

## SESIÓN 4. Práctica de Laboratorio: Configuración enrutamiento estático Linux

### OBJETIVOS.

- Entender el funcionamiento del Direccionamiento y Enrutamiento
- Configurar el enrutamiento en una red local
- Utilizar un computador con sistema operativo Linux como enrutador

### ELEMENTOS.

Los requerimientos para la instalación de un router Linux son:

- Un computador con sistema operativo Linux
- Dos tarjetas de red (NIC) instaladas en el computador
- Host para cada subred

### FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

#### DIRECCIONAMIENTO Y ENRUTAMIENTO IP.

##### DIRECCIONAMIENTO.

La dirección es el identificador que permite a otras máquinas enviar información, en el protocolo IP se especifica un punto de unión en la red llamado interfaz. Una máquina puede tener múltiples interfaces, teniendo una dirección IP por cada una de ellas, las interfaces son por lo general conexiones físicas distintas, pero también pueden ser conexiones lógicas compartiendo una misma interfaz.

##### Números de red y máscara

La división del número de red y de máquina es distinta para cada red. Esto facilita al software de enrutadores y máquinas identificar con facilidad dónde ocurre la división. Cada dirección tiene una máscara de red asociada, la cual es representada por un número de 32 bits, donde todos los bits de la porción de red están en 1 y todos los bits de la porción de máquina están en 0. Los primeros 16 bits están asociados al número de red y los 16 restantes al número de la máquina dentro de la red. Una computadora puede extraer el número de red de una dirección IP realizando una operación lógica AND de la máscara con la dirección IP. Las máscaras de redes permiten tener 1 discontinuos.

Al diseñar una red debe escogerse una dirección de red junto con la máscara de acuerdo al número de computadores, algunas posibilidades son:

/8 o 255.0.0.0	16777216 computadores
/12 o 255.242.0.0	1048576 computadores
/16 o 255.255.0.0	65536 computadores
/24 o 255.255.255.0	255 computadores

#### ENRUTAMIENTO IP.

##### Rutas Mínimas.

Una red completamente aislada de otra red TCP/IP requiere solo de rutas mínimas. Las rutas mínimas son creadas por el comando `ifconfig` al momento de configurar una interfaz. Las rutas mínimas son: la ruta de red local y la ruta para loopback. En Linux es necesario crear la interfaz y la ruta.

```
# route -n
Kernel IP routing table
Destination Gateway Genmask Flags Metric Ref Use Iface
150.185.156.0 0.0.0.0 255.255.255.128 U 0 0 2 eth0
127.0.0.0 0.0.0.0 255.0.0.0 U 0 0 1 lo
```

Una entrada es la ruta a la red 150.185.156.0 a través de eth0. La otra entrada es la ruta loopback a localhost establecida cuando lo fue creada. Observe los campos de bandera en cada entrada. Ambas entradas tienen la bandera U (Up), esto indica que la interfaz está lista para ser usada. Ninguna de las entradas tiene la bandera G (Gateway). Esta bandera indica que un gateway externo está siendo usado. La bandera G no aparece pues estas rutas son directas a través de interfaces locales y no a través de gateway externos. Observe que sólo tenemos la ruta loopback y la ruta 150.185.156.0. Por lo que nuestra máquina sólo se podrá comunicar con otras máquinas dentro de la misma red. Esto es fácil de verificar con el comando `ping.1`.

```
#ping 150.185.156.10
PING 150.185.156.10: 56 data bytes
64 bytes from 150.185.156.10 : icmp_seq=0 ttl= 234 time=110.0 ms
64 bytes from 150.185.156.10 : icmp_seq=1 ttl= 234 time=100.7 ms
```

## SESIÓN 4. Práctica de Laboratorio: Configuración enrutamiento estático Linux

^C

---- 150.185.156.10 ping statistics----

2 packets transmitted, 2 packet received, 0% packets loss

round-trip (ms) min/avg/max = 100/105/110 ms

ping muestra una línea de salida por cada mensaje ICMP de respuesta recibida. Cuando ping es interrumpido muestra un resumen estadístico. Ahora veamos que pasa si intentamos comunicarnos con una máquina fuera de la red.

#ping 150.185.128.10

Network is unreachable

Este mensaje indica que nuestra máquina no conoce como enviar paquetes a la red de la máquina 150.185.128.10

### Rutas Estáticas.

Una red con un número mínimo de enrutadores puede ser configurada con enrutamiento estático. Para una red con un solo gateway, la mejor opción es el enrutamiento estático. Una tabla de enrutamiento estático es construida manualmente, por el administrador de la red, usando el comando route. Las tablas de enrutamiento estático no se ajustan a los cambios de la red, ellos trabajan mejor cuando las rutas no cambian. Para agregar una ruta se utiliza el comando route. El destino final debe ser conocido. El Linux utiliza el comando route para agregar o borrar entradas manualmente en la tabla de enrutamiento. Por ejemplo, para agregar la ruta 150.185.156.1 a la tabla de enrutamiento en linux se procede de la siguiente forma:

```
# route add -host 150.185.156.1 eth0
```

Esta nueva ruta se agregará a la tabla de enrutamiento:

```
# route -n
```

Kernel IP routing table

Destination	Gateway	Genmask	Flags	Metric	Ref	Use	Iface
150.185.156.0	0.0.0.0	255.255.255.128	U	0	0	2	eth0
150.185.156.1	0.0.0.0	255.255.255.128	UH	0	0	0	eth0
127.0.0.0	0.0.0.0	255.0.0.0	U	0	0	1	lo
127.0.0.0	0.0.0.0	255.0.0.0	U	0	0	1	lo

En la tabla de enrutamiento anterior, se observa que la nueva dirección agregada tiene una bandera UH. La U sabemos que significa que esta lista a ser usada y el H nos indica de que esta ruta pertenece a un host. Otras redes pueden ser agregadas a la tabla de enrutamiento. Para especificar la ruta exacta que deben seguir, cada ruta se especificará mediante el comando route. Por ejemplo, si se necesita agregar una red (150.185.146.0) con máscara 255.255.255.0 a través de un gateway (150.185.162.1) podemos escribir:

```
#route add -net 150.185.146.0 gw 150.185.162.10 netmask 255.255.255.0
```

Visualizando la tabla de enrutamiento observamos:

```
#route -n
```

Kernel IP routing table

Destination	Gateway	Genmask	Flags	Metric	Ref	Use	Iface
150.185.156.0	0.0.0.0	255.255.255.128	U	0	0	2	eth0
150.185.156.1	0.0.0.0	255.255.255.128	UH	0	0	0	eth0
150.185.146.0	150.185.162	255.255.255.0	UG	0	0	0	eth1
127.0.0.0	0.0.0.0	255.0.0.0	U	0	0	1	lo

Observe que la bandera de la ruta a través del gateway posee una G lo que indica que es un gateway. Esta ruta por omisión se utiliza para enviar todos los paquetes que no pertenecen ni al localhost ni a la red local. Si se tiene una máquina y se desea que todo el tráfico, por defecto, salga a través de un gateway se utilizará una línea como se muestra a continuación:

```
#route add default gw 150.185.156.1
```

La salida aparecerá así:

Kernel IP routing table

Destination	Gateway	Genmask	Flags	Metric	Ref	Use	Iface
150.185.156.0	0.0.0.0	255.255.255.128	U	0	0	3	eth0
127.0.0.0	0.0.0.0	255.0.0.0	U	0	0	1	lo
0.0.0.0	150.185.156.1	0.0.0.0	UG	0	0	0	eth0

En esta tabla de enrutamiento podemos observar las rutas mínimas, las rutas por defecto y las rutas por omisión. El enrutador al recibir un paquete, busca la ruta por la cual debe enviarlo, tomando en cuenta primero las rutas mínimas, luego las específicas y de no encontrar el destino en ninguna de estas rutas, lo envía por la ruta por defecto. Para obtener la sintaxis del comando route se puede escribir: route -help. Mayor información al respecto mediante el comando man route.

## SESIÓN 4. Práctica de Laboratorio: Configuración enrutamiento estático Linux

### **Descripción de la tabla de enrutamiento IP.**

El protocolo IP mantiene una tabla de enrutamiento que asocia direcciones de red con compuertas o gateway, es decir con computadores conectados a la misma red que pueden retransmitir información a la red destino.

Puede ver la tabla de enrutamiento estático en `/proc/net/route` o mejor con `route` o con `netstat -r`. Entre los campos de cada entrada de esta tabla están: red destino, máscara de la red destino, interfaz por la cual enviar/recibir paquetes con ese destino, compuerta a la cual enviar para retransmisión (o \* si se envía a toda la red conectada a la interfaz), opciones entre las que puede aparecer: U enrutamiento funcionando, H destino es un computador, G destino es una compuerta, ! ruta rechazada.

Hay una compuerta por defecto (default) a la se envía todo paquete que no tiene un destino en la tabla de enrutamiento. La compuerta por defecto corresponde a la configurada como gateway de la interfaz de red en el archivo `/etc/network/interfaces`

Para solucionar problemas de enrutamiento, debe comprender la tabla de enrutamiento. Todos los equipos que ejecutan TCP/IP toman las decisiones de enrutamiento en función de la tabla de enrutamiento IP.

La tabla de enrutamiento IP incluye información en las columnas siguientes:

#### **Destino**

El destino es el host, la dirección de subred, la dirección de red o la ruta predeterminada de destino. El destino para una ruta predeterminada es 0.0.0.0.

#### **Máscara de red**

La máscara de red se utiliza en conjunción con el destino para determinar cuándo se utiliza una ruta. Por ejemplo, una ruta de host tiene una máscara 255.255.255.255, la ruta predeterminada tiene una máscara 0.0.0.0 y una ruta de red o de subred tiene una máscara comprendida entre estos dos extremos.

La máscara 255.255.255.255 significa que sólo utilizará esta ruta un destino que coincida exactamente. La máscara 0.0.0.0 significa que cualquier destino puede utilizar esta ruta. Si una máscara se escribe en binario, un 1 es significativo (debe coincidir) y un 0 no lo es (no es necesario que coincida).

Por ejemplo, un destino 172.16.8.0 tiene una máscara de red 255.255.248.0. Esta máscara indica que los dos primeros octetos tienen que coincidir exactamente, los primeros 5 bits del tercer octeto tienen que coincidir (248=11111000) y que el último octeto no es relevante. El tercer octeto de 172.16.8.0 (es decir, 8) es igual a 00001000 en binario. Sin cambiar los primeros 5 bits (la parte sin máscara que se muestra en negrita), puede llegar hasta 15 ó 00001111 en binario. Así pues, una ruta con un destino 172.16.8.0 y una máscara 255.255.248.0 se aplica a todos los paquetes destinados a 172.16.8.0 hasta 172.16.15.255.

#### **Puerta de enlace**

La puerta de enlace es la dirección IP del siguiente enrutador al que se debe enviar un paquete. En los vínculos LAN (como Ethernet o Token Ring), este enrutador debe tener acceso directo a la puerta de enlace a través de la interfaz indicada en la columna Interfaz. En los vínculos LAN, la interfaz y la puerta de enlace determinan cómo va a reenviar el tráfico el enrutador. En el caso de una interfaz de marcado a petición, la dirección IP de puerta de enlace no es configurable. En los vínculos punto a punto, la interfaz determina cómo reenvía el tráfico el enrutador.

#### **Interfaz**

La interfaz indica la interfaz LAN o de marcado a petición que se va a utilizar para alcanzar el siguiente enrutador.

#### **Métrica**

La métrica indica el costo relativo por utilizar la ruta para alcanzar el destino. La métrica típica son los saltos, o número de enrutadores que se atraviesan para alcanzar el destino. Si existen varias rutas al mismo destino, la ruta con menor métrica es la ruta más adecuada.

#### **Protocolo**

El protocolo muestra cómo se aprendió la ruta. Si en la columna Protocolo se enumeran los protocolos RIP o OSPF (o cualquier otro que no sea Local), el enrutador está recibiendo las rutas.

### **Problemas de Enrutamiento.**

Para determinar problemas de enrutamiento o en general de la red, puede emplear algunas herramientas de diagnóstico por ejemplo:

El paquete `traceroute`, presenta las direcciones de los computadores y enrutadores que transmiten un paquete hasta llegar a su destino. Por ejemplo:  
`traceroute 192.168.2.2`

Este programa permite rastrear la ruta que sigue un paquete para llegar a su destino:

```
netstat -s
```

Y para realizar configuraciones a los protocolos IP y TCP:

```
/etc/hosts
```

En este archivo se listan nombres asociados a la dirección IP de algunos computadores, por ejemplo: 127.0.0.1 localhost  
192.168.1.1 servidor.micolegio.edu.co servidor

## SESIÓN 4. Práctica de Laboratorio: Configuración enrutamiento estático Linux

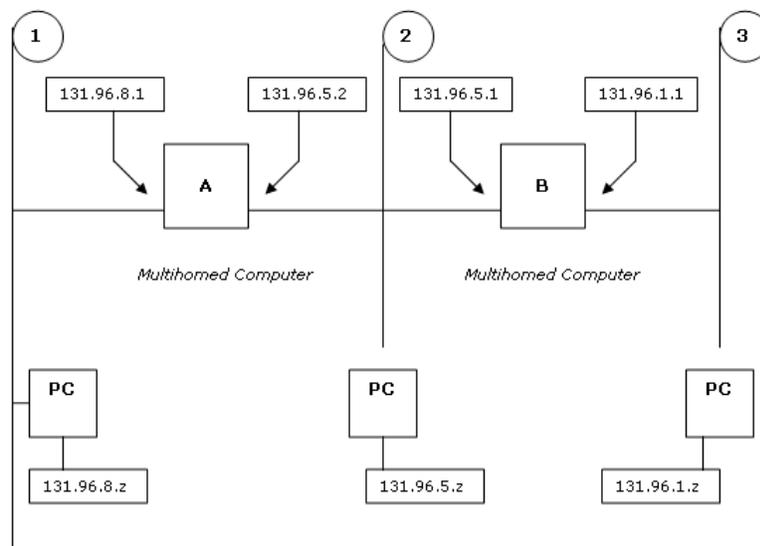
### PROCEDIMIENTO.

#### IMPLEMENTAR EL ENRUTAMIENTO ESTÁTICO.

Para enviar paquetes IP a otras redes, debemos configurar cada uno de los *routers* estáticos de nuestra red. Debemos entrar en la configuración de cada *router* y modificar la tabla de rutas para cada red o subred de nuestra red total de trabajo.

Veamos el siguiente ejemplo:

- El computador A tiene únicamente una conexión local a las redes 1 y 2. De esta manera los *hosts* de la red 1 pueden comunicarse con los *hosts* de la red 2, pero no pueden comunicarse con los *hosts* de la red 3.
- El computador B puede únicamente conectar las redes 2 y 3. Los *hosts* de la red 3 pueden comunicarse con los *hosts* de la red 2, pero no pueden comunicarse con los *hosts* en la red 1.



#### Configurando los routers estáticos.

En una red de trabajo con al menos un *router* estático, necesitamos configurar la entrada de la tabla de rutas (*routing table*) de cada *router* para 'mostrarle' todas las redes conocidas.

Vamos a ceñirnos al ejemplo anterior y veamos como debemos configurar cada uno de los *routers* A y B.

- Creamos una entrada en la tabla estática de rutas en el computador A. La entrada contiene la identificación de red (*network ID*) de la red 3 y la dirección IP (131.96.5.1) de la *interface* que el computador A necesita para enviar paquetes (*route*) desde la red 1 a la red 3.
- Creamos una entrada en la tabla estática de rutas en el computador B. La entrada contiene la identificación de red (*network ID*) de la red 1. Esta entrada también contiene la dirección IP (131.96.5.2) de la *interface* que el computador B necesita para enviar paquetes desde la red 3 a la red 1.

Si nuestra red tuviese más de dos *routers*, y al menos uno de ellos es un *router* estático, necesitaremos configurar la tabla de rutas de cada uno de los '*multihomed computers*'.

Para que un *host* pueda comunicarse con otros *hosts* en una red de trabajo, la dirección de su *gateway* por defecto debe estar configurada con la dirección IP de la *interface* del *router* local.

#### Usando la dirección del Gateway por defecto.

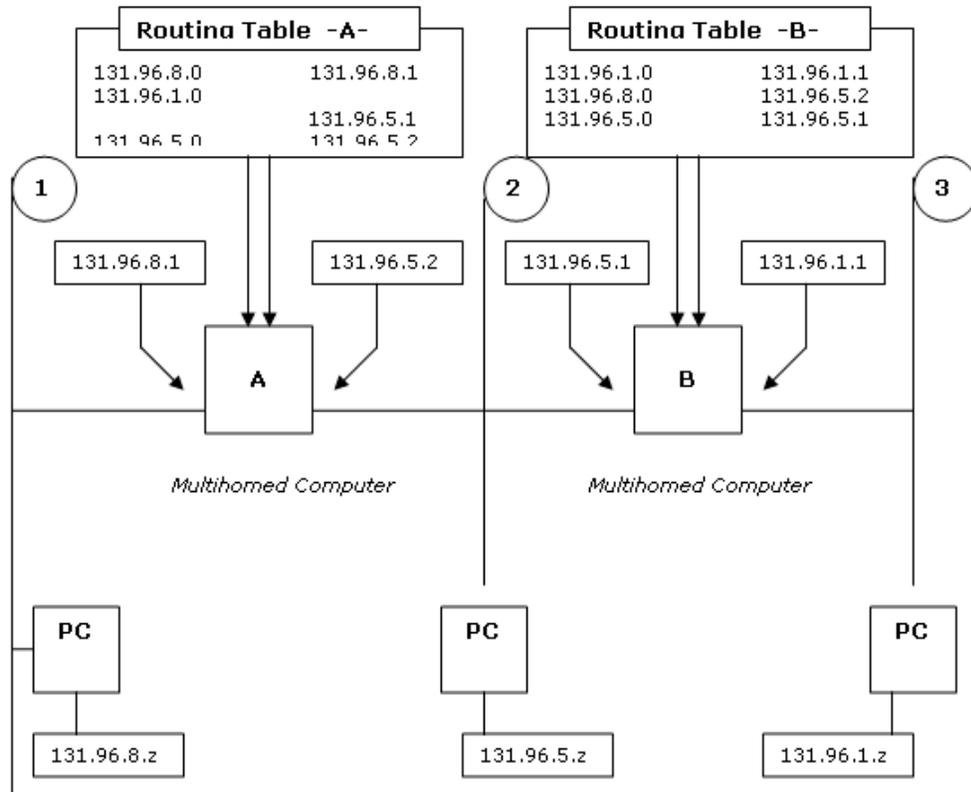
Uno de los métodos de configurar un *router* estático sin añadir manualmente rutas a la tabla de rutas, es configurar cada '*multihomed computer*' la dirección del *gateway* por defecto como la *interface* local de otro '*multihomed computer*' en la red común. Este método solo trabaja correctamente con dos *routers* estáticos.

#### Construyendo una tabla de rutas.

## SESIÓN 4. Práctica de Laboratorio: Configuración enrutamiento estático Linux

Podemos añadir información a la tabla de rutas, utilizando el comando `route`. El comando `route print` se puede utilizar para ver las entradas por defecto en las tablas de rutas. Una entrada estática debe añadirse a los *routers* estáticos de todas las redes en los cuales no esté configurada una nueva *interface*. Una entrada estática incluye a lo siguiente:

- Dirección de red. El ID de red o el nombre de red de la red de destino. Si un nombre de red es usado para definir el destino, este debe encontrarse en el archivo 'networks'.
- Mascara de red. La mascara de subred para esa dirección de red.
- Dirección del *Gateway*. La dirección IP o el nombre del *host* de la *interface* de destino de red. Si utilizamos un nombre para esta *gateway*, debe ser encontrado en el archivo 'Hosts'.



### CASO: CONEXIÓN DE DOS REDES DE ÁREA LOCAL.

Suponga que hay dos redes LAN con direcciones privadas que desea interconectar, cada una tiene un concentrador o hub, una tiene direcciones de la forma 192.168.1.x (i.e 192.168.1.0 con netmask 255.255.255.0 o más breve 192.168.1.0/24), y la otra 192.168.2.x.

Para que las dos redes mantengan cada una su concentrador o hub, se requeriría un computador (con sistema operativo Linux) conectado a ambas redes que pueda retransmitir los paquetes a la red apropiada, y se tendría que configurar el enrutamiento en cada red (puede ser en cada computador o en la compuerta por defecto de cada uno), para que envíe paquetes dirigidos a la otra red por el computador intermediario.

#### Configuración enrutador linux para las redes LAN.

Al interconectar dos redes LAN TCP/IP se requiere un computador intermediario (enrutador) con dos tarjetas de red, una conectada a la primera red (digamos eth0 con dirección 192.168.1.200), la otra a la segunda (digamos eth1 con dirección 192.168.2.100) y debe estar configurado para retransmitir paquetes. La interfaz de red para la tarjeta conectada a la red 192.168.1.x, debe configurarse con una dirección en esa red. Por ejemplo la primera tarjeta conectada a la red 192.168.1.x puede asociarse con la interfaz eth0 con dirección 192.168.1.200 con:

**Nota:** Para configurar tarjetas token ring se usa la línea: `#ifconfig tr0 10.1.1.2 netmask 255.255.255.0 broadcast 10.1.1.255`

## SESIÓN 4. Práctica de Laboratorio: Configuración enrutamiento estático Linux

Para configurar la primera tarjeta ethernet se usa la línea:

```
#ifconfig eth0 192.168.1.200 netmask 255.255.255.0
```

Para configurar la segunda tarjeta ethernet se usa la línea:

```
#ifconfig eth1 192.168.2.100 netmask 255.255.255.0
```

o podría configurarse en `/etc/networks/interfaces` con:

```
iface eth0 inet static
address 192.168.1.200
netmask 255.255.255.0
network 192.168.1.0
broadcast 192.168.1.255
```

Una vez configuradas las dos tarjetas, podría configurar el enrutamiento primero habilitando reenvío de paquetes IP:

```
echo 1 > /proc/sys/net/ipv4/ip_forward
```

o para que la configuración sea tomada durante el arranque en el archivo `/etc/network/options`:

```
ip_forward=yes
spoofprotect=yes
syncookies=no
```

Después puede configurar desde la línea de comandos (o un script durante el arranque del sistema) el enrutamiento de acuerdo a las interfaces:

```
# route add -net 192.168.1.0 netmask 255.255.255.0 dev eth0
# route add -net 192.168.2.0 netmask 255.255.255.0 dev eth1
```

*Configuración host para las subredes.*

Para que otros computadores de la red `192.168.1.x` se puedan comunicar con otros de `192.168.2.x` y viceversa, debería configurar en los que se comunicaran o en las compuertas o gateway de cada red (EN AMBOS) al intermediario.

Por ejemplo si `192.168.1.2` se conectará con `192.168.2.2`, en el primero debe usar:

```
# route add -net 192.168.2.0 netmask 255.255.255.0 gw 192.168.1.200
```

y en el segundo

```
# route add -net 192.168.1.0 netmask 255.255.255.0 gw 192.168.2.100
```

Después de hacer esta configuración en los dos, puede probar por ejemplo desde `192.168.2.2`

```
# ping 192.168.1.2
```

Si tiene problemas en la conexión, puede verificar las tablas de enrutamiento (con `route` o `netstat -r`) o puede rastrear la ruta que toman los paquetes con `traceroute`, por ejemplo desde `192.168.2.2`:

```
traceroute 192.168.1.2.
```