

Redes de Computadoras 2020

TP 3: Ruteo externo dinámico

Alumnos:

Losano Quintana, Juan Cruz (locxhalosano45@gmail.com)

Piñero, Tomás Santiago (tom-300@hotmail.com)

Docentes:

Natasha Tomattis (natasha.tomattis@mi.unc.edu.ar)

Ayudantes alumnos:

Aguerreberry Matthew, Sulca Sergio, Moral Ramiro, Soriano Juan

Objetivos

Ruteo externo. Concepto de sistemas autónomos. Análisis del protocolo para IPv4 e IPv6. Implementación en GNS3 y/o equipos físicos.

Requisitos

- Computadora por cada 2 personas

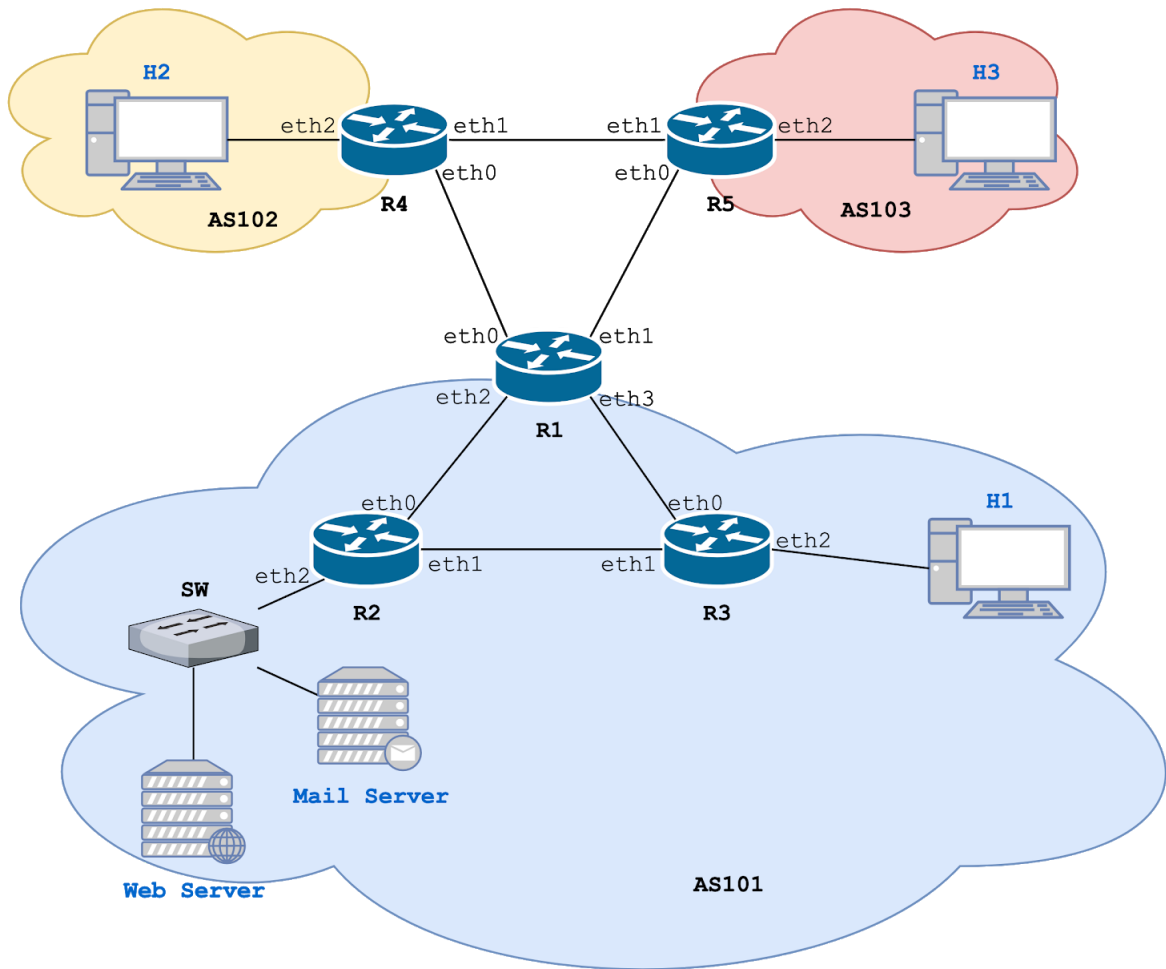
Consignas

Ruteo dinamico BGP con docker-compose

Recomendaciones

- Lea con cuidado las consignas
- Tenga certeza de los comandos que ejecuta
- Realizar todas las configuraciones para IPv4 e IPv6

Diagrama de red



Consignas

1. Modificar el archivo docker-compose para replicar la topología definida en el diagrama. El mail server es opcional, pueden usar el web server que prefieran (Nginx, apache, etc).

Dispositivo	Interfaz	Dirección IPv4/24	Dirección IPv6/64
R1	eth0	192.168.14.11	2001:a:b:14::11
	eth1	192.168.15.11	2001:a:b:15::11
	eth2	192.168.12.11	2001:a:b:12::11
	eth3	192.168.13.11	2001:a:b:13::11
R2	eth0	192.168.12.21	2001:a:b:12::21
	eth1	192.168.23.11	2001:a:b:23::11
	eth2	172.10.2.11	2002:a:b:2::11
R3	eth0	192.168.13.31	2001:a:b:13::31
	eth1	192.168.23.32	2001:a:b:23::32
	eth2	10.0.3.11	2003:a:b:3::11
R4	eth0	192.168.14.41	2001:a:b:14::41
	eth1	192.168.45.11	2001:a:b:45::11
	eth2	10.0.4.11	2004:a:b:4::11
R5	eth0	192.168.15.51	2001:a:b:15::51
	eth1	192.168.45.54	2001:a:b:45::54
	eth2	10.0.5.11	2005:a:b:5::11
H1	eth0	10.0.3.12	2003:a:b:3::12
H2	eth0	10.0.4.12	2004:a:b:4::12
H3	eth0	10.0.5.12	2005:a:b:5::12
Web Server	eth0	172.10.2.12	2002:a:b:2::12
Mail Server	eth0	172.10.2.14	2002:a:b:2::14

2. Crear y modificar los archivos de configuración para cada router.

```
r1:
  build: ./bgp/.
  volumes:
    - ./volumes/bgp/r1/zebra.conf:/etc/quagga/zebra.conf:ro
    - ./volumes/bgp/r1/ospfd.conf:/etc/quagga/ospfd.conf:ro
    - ./volumes/bgp/r1/ospf6d.conf:/etc/quagga/ospf6d.conf:ro
    - ./volumes/bgp/r1/bgpd.conf:/etc/quagga/bgpd.conf:ro
    - ./volumes/bgp/supervisord.conf:/etc/supervisord.conf:ro
  image: bgp:20180508
  privileged: true
  ports:
    #admin
    - 10101:2601
    #ospf ipv4
    - 10102:2604
    #ospf ipv6
    - 10103:2606
    #bgp
    - 10104:2605
  networks:
    oam14:
      ipv4_address: 192.168.14.11
      ipv6_address: 2001:a:b:14::11
    oam15:
      ipv4_address: 192.168.15.11
      ipv6_address: 2001:a:b:15::11
    oam12:
      ipv4_address: 192.168.12.11
      ipv6_address: 2001:a:b:12::11
    oam13:
      ipv4_address: 192.168.13.11
      ipv6_address: 2001:a:b:13::11
```

Fig. 1 - Configuración del router 1 en *docker-compose*.

Se crearon las imágenes de los cinco routers como se ve en la Fig. 1, que tiene cuatro conexiones (R2, R3, R4 y R5) con sus direcciones IP correspondientes y los puertos para acceder a cada una de las configuraciones.

3. Configurar OSPF en AS101.

<pre>! *- ospf *- ! OSPFd sample configuration file ! hostname r1 password admin ! interface eth0 ip ospf priority 2 interface eth1 ip ospf priority 2 interface eth2 ! interface eth3 ! router ospf network 192.168.12.0/24 area 0 network 192.168.13.0/24 area 0 ! log file /var/log/quagga/ospfd.log</pre>	<pre>! *- ospf *- ! OSPFd sample configuration file ! hostname r2 password admin ! interface eth0 ip ospf priority 1 interface eth1 ip ospf priority 1 interface eth2 ip ospf priority 1 ! router ospf network 192.168.12.0/24 area 0 network 192.168.23.0/24 area 0 network 172.10.2.0/24 area 0 ! log file /var/log/quagga/ospfd.log</pre>	<pre>! *- ospf *- ! OSPFd sample configuration file ! hostname r3 password admin ! interface eth0 ip ospf priority 0 interface eth1 ip ospf priority 0 interface eth2 ip ospf priority 0 ! router ospf network 192.168.13.0/24 area 0 network 192.168.23.0/24 area 0 #network 10.0.3.0/24 area 0 ! log file /var/log/quagga/ospfd.log</pre>
---	--	---

OSPFv2 Router 1.

OSPFv2 Router 2.

OSPFv2 Router 3.

<pre>! *- ospfv3 *- ! OSPF6d configuration file ! hostname r1 password admin ! interface eth0 ipv6 ospf6 cost 1 ipv6 ospf6 hello-interval 10 ipv6 ospf6 dead-interval 40 ipv6 ospf6 retransmit-interval 5 ipv6 ospf6 priority 1 ipv6 ospf6 transmit-delay 1 ! interface eth1 ipv6 ospf6 cost 1 ipv6 ospf6 hello-interval 10 ipv6 ospf6 dead-interval 40 ipv6 ospf6 retransmit-interval 5 ipv6 ospf6 priority 1 ipv6 ospf6 transmit-delay 1 ! router ospf6 area 0.0.0.0 range 2001:a:b:12::/64 area 0.0.0.0 range 2001:a:b:13::/64 interface eth0 area 0.0.0.0 interface eth1 area 0.0.0.0 ! log file /var/log/quagga/ospf6d.log</pre>	<pre>! *- ospfv3 *- ! OSPF6d configuration file ! hostname r2 password admin ! interface eth0 ipv6 ospf6 cost 1 ipv6 ospf6 hello-interval 10 ipv6 ospf6 dead-interval 40 ipv6 ospf6 retransmit-interval 5 ipv6 ospf6 priority 1 ipv6 ospf6 transmit-delay 1 ! interface eth1 ipv6 ospf6 cost 1 ipv6 ospf6 hello-interval 10 ipv6 ospf6 dead-interval 40 ipv6 ospf6 retransmit-interval 5 ipv6 ospf6 priority 2 ipv6 ospf6 transmit-delay 1 ! interface eth2 ipv6 ospf6 cost 1 ipv6 ospf6 hello-interval 10 ipv6 ospf6 dead-interval 40 ipv6 ospf6 retransmit-interval 5 ipv6 ospf6 priority 2 ipv6 ospf6 transmit-delay 1 ! router ospf6 area 0.0.0.0 range 2001:a:b:12::/64 area 0.0.0.0 range 2001:a:b:23::/64 area 0.0.0.0 range 2002:a:b:2::/64 interface eth0 area 0.0.0.0 interface eth1 area 0.0.0.0 interface eth2 area 0.0.0.0 ! log file /var/log/quagga/ospf6d.log</pre>	<pre>! *- ospfv3 *- ! OSPF6d configuration file ! hostname r3 password admin ! interface eth0 ipv6 ospf6 cost 1 ipv6 ospf6 hello-interval 10 ipv6 ospf6 dead-interval 40 ipv6 ospf6 retransmit-interval 5 ipv6 ospf6 priority 1 ipv6 ospf6 transmit-delay 1 ! interface eth1 ipv6 ospf6 cost 1 ipv6 ospf6 hello-interval 10 ipv6 ospf6 dead-interval 40 ipv6 ospf6 retransmit-interval 5 ipv6 ospf6 priority 2 ipv6 ospf6 transmit-delay 1 ! interface eth2 ipv6 ospf6 cost 1 ipv6 ospf6 hello-interval 10 ipv6 ospf6 dead-interval 40 ipv6 ospf6 retransmit-interval 5 ipv6 ospf6 priority 2 ipv6 ospf6 transmit-delay 1 ! router ospf6 area 0.0.0.0 range 2001:a:b:13::/64 area 0.0.0.0 range 2001:a:b:23::/64 interface eth1 area 0.0.0.0 interface eth2 area 0.0.0.0 ! log file /var/log/quagga/ospf6d.log</pre>
---	---	--

OSPFv3 Router 1.

OSPFv3 Router 2.

OSPFv3 Router 3.

4. Configurar BGP entre los diferentes AS.
- No configurar políticas en los path.
 - Redistribuir OSPF en BGP. Tener en cuenta que AS101 va a exponer las rutas solo a web server y mail server si existiera. H1 no es alcanzable desde afuera del AS.

```
! *- bgp *-
! BGPd configuration file
!
hostname r1
password admin
!
router bgp 101
  bgp router-id 1.1.1.1
!
  no auto-summary
  no synchronization
  redistribute ospf
!
  neighbor 192.168.14.41 remote-as 102
  neighbor 192.168.15.51 remote-as 103
  neighbor 2001:a:b:14::41 remote-as 102
  neighbor 2001:a:b:15::51 remote-as 103
!
  address-family ipv6
  redistribute ospf6
  neighbor 2001:a:b:14::41 activate
  neighbor 2001:a:b:15::51 activate
  exit-address-family
!
!
log file /var/log/quagga/bgpd.log

! *- bgp *-
! BGPd configuration file
!
hostname r4
password admin
!
router bgp 102
  bgp router-id 4.4.4.4
!
  no auto-summary
  no synchronization
!
  network 10.0.4.0/24
  neighbor 192.168.14.11 remote-as 101
  neighbor 192.168.45.54 remote-as 103
  neighbor 2001:a:b:14::11 remote-as 101
  neighbor 2001:a:b:45::54 remote-as 103
!
  address-family ipv6
  network 2004:a:b:4::/64
  neighbor 2001:a:b:14::11 activate
  neighbor 2001:a:b:45::54 activate
!
!
log file /var/log/quagga/bgpd.log

! *- bgp *-
! BGPd configuration file
!
hostname r5
password admin
!
router bgp 103
  bgp router-id 5.5.5.5
!
  no auto-summary
  no synchronization
!
  network 10.0.5.0/24
  neighbor 192.168.15.11 remote-as 101
  neighbor 192.168.45.11 remote-as 102
  neighbor 2001:a:b:15::11 remote-as 101
  neighbor 2001:a:b:45::11 remote-as 102
!
  address-family ipv6
  network 2005:a:b:5::/64
  neighbor 2001:a:b:15::11 activate
  neighbor 2001:a:b:45::11 activate
!
!
log file /var/log/quagga/bgpd.log
```

BGP para Router 1.

BGP para Router 2.

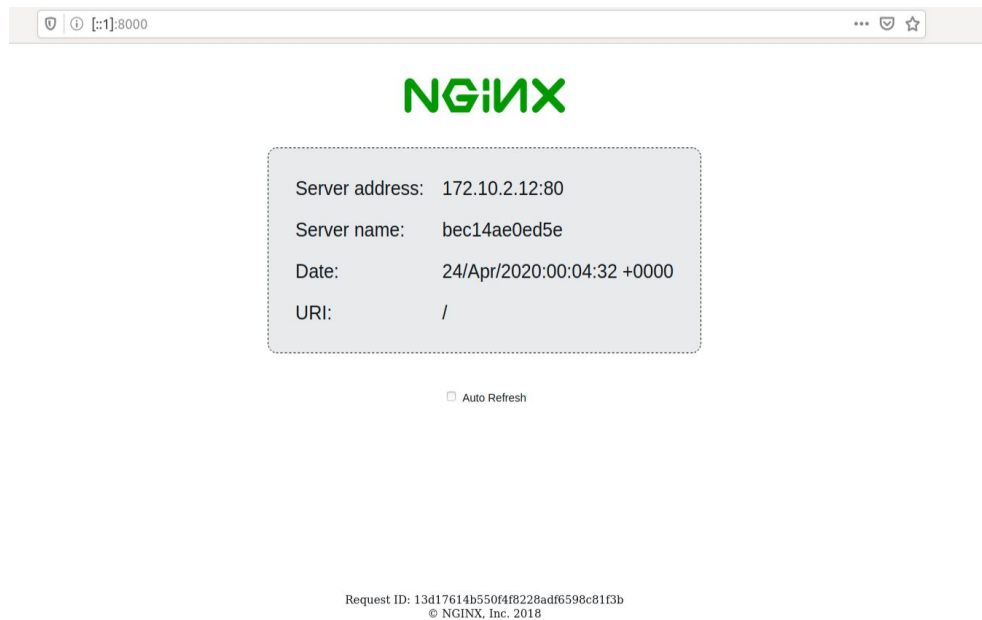
BGP para Router 3.

Las tres figuras de arriba muestran las configuraciones de BGP para los routers 1, 4 y 5 para ambas IP sin políticas en los caminos disponibles.

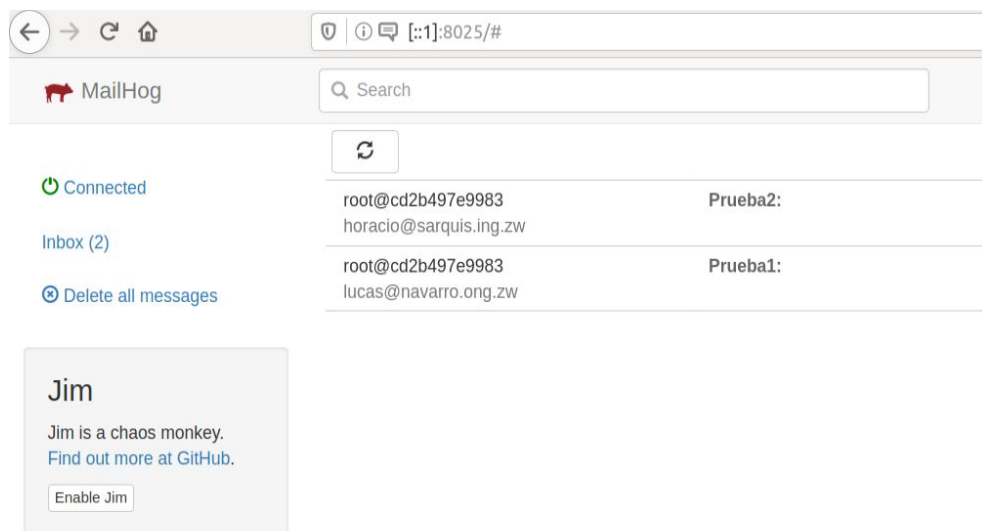
En la primera se puede también ver la configuración para redistribuir OSPFv2 y OSPFv3 en el área AS101 exponiendo solamente el *Web Server* y el *Mail Server*.

5. Comprobar la conectividad entre el web server y todos los hosts. Consumir los servicios web desde H1, H2 y H3.

Como *Web Server* se utilizó una demo corriendo en Nginx, llamada [Nginxdemos/hello](#) la cual corre una página web que muestra la dirección ip del server, el nombre del servidor, la fecha de acceso al mismo y una imagen PNG.



Como *Mail Server* se utilizo [Mailhog](#).




```
jclosano@jclosano-VirtualBox:~/Documents/fcefyn/redes/tp3$ docker exec -ti bgp_h1_1 ash
/ # wget 172.10.2.12
Connecting to 172.10.2.12 (172.10.2.12:80)
saving to 'index.html'
index.html      100% |*****
'index.html' saved
```

Fig. 2 - Acceso del *Host 1* al Web Server.

```
jclosano@jclosano-VirtualBox:~/Documents/fcefyn/redes/tp3$ docker exec -ti bgp_h2_1 ash
/ # wget 172.10.2.12:80
Connecting to 172.10.2.12:80 (172.10.2.12:80)
saving to 'index.html'
index.html      100% |*****
'index.html' saved
```

Fig. 3 - Acceso del *Host 2* al Web Server.

```
jclosano@jclosano-VirtualBox:~/Documents/fcefyn/redes/tp3$ docker exec -ti bgp_h3_1 bash
root@f4869d3a9b1c:/# wget 172.10.2.12:80
--2020-04-23 21:43:11-- http://172.10.2.12/
Connecting to 172.10.2.12:80... connected.
HTTP request sent, awaiting response... 200 OK
Length: unspecified [text/html]
Saving to: 'index.html'

[ <=>

2020-04-23 21:43:11 (578 MB/s) - 'index.html' saved [7219]
```

Fig. 4 - Acceso del *Host 3* al Web Server.

6. Explicar las tablas de ruteo y las tablas BGP.

```
r4# sh ip route
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
       O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, P - PIM, A - Babel, N - NHRP,
       > - selected route, * - FIB route

K>* 0.0.0.0/0 via 10.0.4.1, eth0
C>* 10.0.4.0/24 is directly connected, eth0
B>* 10.0.5.0/24 [20/0] via 192.168.45.54, eth2, 00:13:29
C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo
B>* 172.10.2.0/24 [20/20] via 192.168.14.11, eth1, 00:12:43
C>* 192.168.14.0/24 is directly connected, eth1
B>* 192.168.23.0/24 [20/20] via 192.168.14.11, eth1, 00:12:43
C>* 192.168.45.0/24 is directly connected, eth2
```

Fig. 5 - RIB de R4.

En la figura superior se puede ver que en el R4 la ruta hacia los servidores y el *Host 3* se aprenden mediante BGP.

En el caso de este router, todas las rutas son seleccionadas para la FIB.

```
r1# sh ip route
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
       O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, P - PIM, A - Babel, N - NHRP,
       > - selected route, * - FIB route

K>* 0.0.0.0/0 via 192.168.12.1, eth0
B>* 10.0.4.0/24 [20/0] via 192.168.14.41, eth2, 00:14:39
B>* 10.0.5.0/24 [20/0] via 192.168.15.51, eth3, 00:14:39
C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo
O>* 172.10.2.0/24 [110/20] via 192.168.12.21, eth0, 00:13:56
O 192.168.12.0/24 [110/10] is directly connected, eth0, 00:14:41
C>* 192.168.12.0/24 is directly connected, eth0
O 192.168.13.0/24 [110/10] is directly connected, eth1, 00:14:41
C>* 192.168.13.0/24 is directly connected, eth1
C>* 192.168.14.0/24 is directly connected, eth2
C>* 192.168.15.0/24 is directly connected, eth3
O>* 192.168.23.0/24 [110/20] via 192.168.12.21, eth0, 00:13:56
    *                               via 192.168.13.31, eth1, 00:13:56
```

Fig. 6 - RIB de R1.

En la Fig. 5 se puede observar que hay rutas que se establecieron mediante OSPF (la de los servidores -172.10.2.0- y routers vecinos), sin incluir al Host 1, que no debe ser visible fuera del AS y BGP (R4 y R5).

```
r1# sh ip bgp
BGP table version is 0, local router ID is 1.1.1.1
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, = multipath,
               i internal, r RIB-failure, S Stale, R Removed
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network        Next Hop        Metric LocPrf Weight Path
* 10.0.4.0/24     192.168.14.41         0             0 102 i
*                  192.168.15.51         0             0 103 102 i
*                  192.168.15.51         0             0 103 102 i
*>                 192.168.14.41         0             0 102 i
* 10.0.5.0/24     192.168.14.41         0             0 102 103 i
*                  192.168.15.51         0             0 103 i
*>                 192.168.15.51         0             0 103 i
*                  192.168.14.41         0             0 102 103 i
*> 172.10.2.0/24  192.168.12.21        20           32768 ?
*> 192.168.23.0   192.168.12.21        20           32768 ?
```

Fig. 7 - Tabla BGP de R1.

La Fig. 7 muestra cuáles son las redes a las que está conectado el R1 y cuáles es el próximo salto, la métrica, preferencia local y peso del camino del AS a ellas. Estos tres

últimos atributos son utilizados para elegir el mejor camino. El peso es considerado primero.

7. A través de políticas BGP cambiar el AS path desde AS103 hasta AS101. Comprobar con traceroute y capturas a las tablas de ruteo y BGP.

```
jclosano@jclosano-VirtualBox:~/Documents/fcefyn/redes/tp3$ docker exec -ti bgp_h2_1 ash
/ # traceroute 172.10.2.12
traceroute to 172.10.2.12 (172.10.2.12), 30 hops max, 46 byte packets
 1  bgp_r4_1.bgp_nr4 (10.0.4.11)  0.004 ms  0.002 ms  0.001 ms
 2  192.168.45.54 (192.168.45.54)  0.002 ms  0.006 ms  0.002 ms
 3  * * *
 4  * * *
 5  172.10.2.12 (172.10.2.12)  0.010 ms  0.006 ms  0.002 ms
```

Fig. 8 - *traceroute* del Host 2 al Web Server.

Se cambió la ruta del Host 2 al Web Server porque el Host 3 está corriendo la imagen *ubuntu:trusty* para interactuar con el Mail Server (creada por [xueshanf](#)).

La Fig 8 muestra el *traceroute* una vez cambiado los caminos de los *routers*. Esto se logró modificando los pesos de los caminos en todos los routers, ya que la información del peso del camino no se comparte.

```
r4# sh ip route
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
       O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, P - PIM, A - Babel, N - NHRP,
       > - selected route, * - FIB route

K>* 0.0.0.0/0 via 10.0.4.1, eth0
C>* 10.0.4.0/24 is directly connected, eth0
B>* 10.0.5.0/24 [20/0] via 192.168.45.54, eth2, 00:05:40
C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo
B>* 172.10.2.0/24 [20/0] via 192.168.45.54, eth2, 00:04:56
C>* 192.168.14.0/24 is directly connected, eth1
B>* 192.168.23.0/24 [20/0] via 192.168.45.54, eth2, 00:04:56
C>* 192.168.45.0/24 is directly connected, eth2
```

Fig. 9 - RIB de R4 con los pesos modificados.

En la Fig. 7 se puede ver que la ruta elegida para ir a los servidores (**172.10.2.0/24**) es la **192.168.14.41**, que es la que va del R1 al R4, mientras que en la Fig. 9 muestra que para ir hacia ellos la ruta elegida es la **192.168.45.54**, que es el camino entre el R1 y el R5.


```

r4# sh ip bgp
BGP table version is 0, local router ID is 4.4.4.4
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, = multipath,
               i internal, r RIB-failure, S Stale, R Removed
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network        Next Hop           Metric LocPrf Weight Path
*> 10.0.4.0/24     0.0.0.0              0         32768 i
* 10.0.5.0/24     192.168.45.54         0          0 103 i
*                 192.168.14.11         0          0 101 103 i
*                 192.168.14.11        100        100 101 103 i
*>                 192.168.45.54         0          500 103 i
* 172.10.2.0/24   192.168.45.54         0          0 103 101 ?
*                 192.168.14.11        20          0 101 ?
*                 192.168.14.11        20        100 101 ?
*>                 192.168.45.54         0          500 103 101 ?
* 192.168.23.0    192.168.45.54         0          0 103 101 ?
*                 192.168.14.11        20          0 101 ?
*                 192.168.14.11        20        100 101 ?
*>                 192.168.45.54         0          500 103 101 ?

```

Fig. 10 - Tabla BGP del R4.

La Fig. 10 muestra que el siguiente salto para llegar a los servers es por el R5 (**192.168.45.54**).

Se selecciona como mejor ruta para llegar a los servidores (**172.10.2.0/24**) a la ruta con el salto **192.168.45.54**, que va por el AS 103 y luego por el AS 101. Se pueden ver los pesos modificados, aquella conexión con más peso es la seleccionada.

```

jcclosano@jcclosano-VirtualBox:~/Documents/fcefyn/redes/tp3$ docker exec -ti bgp_h2_1 ash
/ # traceroute 2002:a:b:2::12
traceroute to 2002:a:b:2::12 (2002:a:b:2::12), 30 hops max, 72 byte packets
 1  bgp_r4_1.bgp_nr4 (2004:a:b:4::11)  0.003 ms  0.003 ms  0.001 ms
 2  2001:a:b:45::54 (2001:a:b:45::54)  0.001 ms  0.005 ms  0.002 ms
 3  2001:a:b:15::11 (2001:a:b:15::11)  0.024 ms  0.008 ms  0.002 ms
 4  2001:a:b:12::21 (2001:a:b:12::21)  0.002 ms  0.007 ms  0.001 ms
 5  2002:a:b:2::12 (2002:a:b:2::12)  0.001 ms  0.004 ms  0.002 ms

```

Fig. 11 - *traceroute* en IPv6 del Host 2 al Web Server.



Links de ayuda

Configuración de BGP

- <http://docs.frrouting.org/en/latest/>

Instalación de Docker CE:

- <https://docs.google.com/document/d/1TRYoo9j6BrvZqy7tFOMqfFEEIkYwXAI-sj3hJVFwIPQ/edit#>

Quagga y otros software OpenSource para ruteo:

- <https://keepingitclassless.net/2015/05/open-source-routing-comparison/>