

Práctica 1.1. Protocolo IPv4. Servicio DHCP

Objetivos

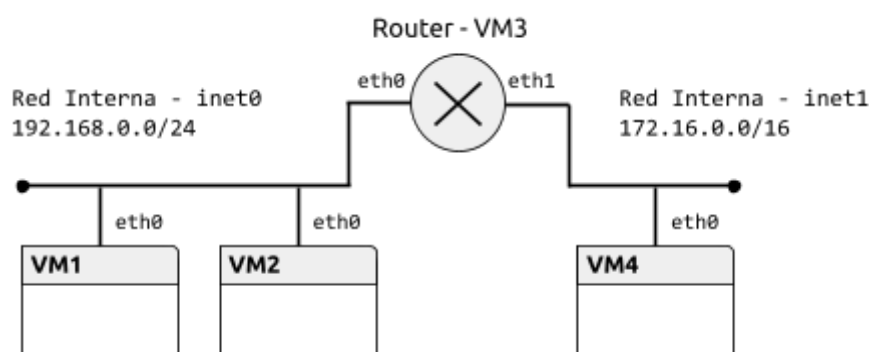
En esta práctica se presentan las herramientas que se utilizarán en la asignatura y se repasan brevemente los aspectos básicos del protocolo IPv4. Además, se analizan las características del protocolo DHCP.

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 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:ad:80:17 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:ad:80:17 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 dev eth0 up (VM1, VM2 y Router)
ip address add 192.168.0.1/24 dev eth0 (VM1)
```

```
ip address add 192.168.0.2/24 dev eth0 (VM2)
ip address add 192.168.0.3/24 dev eth0 (Router)
```

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
MAC VM1	BROADCAST	ARP	(No usa IP)	(No usa IP)	Who has IP VM2?
MAC VM2	MAC VM1	ARP	(No usa IP)	(No usa IP)	IP VM2 is at MAC VM2
MAC VM1	MAC VM2	ICMP	IP VM1	IP VM2	Echo (Ping) Request 8
MAC VM2	MAC VM1	ICMP	IP VM2	IP VM1	Echo (Ping) Reply 0

Time	Source	Destination	Protoc	Lengt	Info
0.000000000	CadmusCo_ad:80:17	Broadcast	ARP	42	Who has 192.168.0.2? Tell 192.168.0.1
0.000165239	CadmusCo_78:8c:12	CadmusCo_ad:80:17	ARP	60	192.168.0.2 is at 08:00:27:78:8c:12
0.000169419	192.168.0.1	192.168.0.2	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x07c8, seq=0
0.000246713	192.168.0.2	192.168.0.1	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x07c8, seq=8

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.

```
ip neigh
192.168.0.3 dev eth0 lladdr 08:00:27:ec:9b:b5 STALE
192.168.0.2 dev eth0 lladdr 08:00:27:78:8c:12 REACHABLE
```

La entrada REACHABLE se ha creado y verificado (convertido en reachable) con el ping, seguirá en ese estado hasta que se acabe el tiempo de "alcanzabilidad".

La otra entrada se ha creado automáticamente por lo que es STALE (o sospechosa).

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

```
ip link set dev eth1 up (Router)
ip address add 172.16.0.2/16 dev eth1 (Router)
ip link set dev eth0 up (VM4)
ip address add 172.16.0.1/16 dev eth0 (VM4)
```

```
ping 172.16.0.2 -c 1 (VM4)
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=0.355 ms

--- 172.16.0.2 ping statistics ---
1 packets transmitted, 1 received, 0% packet loss, time 0ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.355/0.355/0.355/0.000 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`.

```
ip route add default via 192.168.0.3 (VM1 y VM2)
```

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 172.16.0.2
```

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
MAC VM1	BROADCAST	ARP	(No usa IP)	(No usa IP)	Who has IP Router?
MAC Router	MAC VM1	ARP	(No usa IP)	(No usa IP)	IP Router is at MAC Router
MAC VM1	MAC Router	ICMP	IP VM1	IP VM4	Echo (Ping) Request 8
MAC Router	MAC VM1	ICMP	IP VM4	IP VM1	Echo (Ping) Reply 0

Red 172.16.0.0/16 - Router (eth1)

MAC origen	MAC destino	Protocolo	IP origen	IP destino	Tipo de mensaje
MAC Router	MAC VM4	ICMP	IP VM1	IP VM4	Echo (Ping) Request 8

MAC VM4	BROADCAST	ARP	(No usa IP)	(No usa IP)	Who has IP Router?
MAC Router	MAC VM4	ARP	(No usa IP)	(No usa IP)	IP Router is at MAC Router
MAC VM4	MAC Router	ICMP	IP VM4	IP VM1	Echo (Ping) Reply 0

Captura eth0

Time	Source	Destination	Protoc	Lengi	Info
0.00000000	CadmusCo_ad:80:17	Broadcast	ARP	60	who has 192.168.0.3? Tell 192.168.0.1
0.00001132	CadmusCo_ec:9b:b5	CadmusCo_ad:80:17	ARP	42	192.168.0.3 is at 08:00:27:ec:9b:b5
0.00010058	192.168.0.1	172.16.0.1	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x09c2, seq=0
0.00034986	172.16.0.1	192.168.0.1	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x09c2, seq=0

Captura eth1

Time	Source	Destination	Protoc	Lengi	Info
0.00000000	192.168.0.1	172.16.0.1	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x09c2, seq=0
0.00014895	CadmusCo_8d:3a:4d	Broadcast	ARP	60	Who has 172.16.0.2? Tell 172.16.0.1
0.00016465	CadmusCo_d2:e9:f1	CadmusCo_8d:3a:4d	ARP	42	172.16.0.2 is at 08:00:27:d2:e9:f1
0.00023971	172.16.0.1	192.168.0.1	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x09c2, seq=0

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;
}

Nuevo archivo:
#
# DHCP Server Configuration file.
# see /usr/share/doc/dhcp*/dhcpd.conf.example
# see dhcpd.conf(5) man page
#

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 172.16.0.2;
    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	Discover	Cliente pide una IP (192.168.0.50)
192.168.0.3	192.168.0.50	Offer	DHCP le dice su IP (192.168.0.50)
0.0.0.0	255.255.255.255	Request	Cliente pide confirmación de IP
192.168.0.3	192.168.0.50	ACK	DHCP confirma la IP

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:ad:80:17
 Sending on LPF/eth0/08:00:27:ad:80:17
 Sending on Socket/fallback
 DHCPDISCOVER on eth0 to 255.255.255.255 port 67 interval 8 (xid=0x1ce4cf72)
 DHCPDISCOVER on eth0 to 255.255.255.255 port 67 interval 16 (xid=0x1ce4cf72)
 DHCPREQUEST on eth0 to 255.255.255.255 port 67 (xid=0x1ce4cf72)
 DHCPOFFER from 192.168.0.3
 DHCPACK from 192.168.0.3 (xid=0x1ce4cf72)
 bound to 192.168.0.50 -- renewal in 16257 seconds.

Time	Source	Destination	Protoc	Length	Info
5.01790489	fe80::a00:27ff:feacff02::2		ICMPv6	70	Router Solicitation from 08:00:27:a
8.61377945	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342	DHCP Discover - Transaction ID 0x72
8.61396591	CadmusCo_ec:9b:b5	Broadcast	ARP	42	Who has 192.168.0.50? Tell 192.168
9.02506497	fe80::a00:27ff:feacff02::2		ICMPv6	70	Router Solicitation from 08:00:27:a
9.61515275	CadmusCo_ec:9b:b5	Broadcast	ARP	42	Who has 192.168.0.50? Tell 192.168
9.61532606	192.168.0.3	192.168.0.50	DHCP	342	DHCP Offer - Transaction ID 0x72
9.61554074	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342	DHCP Request - Transaction ID 0x72
9.61594603	192.168.0.3	192.168.0.50	DHCP	342	DHCP ACK - Transaction ID 0x72

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.