 4)
4	0.00029007	192.168.1.3	192.168.1.2	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x0c49, 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.

```
vm1>ip neigh
192.168.1.3 dev eth0 lladdr 08:00:27:95:20:9c REACHABLE
```

```
vm2>ip neigh
192.168.1.2 dev eth0 lladdr 08:00:27:bc:a8:bd STALE
```

En **vm1** tenemos en la tabla ARP que la dir IP 192.168.1.3 corresponde a la MAC 08:00:27:95:20:9c. Además, es REACHABLE, es decir, la entrada está activa y es utilizable todavía.

En **vm2** tenemos en la tabla ARP que la dir IP 192.168.1.2 corresponde a la MAC 08:00:27:bc:a8:bd. Esta entrada es STALE, la entrada está activa pero es "sospechosa".

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

```
router> sudo -s
router> ip address add 172.16.0.1/16 dev eth1
router> ip link set dev eth1 up

vm4> sudo -s
vm4> ip address add 172.16.0.2/16 dev eth0
vm4> ip link set dev eth0 up

router> ping 172.16.0.2 -c 1
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=0.328 ms
--- 172.16.0.2 ping statistics ---
1 packets transmitted, 1 received, 0% packet loss, time 0ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.328/0.328/0.328/0.000 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`.

```
vm1>ip route add default via 192.168.1.1
vm1>ip route
default via 192.168.1.1 dev eth0
192.168.1.0/24 dev eth0 proto kernel scope link src 192.168.1.2

vm2>ip route add default via 192.168.1.1
vm2>ip route
default via 192.168.1.1 dev eth0
192.168.1.0/24 dev eth0 proto kernel scope link src 192.168.1.3
```

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`.

```
vm4>ip route add 192.168.1.0/24 via 172.16.0.1
vm4>ip route
172.16.0.0/16 dev eth0 proto kernel scope link src 172.16.0.2
192.168.1.0/24 via 172.16.0.1 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
08:00:27:bc:a8:bd	ff:ff:ff:ff:ff:ff	ARP	192.168.1.2	192.168.1.1	ARP request(1)
08:00:27:63:dc:54	08:00:27:bc:a8:bd	ARP	192.168.1.1	192.168.1.2	ARP reply(2)

08:00:27:bc:a8:bd	08:00:27:63:dc:54	ICMP	192.168.1.2	172.16.0.2	Echo request(8)
08:00:27:63:dc:54	08:00:27:bc:a8:bd	ICMP	172.16.0.2	192.168.1.2	Echo reply(0)

Red 172.16.0.0/16 - Router (eth1)

MAC origen	MAC destino	Protocolo	IP origen	IP destino	Tipo de mensaje
08:00:27:2a:bc:bb	ff:ff:ff:ff:ff:ff	ARP	172.16.0.1	172.16.0.2	ARP request(1)
08:00:27:d2:ea:4d	08:00:27:2a:bc:bb	ARP	172.16.0.2	172.16.0.1	ARP reply(2)
08:00:27:2a:bc:bb	08:00:27:d2:ea:4d	ICMP	192.168.1.2	172.16.0.2	Echo request(8)
08:00:27:d2:ea:4d	08:00:27:2a:bc:bb	ICMP	172.16.0.2	192.168.1.2	Echo reply(0)

No.	Time	Source	Destination	Protoc	Lengl	Info
1	0.00000000	CadmusCo_bc:a8:bd	Broadcast	ARP	60	Who has 192.168.1.1? Tell 192.168.1.2
2	0.00001522	CadmusCo_63:dc:54	CadmusCo_bc:a8:bd	ARP	42	192.168.1.1 is at 08:00:27:63:dc:54
3	0.00010721	192.168.1.2	172.16.0.2	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x2880, seq=1/256, ttl=64
4	0.00011369	CadmusCo_2a:bc:bb	Broadcast	ARP	42	Who has 172.16.0.2? Tell 172.16.0.1
5	0.00023264	CadmusCo_d2:ea:4d	CadmusCo_2a:bc:bb	ARP	60	172.16.0.2 is at 08:00:27:d2:ea:4d
6	0.00023642	192.168.1.2	172.16.0.2	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x2880, seq=1/256, ttl=63 (reply in 7)
7	0.00030499	172.16.0.2	192.168.1.2	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x2880, seq=1/256, ttl=64 (request in 6)
8	0.00030764	172.16.0.2	192.168.1.2	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x2880, seq=1/256, ttl=63

Solamente una captura de pantalla porque he capturado el envío de las dos interfaces a la vez. Por suerte los mensajes han aparecido en Wireshark en orden así que están muy claros.

Mensajes recibidos en eth0: 1,2,3,8
Mensajes recibidos en eth1: 4,5,6,7

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	<i>Discover</i>	<i>53,50,55,255</i>
192.168.1.1	192.168.1.52	<i>Offer</i>	<i>53,54,51,1,20,3,255</i>
0.0.0.0	255.255.255.255	<i>Request</i>	<i>53,54,50,55,255</i>
192.168.1.1	192.168.1.52	<i>ACK</i>	<i>53,54,51,1,28,3,255</i>

```

Listening on LPF/eth0/08:00:27:bc:a8:bd
Sending on LPF/eth0/08:00:27:bc:a8:bd
Sending on Socket/fallback

```

```

DHCPDISCOVER on eth0 to 255.255.255.255 port 67 interval 4 (xid=0x15279161)

```

```

DHCPRREQUEST on eth0 to 255.255.255.255 port 67 (xid=0x15279161)

```

```

DHCPOFFER from 192.168.1.1

```

```

DHCPACK from 192.168.1.1 (xid=0x15279161)

```

```

bound to 192.168.1.50 -- renewal in 20777 seconds.

```

4	3.78029371	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342 DHCP Discover - Transaction ID 0x3e0d5910
5	3.78044231				42 <Ignored>
6	4.78225968				42 <Ignored>
7	4.78242823	192.168.1.1	192.168.1.52	DHCP	342 DHCP Offer - Transaction ID 0x3e0d5910
8	4.78279934	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342 DHCP Request - Transaction ID 0x3e0d5910
9	4.78345576	192.168.1.1	192.168.1.52	DHCP	342 DHCP ACK - Transaction ID 0x3e0d5910

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.