

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.



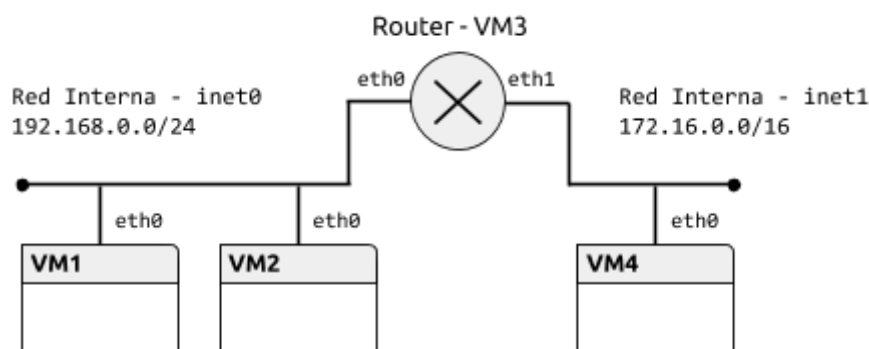
Para cada ejercicio, se tienen que proporcionar los **comandos utilizados con sus correspondientes salidas**, las **capturas de pantalla de Wireshark realizadas**, y la **información requerida de manera específica**.

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: Este comando solo se debe usar en el laboratorio. En otros equipos, descargar [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: Este comando está instalado en el laboratorio. En otros equipos, descargar [vtopol](#), dar permisos de ejecución al fichero (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 el comando `ip`.

```
$ sudo ip addr
$ sudo ip link
```

Ejercicio 2 [VM1, VM2, Router]. Activar los interfaces `eth0` en VM1, VM2 y Router, y asignar una dirección IP adecuada. La configuración debe realizarse con la utilidad `ip`, en particular los comandos `ip address` e `ip link`.

En VM1:

- `$ sudo ip link set dev eth0 up`
- `$ sudo ip addr add 192.168.0.1/24 dev eth0`

En VM2:

- `$ sudo ip link set dev eth0 up`
- `$ sudo ip addr add 192.168.0.2/24 dev eth0`

En Router:

- `$ sudo ip link set dev eth0 up`
- `$ sudo ip addr add 192.168.0.3/24 dev eth0`

Ejercicio 3 [VM1, VM2]. Abrir la herramienta Wireshark en VM1 e iniciar una captura en el interfaz de red. Comprobar la conectividad entre VM1 y VM2 con 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:

- Anotar las direcciones MAC e IP de los mensajes.
- 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:d5:7c:cf	Broadcast	ARP	192.168.0.1	192.168.0.2	Who has 192.168.0.2?
08:00:27:03:f4:d6	08:00:27:d5:7c:cf	ARP	192.168.0.2	192.168.0.1	192.168.0.2 is at 08:00:27:03:f4:d6
08:00:27:d5:7c:cf	08:00:27:03:f4:d6	ICMP	192.168.0.1	192.168.0.2	Echo (ping) request
08:00:27:03:f4:d6	08:00:27:d5:7c:cf	ICMP	192.168.0.2	192.168.0.1	Echo (ping) reply

VM1 [Corriendo] - Oracle VM VirtualBox						
Archivo Máquina Ver Entrada Dispositivos Ayuda						
Capturing from eth0 [Wireshark 1.10.14 (Git Rev Unknown from unknown)]						
File Edit View Go Capture Analyze Statistics Telephony Tools Internals Help						
Filter: Expression... Clear Apply Save						
No.	Time	Source	Destination	Protoc	Lengt	Info
1	0.00000000	CadmusCo_d5:7c:cf	Broadcast	ARP	42	Who has 192.168.0.2? Tell 192.168.0.1
2	0.00098453	CadmusCo_03:f4:d6	CadmusCo_d5:7c:cf	ARP	60	192.168.0.2 is at 08:00:27:03:f4:d6
3	0.00100232	192.168.0.1	192.168.0.2	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x07d7, seq=1/256, ttl=64 (reply in 4)
4	0.00165690	192.168.0.2	192.168.0.1	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x07d7, 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.

```
$ sudo ip neigh
```

```
192.168.0.2 dev eth0 lladdr 08:00:27:03:f4:d6 STALE
```

Describir el estado de cada entrada:

- **REACHABLE:** la entrada ARP es válida y hay conectividad.
- **STALE:** la entrada ARP es válida pero no hay conectividad.
- **FAILED:** no hay conectividad y la MAC no ha sido detectada.
- **DELAY:** a la espera de confirmación tras el envío de un paquete.

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

En Router:

- `$ sudo ip link set dev eth1 up`
- `$ sudo ip addr add 172.16.0.1/16 dev eth1`

En VM4:

- `$ sudo ip link set dev eth0 up`
- `$ sudo ip addr add 172.16.0.2/16 dev eth0`

Salida del comando “ping” entre router y VM4:

```
$ 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=0.855 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 VM1:

- `$ sudo ip route add default via 192.168.0.3`

En VM2:

- `$ sudo 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 una captura en sus dos interfaces de red. Eliminar la tabla ARP en VM1 y Router. Usar la orden ping entre VM1 y VM4. 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:d5:7c:cf	Broadcast	ARP	192.168.0.1	192.168.0.3	Who has 192.168.0.3?
08:00:27:57:06:ec	08:00:27:d5:7c:cf	ARP	192.168.0.3	192.168.0.1	192.168.0.3 is at 08:00:27:57:06:ec
08:00:27:d5:7c:cf	08:00:27:57:06:ec	ICMP	192.168.0.1	172.16.0.2	Echo (ping) request
08:00:27:57:06:ec	08:00:27:d5:7c:cf	ICMP	172.16.0.2	192.168.0.1	Echo (ping) reply

Red 172.16.0.0/16 - Router (eth1)

MAC origen	MAC destino	Protocolo	IP origen	IP destino	Tipo de mensaje
08:00:27:19:31:81	Broadcast	ARP	172.16.0.1	172.16.0.2	Who has 172.16.0.2?
08:00:27:b5:25:f9	08:00:27:19:31:81	ARP	172.16.0.2	172.16.0.1	172.16.0.2 is at 08:00:27:b5:25:f9
08:00:27:19:31:81	08:00:27:b5:25:f9	ICMP	192.168.0.1	172.16.0.2	Echo (ping) request
08:00:27:b5:25:f9	08:00:27:19:31:81	ICMP	172.16.0.2	192.168.0.1	Echo (ping) reply

Eth0:

Router [Corriendo] - Oracle VM VirtualBox						
*eth0 [Wireshark 1.10.14 (Git Rev Unknown from unknown)]						
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.00000000	CadmusCo_d5:7c:cf	Broadcast	ARP	60	Who has 192.168.0.3? Tell 192.168.0.1
2	0.00004512	CadmusCo_57:06:ec	CadmusCo_d5:7c:cf	ARP	42	192.168.0.3 is at 08:00:27:57:06:ec
3	0.00076203	192.168.0.1	172.16.0.2	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x0c13, seq=1/256, ttl=64 (reply in 4)
4	0.00237509	172.16.0.2	192.168.0.1	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x0c13, seq=1/256, ttl=63 (request in 3)

Eth1:

Router [Corriendo] - Oracle VM VirtualBox						
*eth1 [Wireshark 1.10.14 (Git Rev Unknown from unknown)]						
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.00000000	CadmusCo_19:31:81	Broadcast	ARP	42	Who has 172.16.0.2? Tell 172.16.0.1
2	0.00078468	CadmusCo_b5:25:f9	CadmusCo_19:31:81	ARP	60	172.16.0.2 is at 08:00:27:b5:25:f9
3	0.00080202	192.168.0.1	172.16.0.2	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x0c13, seq=1/256, ttl=63 (reply in 4)
4	0.00156178	172.16.0.2	192.168.0.1	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x0c13, seq=1/256, ttl=64 (request in 3)

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 los rangos de direcciones, `192.168.0.50-192.168.0.100` y `172.16.0.50-172.16.0.100`, respectivamente. 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;  
}  
  
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 `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
192.168.0.3	192.168.0.11	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
192.168.0.3	192.168.0.11	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

Router [Corriendo] - Oracle VM VirtualBox						
Archivo Máquina Ver Entrada Dispositivos Ayuda						
*eth0 [Wireshark 1.10.14 (Git Rev Unknown from unknown)]						
File Edit View Go Capture Analyze Statistics Telephony Tools Internals Help						
Filter: <input type="text"/> Expression... Clear Apply Save						
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000000	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342	DHCP Discover - Transaction ID 0xfb45f13a
2	0.000232297	CadmusCo_57:06:ec	Broadcast	ARP	42	Who has 192.168.0.11? Tell 192.168.0.3
3	1.001873076	192.168.0.3	192.168.0.11	DHCP	342	DHCP Offer - Transaction ID 0xfb45f13a
4	1.002313021	CadmusCo_57:06:ec	Broadcast	ARP	42	Who has 192.168.0.11? Tell 192.168.0.3
5	1.003248654	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342	DHCP Request - Transaction ID 0xfb45f13a
6	1.005312892	192.168.0.3	192.168.0.11	DHCP	342	DHCP ACK - Transaction ID 0xfb45f13a
7	1.036636088	CadmusCo_d5:7c:cf	Broadcast	ARP	60	Who has 192.168.0.11? Tell 0.0.0.0

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 en formato CIDR>
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 [VM4]. Comprobar la configuración persistente con las órdenes `ifup` e `ifdown`. Verificar la conectividad entre todas las máquinas de las dos redes.