

## PRÁCTICA 5: COMPONENTES DE LA CAPA DE RED

El objetivo de esta práctica es profundizar en el funcionamiento de algunos de los componentes vistos en la capa de red. En particular, de los protocolos IPv4, ICMP y DHCP. Por ello, es recomendable que revise tus apuntes respecto a estos componentes. Cambiar la configuración de red de un equipo suele requerir permisos de administrador en el sistema operativo. Si no dispones de tales permisos, en algunos ejercicios sólo podrás leer la configuración de red, pero no editarla. En el examen de prácticas sólo se podrá pedir que se realicen ejercicios de lectura y modificación de la configuración de red similares a los de esta práctica siempre que en el CdC se tengan permiso de administrador (p.ej. en Linux no, pero en Windows sí). Si todavía te quedan dudas, puedes consultar otras fuentes como Internet o las notas del tema disponibles en la página de la asignatura.

**Utilice la imagen de Windows en los equipos del centro de cálculo.**

### LECTURA DE LA CONFIGURACIÓN DE RED DEL EQUIPO (WINDOWS)

Abra una ventana de línea de comandos en Windows (cmd). Usando el comando `ipconfig /all` responda a las siguientes preguntas: (toma nota de las respuestas en un papel).

1. **¿Cuál es la dirección IP y máscara asociada a la tarjeta Ethernet del equipo? ¿Y la dirección IP del router por defecto? ¿y la dirección IP de los servidores dns usados?**
2. **¿Cuál es la dirección de la subred donde se encuentra el equipo? ¿Y la dirección de difusión local en dicha subred?**
3. **¿Cuál es el rango válido de direcciones usable para identificar equipos en dicha subred? ¿Cuántos equipos podríamos tener como máximo en dicha subred?**

A continuación, examine la tabla de reenvío del equipo usando el comando `route PRINT`. Responda a las siguientes preguntas.

4. **¿Cuántas interfaces tiene su equipo? Escriba el identificador de cada interfaz. (puede usar también el comando `ipconfig`)**
5. **Escriba la tabla de reenvío del equipo. ¿Qué destinos aparecen diferentes a la subred del equipo? ¿Por qué piensa que aparecen dichos destinos?**
6. **En la tabla anterior, ¿cómo se pueden distinguir las filas donde el siguiente salto es un reenvío directo de aquellas donde es reenvío indirecto?**

### EDICIÓN DE LA CONFIGURACIÓN DE RED DEL EQUIPO (requiere administrador)

Para cambiar la configuración de red de un equipo es necesario disponer de permisos de administrador. Para ello necesitarás ejecutar un terminal en modo

administrador. En el Windows 7 del CdC esto se hace poniendo el ratón sobre el programa que hace de terminal (menú -> inicio → accesorios → símbolo del sistema ), presionando el botón derecho del ratón y seleccionando “Ejecutar como administrador”). Entonces tendrás un terminal de comandos en modo administrador con el que podrás cambiar la configuración de red de tu equipo.

Desde este terminal vamos a usar el comando route para cambiar la tabla de reenvío del equipo. Seguramente obtengas errores de sintaxis en los primeros comandos que escribas por lo que es conveniente que tengas a mano algún manual de ayuda. Abre y ojea en un navegador alguno de estos enlaces

- <https://technet.microsoft.com/en-us/library/bb490991.aspx>
- <http://www.howtogeek.com/howto/windows/adding-a-tcpip-route-to-the-windows-routing-table/>

para tenerlos como referencia o mira la ayuda del comando. Aviso: no crees rutas persistentes (**no** uses la opción -p).

Ahora prueba a realizar los siguientes ejercicios con la tabla de reenvío del equipo:

- a) Eliminar la fila con el destino 0.0.0.0 . Comprueba después que tu equipo no envía paquetes a Internet debido a la desaparición de la fila.
- b) Añadir la fila que previamente habías eliminado con el destino 0.0.0.0 y comprueba que todo vuelve a funcionar.
- c) Borra toda la tabla de reenvío del equipo (opción /f). A continuación comprueba el resultado.
- d) Para devolver la tabla de reenvío a la situación inicial, lo más práctico es reconfigurar los parámetros de red de la tarjeta Ethernet del equipo. Así el sistema operativo actualizará automáticamente la tabla de reenvío. Tienes dos opciones para realizar esto:
  - 1- Manualmente: Establece manualmente la dirección IP, máscara, router por defecto y servidores dns. Puedes coger toda esta información de las notas que tomaste en la primera parte de la práctica). Para ello, tienes que buscar un menú de configuración de red que sea “cambiar la configuración de los adaptadores de red”. En este menú te aparecerá un icono por cada tarjeta del equipo. Pincha con el botón derecho la tarjeta Ethernet y cambia las propiedades de IPv4. Para establecer manualmente la configuración de una tarjeta de red, usa el tutorial del siguiente enlace: <http://www.howtogeek.com/howto/19249/how-to-assign-a-static-ip-address-in-xp-vista-or-windows-7/>
  - 2- Automáticamente: en ese mismo menú, selecciona la opción de obtención automática de la dirección de red. Después, en el icono de la tarjeta, desactiva el interfaz de red (botón derecho) y vuélvelo a activar. Esto dará como resultado la configuración automática del adaptador mediante el protocolo DHCP.
- e) Una vez que hayas configurado tu interfaz de red, vuelve a mirar la tabla de reenvío del equipo (route PRINT). ¿Han aparecido nuevas filas?. ¿Funciona Internet ahora?

## USO DE ICMP

En este apartado vamos a usar dos programas que utilizan el protocolo ICMP visto en clase: ping y tracert. Conviene que repases las transparencias de clase correspondientes al protocolo ICMP antes de continuar. Comenzaremos por hacer un ping con 5 muestras a 3 sitios diferentes:

(a) a un compañero/a. Si estáis en la misma red del CdC preguntale su IP. Si el otro/a está en una red privada diferente debes hacer ping a la dirección pública de su router-NAT. Para ello, el compañero debe averiguar qué IP pública utiliza su router-NAT por defecto (p.ej. puedes abrir un navegador y consultar <https://www.whatismyip.com/es/> ). Entonces puedes hacer un ping a esa IP pública a través de Internet.

(b) al equipo que ejecuta un servidor web en España (p.e. [www.google.es](http://www.google.es))

(c) al equipo que ejecuta un servidor web en EE.UU. (p.e. [www.cs.umn.edu](http://www.cs.umn.edu)).

Responda a la pregunta siguiente:

- **¿Qué tiempo medio de respuesta y porcentaje de pérdida de paquetes ha obtenido con cada destino? Escriba en una tabla la IP del destino, tiempo de ida y vuelta medio, y el porcentaje de paquetes perdidos.**
- **¿Qué camino han seguido los paquetes (use la herramienta tracert)?**

## USO DE ARP

Ejecute el comando **arp -a** para examinar las entradas de la tabla arp asociada a cada NIC de su equipo. A continuación, borre (busque las opciones del comando) la entrada de la tabla *arp* correspondiente a la IP de su compañero (caso (a) en el CdC y la misma subred) o la que corresponde a la de su router por defecto (casos (b) o (c) con un sitio web de Internet). Una vez borrada la entrada arp donde se especifica la dirección MAC del equipo de su compañero o del router por defecto, arranque el analizador de protocolos Wireshark y **ponga en marcha la captura justo antes de repetir el ping** (a) o (b) según el caso. Pare la captura después de haber recibido las respuestas. Responda a las siguientes cuestiones.

- **Escriba el valor de los campos de las cabeceras Ethernet y ARP de los mensajes de petición y respuesta del protocolo ARP en la resolución de la dirección MAC que corresponde a la IP de su compañero.**
- **Escriba el valor de los campos de todos los mensajes ICMP relacionados con el ping realizado y sus correspondientes respuestas. ¿Qué tipo y subtipo (código) de mensajes ICMP se utilizan en las respuestas? ¿Qué diferencia cada una de dichas respuestas?**

## USO DE DHCP

DHCP es una aplicación cliente/servidor para la configuración de los equipos de una red de forma centralizada. Estudie el funcionamiento de la aplicación descrito en las transparencias de clase o en el libro de referencia antes de realizar el siguiente ejercicio. Para ello puede usar cualquier fuente documental, incluida la propia RFC2131.

Prepare Wireshark para comenzar una nueva captura. Después, desde un terminal de línea de comandos con permiso de administrador, renueve el préstamo DHCP de su equipo ejecutando el comando `ipconfig /renew`, (conviene que ejecute `ipconfig /release` antes de solicitar la renovación) comenzando la captura justo antes de la ejecución de dicho comando. Pare la captura en cuanto termine la ejecución del comando. Examine los paquetes capturados del protocolo DHCP (en el filtro de wireshark el protocolo DHCP se identifica como **bootp**) y responda a las siguientes preguntas.

- **¿Cuáles de los 4 tipos de mensajes DHCP ha encontrado?**
- **De aquellos mensajes DHCP capturados, escriba el valor de los campos de la cabecera Ethernet (MAC origen y destino y protocolo encapsulado), IP (IP origen y destino y protocolo encapsulado), UDP (puerto origen y destino) y DHCP (identificador de la transacción XID, IP asignada al equipo, IP del servidor). Indique también las opciones incluidas en el último mensaje ACK en caso de que las hubiese. ¿Para qué sirve cada una de dichas opciones?**

## ANEXO 1. CONFIGURACIÓN IP DEL EQUIPO (LINUX.)

La imagen de linux del CdC no tiene permisos de administrador por lo que algunos de los ejercicios de este anexo no pueden realizarse en el CdC. El alumno que tenga curiosidad puede realizar los ejercicios que requieran privilegios de root en su propio ordenador o de una máquina virtual donde tenga la clave de root.

### *Examinar la tabla de reenvío y la configuración IP de las tarjetas de red*

Busque en Internet la ayuda del comando IP.

Puedes examinar la tabla de reenvío del equipo con el comando **ip route** (o bien con **netstat -r** )

### *Uso de ifconfig y fichero de configuración de interfaces de red*

En Linux puede examinar el nombre y configuración de las distintas interfaces de red existentes en su equipo con el comando **"/sbin/ifconfig -a"** o bien con el comando **"ip link"** o **"ip addr"**. Al arrancar el equipo, la configuración de las distintas interfaces de red es leída del fichero **"/etc/network/interfaces"**. A continuación se presentan, a modo ilustrativo, las líneas de dicho fichero empleadas para configurar las siguientes interfaces (mas información en "man interfaces"):

- a) Interfaz local "lo" (utilizada para la comunicación IP interna y asociada a las IPs 127.x.x.x):

#### **/etc/network/interfaces**

```
auto lo
iface lo inet loopback
```

- b) Interfaces correspondientes a tarjetas físicas Ethernet (las tarjetas WiFi emplearán algunos parámetros adicionales): pueden configurarse mediante una de las dos opciones siguientes (OJO que en el fichero "interfaces" NO deben aparecer comentarios tras las líneas de configuración):

- Configuración por DHCP de la interfaz eth0: (la primera línea activa el interfaz en el arranque, la segunda solicita la configuración por DHCP)

#### **/etc/network/interfaces**

```
auto eth0
iface eth0 inet dhcp
```

- Configuración manual de la interfaz eth0 (las direcciones IP indicadas son un ejemplo, no tienen que coincidir con las que debería usar en su equipo):

#### **/etc/network/interfaces**

<code>auto eth0</code>	<code>&lt;-- Activar la interfaz en arranque</code>
 <code>iface eth0 inet static</code>	 <code>&lt;-- Configuración estática</code>
<code>address 172.16.4.50</code>	<code>&lt;-- IP interfaz eth0</code>
<code>netmask 255.255.252.0</code>	<code>&lt;-- Máscara</code>
<code>network 172.16.4.0</code>	<code>&lt;-- IP de subred</code>
<code>broadcast 172.16.7.255</code>	<code>&lt;-- IP de difusión</code>
<code>gateway 172.16.4.13</code>	<code>&lt;-- Pasarela/Encaminador</code>
<code>dns-nameservers 150.214.186.69</code>	<code>&lt;-- DNSs por interfaz (si no, los de /etc/resolv.conf)</code>

Para hacer efectiva la configuración de dichos ficheros se dispone de los siguientes comandos (empleados por el sistema en el proceso de arranque del equipo), que **deben ser invocados como superusuario (privilegios de root, usando el comando sudo)**:

- a) Desactivar y reactivar todas las interfaces de red con la configuración de indicada en "/etc/network/interfaces":

`service networking restart`

Este script sólo activará las interfaces que tengan configurado el arranque automático ("auto interfaz").

#### NOTA

En las distribuciones Linux actuales, tras ejecutar el comando "service networking restart" se muestra un aviso indicando que esta opción está "deprecated" (desaconsejada) al no reactivar algunos tipos de interfaces de red (lo que no afecta a las interfaces Ethernet). Alternativamente a este comando, para garantizar la reactivación de todas las interfaces de red, puede ejecutarse:

`service networking stop && service networking start`

o igualmente:

`ifdown -a && ifup -a`

- b) Des/activar una interfaz de red concreta (y que, cuando se active, se le aplique la configuración del fichero "/etc/network/interfaces"):

Operación	Sintaxis	Ejemplo
<b>Desactivar</b>	<code>ifdown interfaz</code>	<code>ifdown eth0</code>
<b>Activar</b>	<code>ifup interfaz</code>	<code>ifup eth0</code>

"ifdown eth0" desactiva la interfaz y limpia los procesos asociados.

"ifup eth0" aplica todos los parámetros recogidos en el fichero de configuración "/etc/network/interfaces", esto es, los parámetros propios de la tarjeta (IP y máscara) y todos los demás, incluida la pasarela o gateway. Si se invoca este comando sobre una interfaz que ya se encuentra activa ("up"), o de la que no se han limpiado sus procesos asociados, entonces no hace nada.

**RECUERDE...**

Ten en cuenta que para la edición de cualquiera de los ficheros de configuración referenciados en este anexo, deberá usar el usuario "root" o privilegios similares (p.ej. comando sudo).

**Ejercicios sobre lo visto:**

- . Visualice el contenido del fichero "/etc/network/interfaces" y compruebe cómo es su interfaz de red eth0 (se encuentra configurada para ser configurada mediante DHCP). Ejecute el comando "ifconfig" y compruebe cómo tiene una dirección IP, que ha sido asignada por el servidor DHCP.
- . Edite el fichero "/etc/network/interfaces" y configure su interfaz eth0 de forma estática con los mismos valores de red que actualmente tiene configurados (los que muestra "ifconfig" y "route"). Aplique los cambios sobre la tarjeta de red, vuelva a ejecutar el comando "ping" anterior y compruebe que efectivamente todo sigue funcionando igual.
- . Vuelva a editar el fichero "/etc/network/interfaces" para que la interfaz "eth0" siga configurándose por DHCP, y aplique los cambios. Compruebe la nueva configuración.

**Linux, tabla de reenvío.**

Al igual que en Windows, la activación de un interfaz de red lleva aparejada la inserción de las primeras líneas en la tabla de encaminamiento. Al activar una interfaz ethX se añade en la tabla de encaminamiento:

- "1" entrada directa (o de subred): Estas entradas son ordenadas de forma automática de menor a mayor tamaño de subred (de la máscara de más a la de menos "1").
- Si la contiene una entrada "gateway", se establece dicha pasarela como la asociada a la entrada "default" (entrada indirecta). Referente a la entrada por defecto ("default") de la tabla de encaminamiento, debe tenerse en cuenta que sólo se activa una entrada por defecto, la del último parámetro "gateway" leído en el fichero "/etc/network/interfaces". En caso de que manualmente (con el comando "route") se hayan configurado varias entradas default, al activar una interfaz con el comando "ifup interfaz", sólo se verá afectada la primera entrada default, que será sustituida por la

pasarela configurada para dicha interfaz.

A modo de ejemplo, si la configuración de la interfaz "eth0" es:  
/etc/network/interfaces

```
iface eth0 inet static
address 192.168.0.2
netmask 255.255.255.0
network 192.168.0.0
broadcast 192.168.0.255
gateway 192.168.0.1
```


se añadirán las siguientes entradas a la tabla de encaminamiento:

Destination	Gateway	Genmask	Interface
default	192.168.0.1	0.0.0.0	eth0
192.168.0.0	*	255.255.255.0	eth0

Sobre esta situación inicial de la tabla de encaminamiento siempre podrán realizarse modificaciones mediante el comando "route".

Advierta cómo la tabla de encaminamiento de Linux no recoge la interfaz virtual "lo". Cuando se intenta enviar un paquete, antes de hacer uso de la tabla de encaminamiento Linux comprueba si el destinatario es el propio equipo, en cuyo caso lo envía por la interfaz local "lo" (no llegando a hacer uso de la tabla de encaminamiento).

### Ejercicios para repasar lo anterior:

- Visualice la tabla de encaminamiento con el comando "route". 
- Desactive la interfaz eth0 y visualice la tabla de reenvío.
- Vuelva a reactivar la interfaz "eth0" y vuelva a visualizar la tabla de reenvío. Compruebe que los valores de dirección IP de subred y máscara corresponden con los antes introducidos manualmente en el fichero de configuración de la interfaz.



### Ejercicios de Auto-evaluación

- Indique la dirección IP Del servidor DHCP Cuya oferta es aceptada por su equipo.  
Respuesta válida en CdC (curso 2014/15): 172.16.4.55  
Respuesta válida (curso 2014/15): 172.16.4.54
- Indique la dirección física (mac) del servidor DHCP cuya oferta es aceptada por su equipo. (No deje espacios en blanco y escriba en minúsculas (p.e. ff:00:ff:00:ff:00)).  
Respuesta válida (curso 2014/15): 00:1b:78:74:59:70  
Respuesta válida (curso 2014/15): 00:1e:0b:1e:96:d4
- Sería posible que utilizando una captura de wireshark usted averiguase la dirección física (mac) de masai.us.es?  
(a) desde una sala del CdC sí sería posible, pero desde mi casa con ADSL no.  
(b) Desde mi casa con ADSL sí sería posible, pero desde el CdC no.  
(c) Siempre se puede averiguar ya que esa información es parte del mensaje de aplicación  
**(d) No, a menos que esté capturando en la misma sub-red que masai.us.es**
- Indique la dirección física del Router/NAT utilizado en el centro de cálculo. Para ello puede capturar con wireshark lo que estime oportuno. (No deje espacios en blanco y escriba en minúsculas (p.e. ff:00:ff:00:ff:00)).  
  
Respuesta válida (curso 14/15): 00:0c:29:31:40:97
- Desde el CdC, ¿sería posible averiguar la fila creada en la tabla dinámica de NAT del router para una nueva conexión a masai.us.es que usted hiciese con su navegador?  
  
**(a)** Si con la ayuda de netstat y la página web <http://masai.us.es/practica4/practica.php>  
(b) No  
(c) Si con la única ayuda de la página web <http://masai.us.es/practica4>  
(c) Podría averiguar la IP y puerto destino, pero no la IP y puerto origen.

### ¿Qué deberías saber a partir de ahora?

- Examinar la configuración IP de un equipo
- Examinar la tabla de reenvío de un equipo
- Cambiar la configuración IP o la tabla de reenvío de un equipo (si tengo privilegios de administrador)
- Examinar la tabla arp de un equipo
- Usar ping y traceroute como herramientas de diagnóstico
- Los principales campos y mensajes del protocolo ICMP
- Los principales campos y mensajes del protocolo DHCP