

به نام خدا

علی فتحی

Data Communication Networks, Lab #4

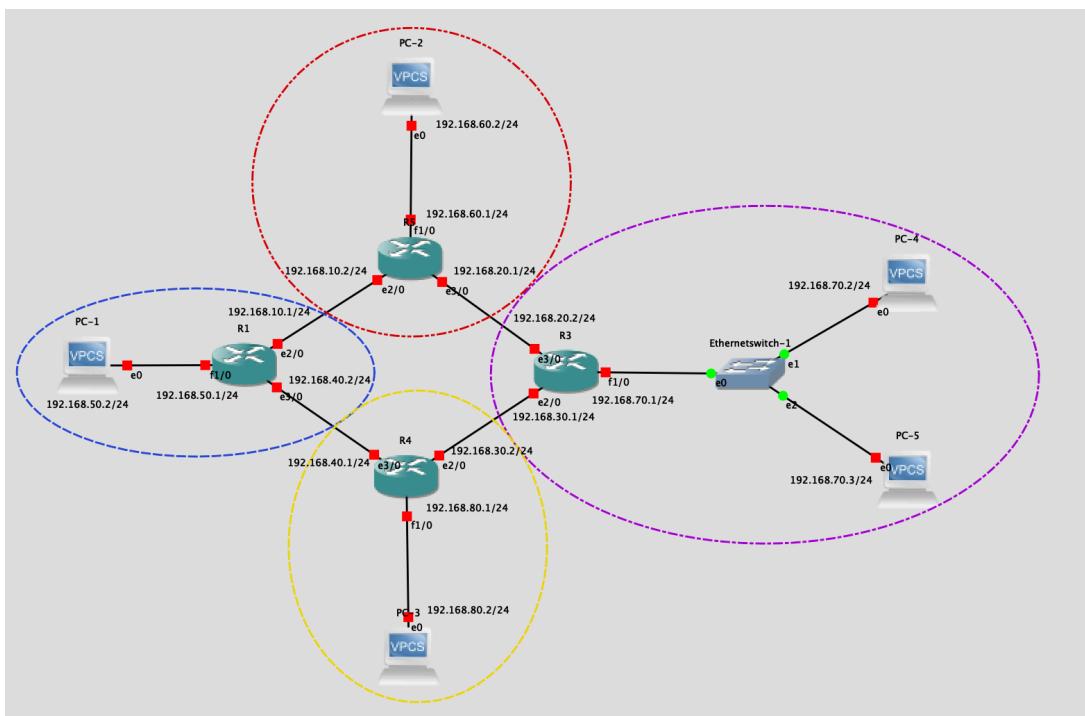
Instructor: Dr. MohammadReza Pakravan

IP protocols and Routing

(نکته: تمام توضیحات پروتکل‌ها در انتهای گزارش آمده است)

بخش اول: Static Routing

قراردادهی شبکه به صورت زیر است:



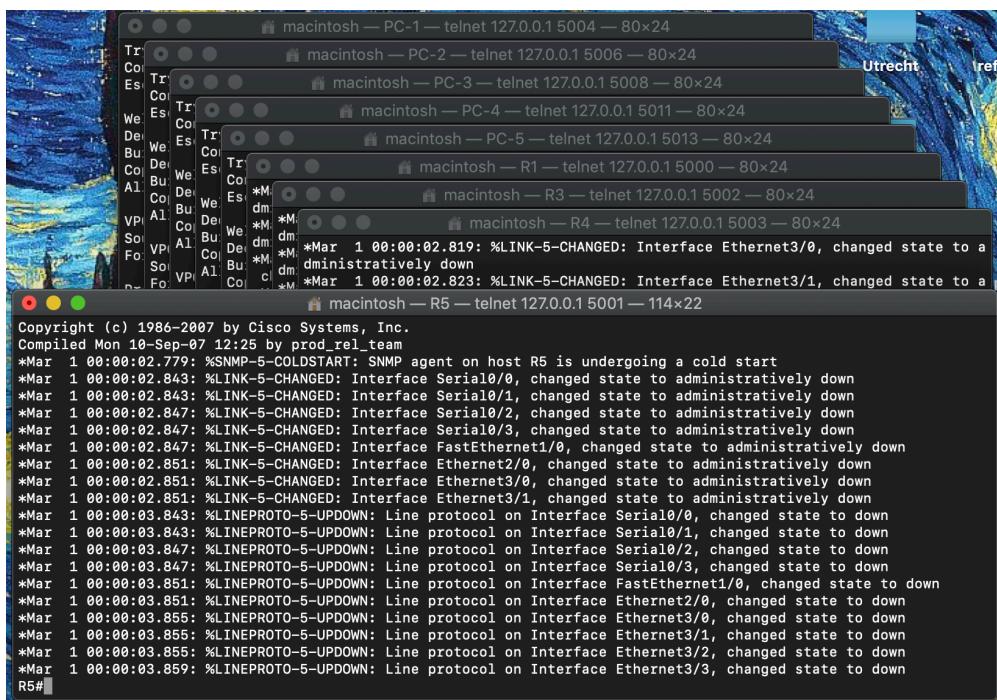
یک نمونه از آدرس دهی به صورت زیر است:

```
*Mar 1 00:00:03.939: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Ethernet3/3, changed state to down
|R3#con
|R3#conf
|R3#configure t
|R3#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
|R3(config)#inte
|R3(config)#interface fas
|R3(config)#interface fastEthernet 1/0
|R3(config-if)#ip ad
|R3(config-if)#ip ads
|R3(config-if)#ip add
|R3(config-if)#ip address 192.168.70.1 255.255.255.0
|R3(config-if)#no shu
|R3(config-if)#no shutdown
|R3(config-if)#exit
R3(config)#
*Mar 1 00:12:42.751: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet1/0, changed state to up
*Mar 1 00:12:43.751: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet1/0, changed state to up
R3(config)#[
```

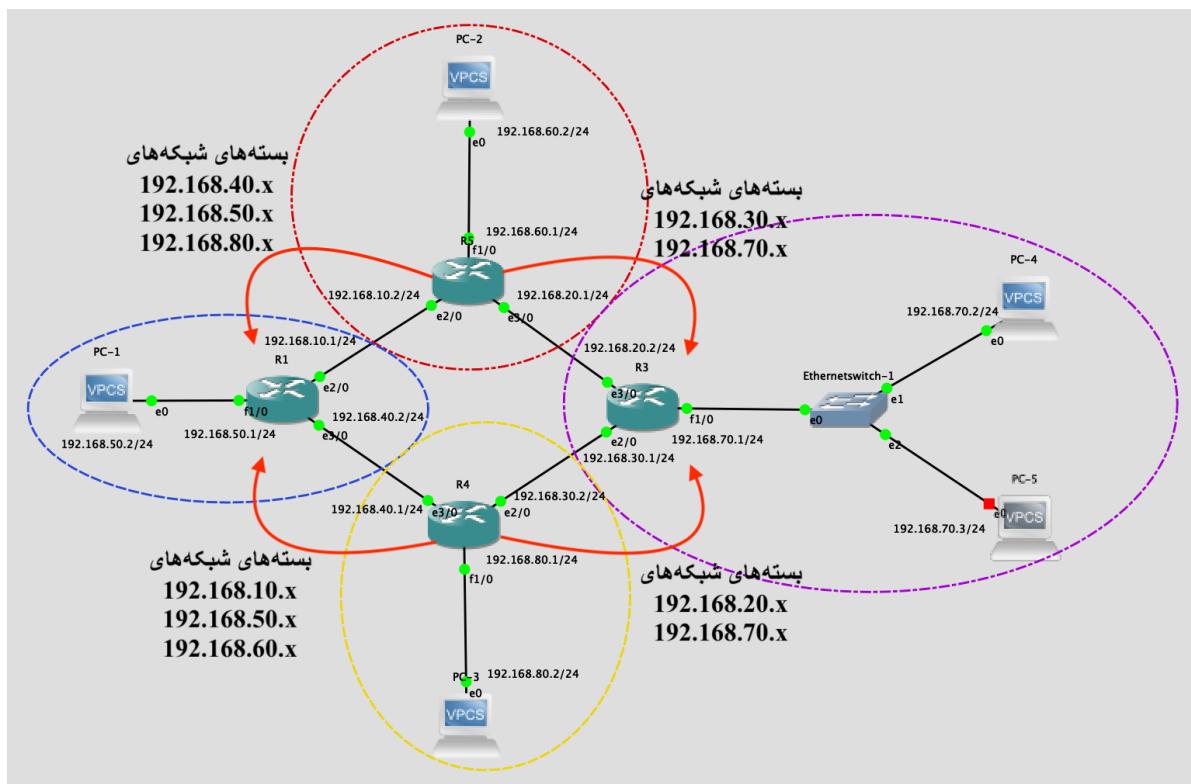
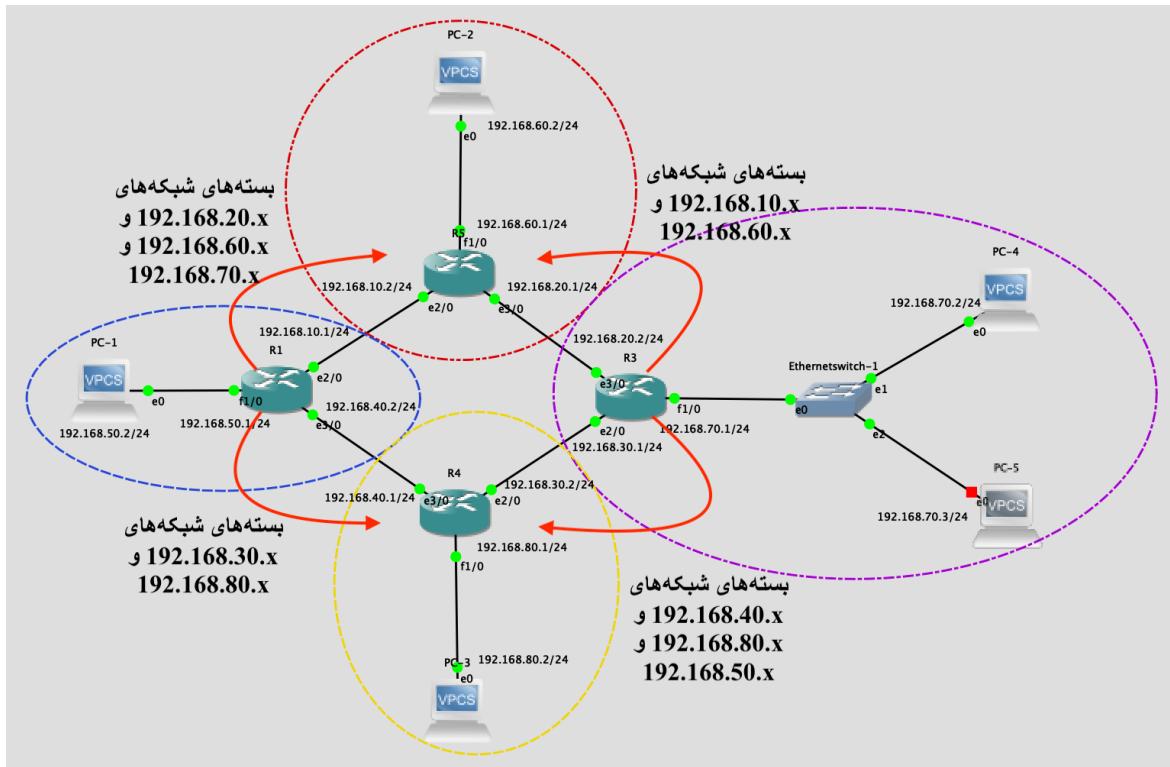
و به عنوان مثال برای VPCS-3

```
|PC-3> ip 192.168.80.2 192.168.80.1  
Checking for duplicate address...  
PC1 : 192.168.80.2 255.255.255.0 gateway 192.168.80.1  
  
|PC-3> show ip  
  
NAME      : PC-3[1]  
IP/MASK   : 192.168.80.2/24  
GATEWAY   : 192.168.80.1  
DNS       :  
MAC       : 00:50:79:66:68:02  
LPORT     : 10048  
RHOST:PORT: 127.0.0.1:10049  
MTU       : 1500
```

وضعیت ترمینال‌ها هم به شکل زیر است:



جهتدهی Router ها در دو شکل زیر خلاصه می‌شود:



که در شکل دوم به دلیل آن که R3 با دو کامپیوتر در تماس است، لحاظ شده Router های R4 و R5 بسته های رو بروی را از مسیر چپ بفرستند و R3 را شلوغ نکنند؛ در حالی که در شکل با لا برای R4 و R5 تقارن لحاظ شده است تا ترافیک پخش شود. نمونه برای R1 این گونه است:

```
[R1#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
[R1(config)#ip route 192.168.20.0 255.255.255.0 e2/0
[R1(config)#ip route 192.168.60.0 255.255.255.0 e2/0
[R1(config)#ip route 192.168.70.0 255.255.255.0 e2/0
[R1(config)#ip route 192.168.30.0 255.255.255.0 e3/0
[R1(config)#ip route 192.168.80.0 255.255.255.0 e3/0
[R1(config)#exit
```

```
S 192.168.30.0/24 is directly connected, Ethernet3/0
S 192.168.60.0/24 is directly connected, Ethernet2/0
C 192.168.10.0/24 is directly connected, Ethernet2/0
C 192.168.40.0/24 is directly connected, Ethernet3/0
S 192.168.80.0/24 is directly connected, Ethernet3/0
S 192.168.20.0/24 is directly connected, Ethernet2/0
C 192.168.50.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
S 192.168.70.0/24 is directly connected, Ethernet2/0
R1#
```

برای R3 این گونه است:

```
[R3#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
[R3(config)#ip route 192.168.10.0 255.255.255.0 e3/0
[R3(config)#ip route 192.168.60.0 255.255.255.0 e3/0
[R3(config)#ip route 192.168.40.0 255.255.255.0 e2/0
[R3(config)#ip route 192.168.80.0 255.255.255.0 e2/0
[R3(config)#ip route 192.168.50.0 255.255.255.0 e2/0
[R3(config)#exit
```

برای R4 این گونه است:

```
[R4#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
[R4(config)#ip route 192.168.10.0 255.255.255.0 e3/0
[R4(config)#ip route 192.168.50.0 255.255.255.0 e3/0
[R4(config)#ip route 192.168.60.0 255.255.255.0 e3/0
[R4(config)#ip route 192.168.20.0 255.255.255.0 e2/0
[R4(config)#ip route 192.168.70.0 255.255.255.0 e2/0
[R4(config)#exit
```

برای R5 این گونه است:

```
[R5#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
[R5(config)#ip route 192.168.40.0 255.255.255.0 e2/0
[R5(config)#ip route 192.168.50.0 255.255.255.0 e2/0
[R5(config)#ip route 192.168.80.0 255.255.255.0 e2/0
[R5(config)#ip route 192.168.30.0 255.255.255.0 e3/0
[R5(config)#ip route 192.168.70.0 255.255.255.0 e3/0
[R5(config)#exit
```

نحوه ping شدن از PC1 به سایر PC ها نیز به شکل زیر است:

```
PC-1> ping 192.168.60.2
[

84 bytes from 192.168.60.2 icmp_seq=1 ttl=62 time=59.229 ms
84 bytes from 192.168.60.2 icmp_seq=2 ttl=62 time=38.624 ms
84 bytes from 192.168.60.2 icmp_seq=3 ttl=62 time=39.172 ms
84 bytes from 192.168.60.2 icmp_seq=4 ttl=62 time=45.645 ms
84 bytes from 192.168.60.2 icmp_seq=5 ttl=62 time=44.982 ms

[PC-1> ping 192.168.70.2

84 bytes from 192.168.70.2 icmp_seq=1 ttl=61 time=79.582 ms
84 bytes from 192.168.70.2 icmp_seq=2 ttl=61 time=64.077 ms
84 bytes from 192.168.70.2 icmp_seq=3 ttl=61 time=65.170 ms
84 bytes from 192.168.70.2 icmp_seq=4 ttl=61 time=59.940 ms
84 bytes from 192.168.70.2 icmp_seq=5 ttl=61 time=63.967 ms

[PC-1> ping 192.168.70.3

84 bytes from 192.168.70.3 icmp_seq=1 ttl=61 time=77.039 ms
84 bytes from 192.168.70.3 icmp_seq=2 ttl=61 time=64.404 ms
84 bytes from 192.168.70.3 icmp_seq=3 ttl=61 time=63.187 ms
84 bytes from 192.168.70.3 icmp_seq=4 ttl=61 time=60.884 ms
84 bytes from 192.168.70.3 icmp_seq=5 ttl=61 time=60.335 ms

[PC-1> ping 192.168.80.2

84 bytes from 192.168.80.2 icmp_seq=1 ttl=62 time=58.707 ms
84 bytes from 192.168.80.2 icmp_seq=2 ttl=62 time=48.934 ms
84 bytes from 192.168.80.2 icmp_seq=3 ttl=62 time=46.481 ms
84 bytes from 192.168.80.2 icmp_seq=4 ttl=62 time=38.469 ms
84 bytes from 192.168.80.2 icmp_seq=5 ttl=62 time=44.143 ms
```

سایر ping شدن‌ها در شبکه نیز به درستی عمل می‌کنند.

نتیجه استفاده از wireshark نیز به صورت زیر است (برای نمونه ارتباط بین R1 و R4 در اینجا آمده است زیرا برخلاف خواسته سوال روتی با شماره ۲ وجود ندارد):

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
2	0.551976	cc:04:0c:cd:00:30	cc:04:0c:cd:00:30	LOOP	60	Reply
3	11.753039	cc:01:0c:c6:00:30	cc:01:0c:c6:00:30	LOOP	60	Reply
4	12.440478	cc:04:0c:cd:00:30	cc:04:0c:cd:00:30	LOOP	60	Reply
5	17.742333	cc:04:0c:cd:00:30	CDP/FTP/DTP/PAGP/U...	CDP	351	Device ID: R4 Port ID: Ethernet3/0
6	23.322395	cc:01:0c:c6:00:30	cc:01:0c:c6:00:30	LOOP	60	Reply
7	23.417285	192.168.50.2	192.168.80.2	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x6a6e, seq=1/256, ttl=63 (reply in 8)
8	23.452143	192.168.50.2	192.168.80.2	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x6a6e, seq=1/256, ttl=63 (request in 7)
9	24.112214	cc:04:0c:cd:00:30	cc:04:0c:cd:00:30	LOOP	60	Reply
10	24.470385	192.168.50.2	192.168.80.2	ICMP	98	Echo (ping) request id=0xb66e, seq=2/512, ttl=63 (reply in 11)
11	24.495034	192.168.50.2	192.168.50.2	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0xb66e, seq=2/512, ttl=63 (request in 10)
12	25.112214	192.168.50.2	192.168.80.2	ICMP	98	Echo (ping) request id=0xc66e, seq=3/768, ttl=63 (reply in 13)
13	25.534052	192.168.50.2	192.168.80.2	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0xc66e, seq=3/768, ttl=63 (request in 12)
14	26.560455	192.168.50.2	192.168.80.2	ICMP	98	Echo (ping) request id=0xd66e, seq=4/1024, ttl=63 (reply in 15)
15	26.585019	192.168.80.2	192.168.50.2	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0xd66e, seq=4/1024, ttl=63 (request in 14)
16	27.610020	192.168.50.2	192.168.80.2	ICMP	98	Echo (ping) request id=0xe66e, seq=5/1280, ttl=63 (reply in 17)
17	27.633883	192.168.80.2	192.168.50.2	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0xe66e, seq=5/1280, ttl=63 (request in 16)
18	34.775904	cc:01:0c:c6:00:30	cc:01:0c:c6:00:30	LOOP	60	Reply
19	35.753855	cc:04:0c:cd:00:30	cc:04:0c:cd:00:30	LOOP	60	Reply
20	39.742014	cc:01:0c:c6:00:30	CDP/FTP/DTP/PAGP/U...	CDP	351	Device ID: R1 Port ID: Ethernet3/0
21	46.347940	cc:01:0c:c6:00:30	cc:01:0c:c6:00:30	LOOP	60	Reply
22	47.388977	cc:04:0c:cd:00:30	cc:04:0c:cd:00:30	LOOP	60	Reply

▶ Frame 14: 98 bytes on wire (784 bits), 98 bytes captured (784 bits) on interface 0
 ▶ Ethernet II, Src: cc:01:0c:c6:00:30 (cc:01:0c:c6:00:30), Dst: cc:04:0c:cd:00:30 (cc:04:0c:cd:00:30)
 ▶ Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.50.2, Dst: 192.168.80.2
 ▶ Internet Control Message Protocol

```

0000 cc 04 0c cd 00 30 cc 01 0c c6 00 30 08 00 45 00 . . . 0 . . . 0 . E
0010 00 54 6e 6d 00 00 3f 01 09 e7 c0 a8 32 02 c0 a8 Tnm . ? . . . 2 .
0020 50 02 08 00 b2 99 6d 6e 00 04 08 09 0a 0b 0c 0d P . . . mn . . . .
0030 0e 0f 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 1a 1b 1c 1d . . . . . . . .
0040 1e 1f 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 2a 2b 2c 2d . . !#$% &()'*)+,-
0050 2e 2f 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 3a 3b 3c 3d ./012345 6789:;<
0060 3e 3f >?

```

برای مثال، یک بسته Echo Request از نوع ICMP(internet Control Message Protocol) به شکل زیر است:

```

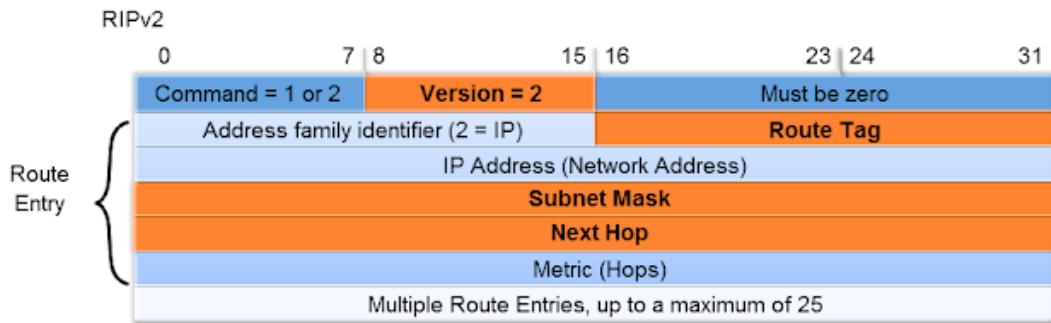
▼ Frame 16: 98 bytes on wire (784 bits), 98 bytes captured (784 bits) on interface 0
  ▶ Interface id: 0 (-)
  Encapsulation type: Ethernet (1)
  Arrival Time: Jan 4, 2019 18:02:14.719078000 +0330
  [Time shift for this packet: 0.000000000 seconds]
  Epoch Time: 1546612334.719078000 seconds
  [Time delta from previous captured frame: 1.025001000 seconds]
  [Time delta from previous displayed frame: 1.025001000 seconds]
  [Time since reference or first frame: 27.610020000 seconds]
  Frame Number: 16
  Frame Length: 98 bytes (784 bits)
  Capture Length: 98 bytes (784 bits)
  [Frame is marked: False]
  [Frame is ignored: False]
  [Protocols in frame: eth:ethertype:ip:icmp:data]
  [Coloring Rule Name: ICMP]
  [Coloring Rule String: icmp || icmpv6]
  ▶ Ethernet II, Src: cc:01:0c:c6:00:30 (cc:01:0c:c6:00:30), Dst: cc:04:0c:cd:00:30 (cc:04:
  ▶ Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.50.2, Dst: 192.168.80.2
  ▶ Internet Control Message Protocol

```

بخش دوم: Dynamic Routing

قسمت اول: RIP

مدل RIP به صورت زیر است:



که در اینجا از version2 استفاده کرده ایم، زیرا جدیدتر است.
ابتدا، IP همه PC ها و نیز Interface روترا مشابه قبل set می شود (که به دلیل شباهت دوباره تصویر آن آورده نمی شود).
برای نمونه کردن روتر R1 به صورت زیر است:

```
macintosh — R1 — telnet 127.0.0.1 5000 — 113x14
[OK]
[R1#
[R1#conf t
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
[R1(config)#router rip
[R1(config-router)#version 2
[R1(config-router)#network 192.168.10.0
[R1(config-router)#network 192.168.40.0
[R1(config-router)#network 192.168.50.0
[R1(config-router)#write
```

که به هر گفته می شود چه Router هایی را در بر می گیرد.

نتیجه ping کردن PC ها:

The screenshot shows five separate terminal windows, each titled "macintosh — PC-X — telnet 127.0.0.1 50XX" where X is the number of the PC (1-5). Each window displays the output of a ping command to another PC in the network.

- PC-1:** Shows a "save" command followed by a ping to PC-2 at 192.168.60.2. The ping results show 84 bytes from 192.168.60.2 with various TTL values and times.
- PC-2:** Shows a "save" command followed by a ping to PC-3 at 192.168.80.2. The ping results show 84 bytes from 192.168.80.2 with various TTL values and times.
- PC-3:** Shows a "save" command followed by a ping to PC-4 at 192.168.70.2. The ping results show 84 bytes from 192.168.70.2 with various TTL values and times.
- PC-4:** Shows a "save" command followed by a ping to PC-5 at 192.168.50.2. The ping results show 84 bytes from 192.168.50.2 with various TTL values and times.
- PC-5:** Shows a ping to PC-1 at 192.168.60.2. The ping results show 84 bytes from 192.168.60.2 with various TTL values and times.

و جدول Routing روترها:

```

macintosh — R1 — telnet 127.0.0.1 5000 — 113x14
o - ODR, P - periodic downloaded static route
Gateway of last resort is not set

R  192.168.30.0/24 [120/1] via 192.168.40.1, 00:00:26, Ethernet3/0
R  192.168.60.0/24 [120/1] via 192.168.10.2, 00:00:21, Ethernet2/0
C  192.168.10.0/24 is directly connected, Ethernet2/0
C  192.168.40.0/24 is directly connected, Ethernet3/0
R  192.168.80.0/24 [120/1] via 192.168.40.1, 00:00:26, Ethernet3/0
R  192.168.20.0/24 [120/1] via 192.168.40.1, 00:00:26, Ethernet3/0
[C] 192.168.50.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
R  192.168.70.0/24 [120/1] via 192.168.40.1, 00:00:28, Ethernet3/0
R1#]

macintosh — R3 — telnet 127.0.0.1 5001 — 113x13
C  192.168.30.0/24 is directly connected, Ethernet2/0
R  192.168.60.0/24 [120/1] via 192.168.20.1, 00:00:14, Ethernet3/0
R  192.168.10.0/24 [120/1] via 192.168.30.2, 00:00:21, Ethernet2/0
[C] 192.168.20.0/24 is directly connected, Ethernet3/0
R  192.168.40.0/24 [120/1] via 192.168.30.2, 00:00:21, Ethernet2/0
[R] 192.168.80.0/24 [120/1] via 192.168.20.1, 00:00:14, Ethernet3/0
[C] 192.168.20.0/24 is directly connected, Ethernet3/0
R  192.168.50.0/24 [120/1] via 192.168.30.2, 00:00:23, Ethernet2/0
[R] 192.168.70.0/24 [120/1] via 192.168.20.1, 00:00:17, Ethernet3/0
[C] 192.168.70.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
R3#]

macintosh — R4 — telnet 127.0.0.1 5002 — 112x11
C  192.168.30.0/24 is directly connected, Ethernet2/0
R  192.168.60.0/24 [120/1] via 192.168.40.2, 00:00:20, Ethernet3/0
[R] 192.168.10.0/24 [120/1] via 192.168.40.2, 00:00:20, Ethernet3/0
C  192.168.40.0/24 is directly connected, Ethernet3/0
C  192.168.80.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
R  192.168.20.0/24 [120/1] via 192.168.30.1, 00:00:10, Ethernet2/0
R  192.168.50.0/24 [120/1] via 192.168.40.2, 00:00:20, Ethernet3/0
R  192.168.70.0/24 [120/1] via 192.168.30.1, 00:00:13, Ethernet2/0
R4#]

macintosh — R5 — telnet 127.0.0.1 5003 — 113x12
R  192.168.30.0/24 [120/1] via 192.168.20.2, 00:00:24, Ethernet3/0
[C] 192.168.60.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
C  192.168.10.0/24 is directly connected, Ethernet2/0
R  192.168.40.0/24 [120/1] via 192.168.10.1, 00:00:20, Ethernet2/0
R  192.168.80.0/24 [120/1] via 192.168.10.1, 00:00:20, Ethernet2/0
C  192.168.20.0/24 is directly connected, Ethernet3/0
R  192.168.50.0/24 [120/1] via 192.168.10.1, 00:00:20, Ethernet2/0
R  192.168.70.0/24 [120/1] via 192.168.20.2, 00:00:00, Ethernet3/0
[R] 192.168.70.0/24 [120/1] via 192.168.10.1, 00:00:23, Ethernet2/0
R5#

```

که همان طور که میدانیم metric این hop count است و نتیجه بالا معقول است، زیرا برای مثال R5 بسته PC1 در شبکه ۱۹۲.۱۶۸.۵۰.۰ را به ۰/۰.۶۲ خود می‌دهد که کوتاه ترین مسیر است. اما یک نکته در اینجا وجود دارد آن هم مسیرهای دو راهی است، یعنی برای مثال R3 بسته‌های شبکه ۴۰ یا ۱۰ را به هر دو سمت خود می‌فرستد. با یک بررسی دقیق‌تر می‌بینیم R1 بسته‌های بالا را به بالا و بسته‌های پایین را به پایین می‌دهد با دو نکته، بسته‌های شبکه ۲۰ را گاهی به پایین هم می‌دهد، و بسته‌های مقابله مربوط به شبکه سوییچ ۷۰ را نیز به پایین می‌دهد (به دلیل تقارن متریک hop برای شبکه ۷۰ این مسیر فرقی ندارد). این کار باعث می‌شود روی مسیر پایین ترافیک بسیار بیشتری از مسیر بالا بیافتد. به همین دلیل شبکه مقابله، R3، مجبور شده بسته‌های شبکه‌های ۴۰ و ۸۰ را که در پایین هستند، گاهی از مسیر بالا نیز بفرستد تا ترافیک در شبکه پخش شود. این گونه جداول Routing و مسیرهای دو راهی توجیه می‌شود.

نتیجه استفاده از wireshark نیز در ارتباط بین R1 و R4 به صورت زیر است:

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
2	4.374306	cc:03:22:ac:00:30	cc:03:22:ac:00:30	LOOP	60	Reply
3	7.403132	cc:01:22:aa:00:30	cc:01:22:aa:00:30	LOOP	60	Reply
4	16.211070	cc:03:22:ac:00:30	cc:03:22:ac:00:30	LOOP	60	Reply
5	18.739660	cc:01:22:aa:00:30	cc:01:22:aa:00:30	LOOP	60	Reply
6	20.039056	192.168.40.1	224.0.0.9	RIPv2	126	Response
7	21.675757	cc:03:22:ac:00:30	CDP/VTP/DTP/PAgP/U..	CDP	337	Device ID: R4 Port ID: Ethernet3/0
8	26.010956	192.168.50.2	192.168.70.2	ICMP	98	Echo (ping) request id=0xe186, seq=1/256, ttl=63 (req)
9	26.073021	192.168.70.2	192.168.50.2	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0xe186, seq=1/256, ttl=62 (req)
10	27.087386	192.168.50.2	192.168.70.2	ICMP	98	Echo (ping) request id=0xe286, seq=2/512, ttl=63 (req)
11	27.135615	192.168.70.2	192.168.50.2	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0xe286, seq=2/512, ttl=62 (req)
12	27.763445	cc:03:22:ac:00:30	cc:03:22:ac:00:30	LOOP	60	Reply
13	28.160044	192.168.50.2	192.168.70.2	ICMP	98	Echo (ping) request id=0xe386, seq=3/768, ttl=63 (req)
14	28.208560	192.168.70.2	192.168.50.2	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0xe386, seq=3/768, ttl=62 (req)
15	29.226231	192.168.50.2	192.168.70.2	ICMP	98	Echo (ping) request id=0xe486, seq=4/1024, ttl=63 (req)
16	29.272647	192.168.70.2	192.168.50.2	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0xe486, seq=4/1024, ttl=62 (req)
17	30.072581	cc:01:22:aa:00:30	cc:01:22:aa:00:30	LOOP	60	Reply
18	30.284298	192.168.50.2	192.168.70.2	ICMP	98	Echo (ping) request id=0xe586, seq=5/1280, ttl=63 (req)
19	30.331482	192.168.70.2	192.168.50.2	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0xe586, seq=5/1280, ttl=62 (req)
20	30.524952	192.168.40.2	224.0.0.9	RIPv2	106	Response
21	39.387027	cc:03:22:ac:00:30	cc:03:22:ac:00:30	LOOP	60	Reply
22	41.766898	cc:01:22:aa:00:30	cc:01:22:aa:00:30	LOOP	60	Reolv

نکته آن، پیام‌های RIP با مقصد (224.0.0.9) Multicast RIP با هم است. پیام این بسته‌ها اطلاعات Routing را شامل فاصله این node ها تا سایر Router ها است.

یک نمونه بسته Echo Reply از نوع ICMP (Internet Control Message Protocol) به شکل زیر است:

▼ Frame 19: 98 bytes on wire (784 bits), 98 bytes captured (784 bits) on interface 0

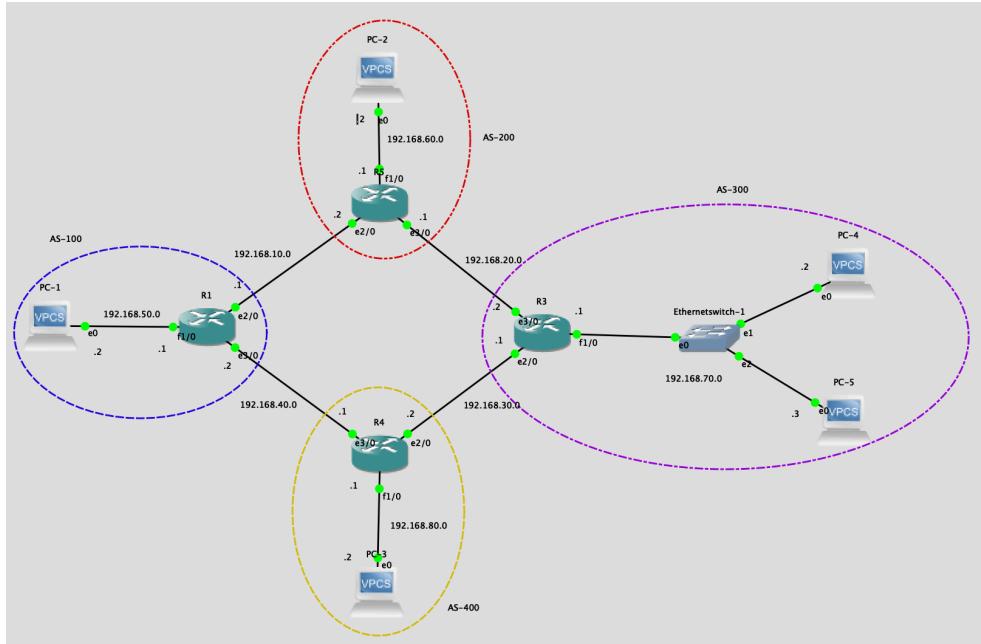
- ▶ Interface id: 0 (-)
- Encapsulation type: Ethernet (1)
- Arrival Time: Jan 4, 2019 19:46:37.847781000 +0330
- [Time shift for this packet: 0.000000000 seconds]
- Epoch Time: 1546618597.847781000 seconds
- [Time delta from previous captured frame: 0.047184000 seconds]
- [Time delta from previous displayed frame: 0.047184000 seconds]
- [Time since reference or first frame: 30.331482000 seconds]
- Frame Number: 19
- Frame Length: 98 bytes (784 bits)
- Capture Length: 98 bytes (784 bits)
- [Frame is marked: False]
- [Frame is ignored: False]
- [Protocols in frame: eth:ethertype:ip:icmp:data]
- [Coloring Rule Name: ICMP]
- [Coloring Rule String: icmp || icmpv6]
- ▶ Ethernet II, Src: cc:03:22:ac:00:30 (cc:03:22:ac:00:30), Dst: cc:01:22:aa:00:30 (cc:01:22:aa:00:30)
- ▶ Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.70.2, Dst: 192.168.50.2
- ▶ Internet Control Message Protocol

0000	cc	01	22	aa	00	30	cc	03	22	ac	00	30	08	00	45	00	..".0..	"..0..E..
0010	00	54	86	e5	00	00	3e	01	fc	6e	c0	a8	46	02	c0	a8	.T.....>	.n..F...
0020	32	02	00	00	42	80	e5	86	00	05	08	09	0a	0b	0c	0d	2...B...
0030	0e	0f	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1a	1b	1c	1d

که شبکه ۷۰ با شبکه همسایه ۵، فاصله خود را سنجیده است.

قسمت دوم: BGP

قراردهی شبکه به صورت زیر است:



و در ابتدا، IP همه PC ها و نیز Interface روتر ها مشابه قبل set می شود (که به دلیل شباهت دوباره تصویر آن آورده نمی شود).

و یک نمونه configure به صورت زیر است (برای update-source loopback0 و ebgp-multipop update استفاده نشده است).

```
macintosh — R5 — telnet 127.0.0.1 5003 — 109x38
[R5]#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
[R5(config)]#router bgp 200
[R5(config-router)]#neighbor 192.168.10.1 remote-as 100
[R5(config-router)]#neighbor 192.168.20.2 remote-as 300
[R5(config-router)]#network 192.168.60.0 mask 255.255.255.0
[R5(config-router)]#exi
R5#
*Mar 1 00:53:11.659: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
[R5#shpw ip bgp neighbor
^
% Invalid input detected at '^' marker.

[R5#show ip bgp neighbor
BGP neighbor is 192.168.10.1, remote AS 100, external link
  BGP version 4, remote router ID 192.168.50.1
  BGP state = Established, up for 00:23:34
  Last read 00:00:33, last write 00:00:33, hold time is 180, keepalive interval is 60 seconds
  Neighbor capabilities:
    Route refresh: advertised and received(old & new)
    Address family IPv4 Unicast: advertised and received
  Message statistics:
    InQ depth is 0
    OutQ depth is 0
          Sent      Rcvd
  Opens:        1        1
  Notifications: 0        0
  Updates:       4        4
  Keepalives:    26       26
  Route Refresh: 0        0
  Total:         31       31
  Default minimum time between advertisement runs is 30 seconds

  For address family: IPv4 Unicast
    BGP table version 5, neighbor version 5/0
    Output queue size : 0
```

که جدول بالا یک نمونه همسایگی‌ها را نیز نشان می‌دهد. جداول همسایگی به صورت زیر است:

The image shows four separate terminal windows, each titled with its respective router number (R1, R3, R4, or R5) and connected via telnet to port 127.0.0.1:5000. Each window displays the output of the 'show ip route' command. The routers are interconnected with direct connections between them.

R1#show ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

B 192.168.60.0/24 [20/0] via 192.168.10.2, 00:02:22
C 192.168.10.0/24 is directly connected, Ethernet2/0
C 192.168.40.0/24 is directly connected, Ethernet3/0
B 192.168.80.0/24 [20/0] via 192.168.40.1, 00:02:22
C 192.168.50.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
B 192.168.70.0/24 [20/0] via 192.168.10.2, 00:02:22

R1#

R3#show ip route

Gateway of last resort is not set

C 192.168.30.0/24 is directly connected, Ethernet2/0
B 192.168.60.0/24 [20/0] via 192.168.20.1, 00:02:23
B 192.168.80.0/24 [20/0] via 192.168.30.2, 00:02:19
C 192.168.20.0/24 is directly connected, Ethernet3/0
B 192.168.50.0/24 [20/0] via 192.168.30.2, 00:02:19
C 192.168.70.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0

R3#

R4#show ip route

Gateway of last resort is not set

[
C 192.168.30.0/24 is directly connected, Ethernet2/0
B 192.168.60.0/24 [20/0] via 192.168.40.2, 00:00:01
C 192.168.40.0/24 is directly connected, Ethernet3/0
C 192.168.80.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
B 192.168.50.0/24 [20/0] via 192.168.40.2, 00:00:01
B 192.168.70.0/24 [20/0] via 192.168.30.1, 00:00:01

R4#

R5#show ip route

Gateway of last resort is not set

[
C 192.168.60.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
C 192.168.10.0/24 is directly connected, Ethernet2/0
B 192.168.80.0/24 [20/0] via 192.168.10.1, 00:00:26
C 192.168.20.0/24 is directly connected, Ethernet3/0
B 192.168.50.0/24 [20/0] via 192.168.10.1, 00:00:26
B 192.168.70.0/24 [20/0] via 192.168.20.2, 00:00:30

R5#

که ملاحظه می‌شود هر ناحیه، از شبکه‌های پشت نواحی دیگر بی‌اطلاع است و شبکه اطراف خود را می‌بیند. به همین دلیل جداول هر کدام تنها ۶ سطر دارند.

نتیجه ping کردن PC ها:

The screenshot shows five separate terminal windows, each titled with the host name and port number (e.g., macintosh — PC-1 — telnet 127.0.0.1 5006 — 91x8). Each window displays the output of a ping command to a specific IP address (192.168.80.2, 192.168.70.3, 192.168.60.2, 192.168.50.2, and 192.168.50.2 respectively) and includes the MTU value (1500) and the sequence numbers and times for each ICMP echo request and reply.

```
|PC-1> ping 192.168.80.2
192.168.80.2 icmp_seq=1 timeout
84 bytes from 192.168.80.2 icmp_seq=2 ttl=62 time=35.843 ms
84 bytes from 192.168.80.2 icmp_seq=3 ttl=62 time=36.132 ms
84 bytes from 192.168.80.2 icmp_seq=4 ttl=62 time=41.745 ms
84 bytes from 192.168.80.2 icmp_seq=5 ttl=62 time=42.799 ms

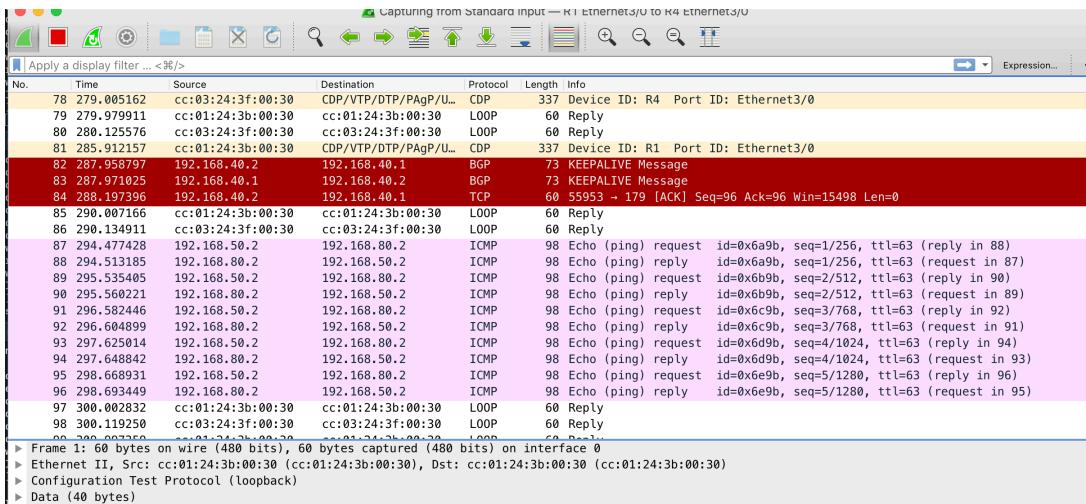
|PC-2> ping 192.168.70.3
192.168.70.3 icmp_seq=1 timeout
84 bytes from 192.168.70.3 icmp_seq=2 ttl=62 time=38.594 ms
84 bytes from 192.168.70.3 icmp_seq=3 ttl=62 time=45.074 ms
84 bytes from 192.168.70.3 icmp_seq=4 ttl=62 time=28.717 ms
84 bytes from 192.168.70.3 icmp_seq=5 ttl=62 time=43.861 ms

|PC-2> []
|PC-3> ping 192.168.60.2
84 bytes from 192.168.60.2 icmp_seq=1 ttl=61 time=61.118 ms
84 bytes from 192.168.60.2 icmp_seq=2 ttl=61 time=65.004 ms
84 bytes from 192.168.60.2 icmp_seq=3 ttl=61 time=67.745 ms
84 bytes from 192.168.60.2 icmp_seq=4 ttl=61 time=62.010 ms
84 bytes from 192.168.60.2 icmp_seq=5 ttl=61 time=70.277 ms

|PC-4> ping 192.168.50.2
84 bytes from 192.168.50.2 icmp_seq=1 ttl=61 time=72.757 ms
84 bytes from 192.168.50.2 icmp_seq=2 ttl=61 time=47.143 ms
84 bytes from 192.168.50.2 icmp_seq=3 ttl=61 time=56.873 ms
84 bytes from 192.168.50.2 icmp_seq=4 ttl=61 time=62.869 ms
84 bytes from 192.168.50.2 icmp_seq=5 ttl=61 time=53.117 ms

|PC-5> ping 192.168.50.2
MTU : 1500
84 bytes from 192.168.50.2 icmp_seq=1 ttl=61 time=74.029 ms
84 bytes from 192.168.50.2 icmp_seq=2 ttl=61 time=52.897 ms
84 bytes from 192.168.50.2 icmp_seq=3 ttl=61 time=44.606 ms
84 bytes from 192.168.50.2 icmp_seq=4 ttl=61 time=57.605 ms
84 bytes from 192.168.50.2 icmp_seq=5 ttl=61 time=63.431 ms
```

نتیجه استفاده از wireshark نیز در ارتباط بین R1 و R4 به صورت زیر است:



نکته جالب آن، بسته‌های BGP با عنوان KEEPALIVE هستند؛ که در اینجا توسط شبکه مبدا فرستاده شده تا اعلام کند هنوز در شبکه موجود است (البته در ابتدا پیام‌های update نیز ارسال می‌شد اما چون همه چیز به پایداری رسیده و من وقت از اول اجرا کردن را ندارم امکان آوردن آنها پیدا نشد).

یک نمونه بسته KEEPALIVE از نوع BGP به شکل زیر است:

▼ Frame 46: 73 bytes on wire (584 bits), 73 bytes captured (584 bits) on interface 0
▶ Interface id: 0 (-)
Encapsulation type: Ethernet (1)
Arrival Time: Jan 5, 2019 13:10:22.034595000 +0330
[Time shift for this packet: 0.000000000 seconds]
Epoch Time: 1546681222.034595000 seconds
[Time delta from previous captured frame: 0.002665000 seconds]
[Time delta from previous displayed frame: 0.002665000 seconds]
[Time since reference or first frame: 138.664163000 seconds]
Frame Number: 46
Frame Length: 73 bytes (584 bits)
Capture Length: 73 bytes (584 bits)
[Frame is marked: False]
[Frame is ignored: False]
[Protocols in frame: eth:ethertype:ip:tcp:bgp]
[Coloring Rule Name: TTL low or unexpected]
[Coloring Rule String: (! ip.dst == 224.0.0.0/4 && ip.ttl < 5 && !pim && !ospf) (ip.dst == 224.0.0.0/4 && ip.ttl < 5 && ip.protocol == 17)]
▶ Ethernet II, Src: cc:01:24:3b:00:30 (cc:01:24:3b:00:30), Dst: cc:03:24:3f:00:30 (cc:03:24:3f:00:30)
▶ Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.40.2, Dst: 192.168.40.1
▶ Transmission Control Protocol, Src Port: 39147, Dst Port: 179, Seq: 39, Ack: 58, Len: 19
▼ Border Gateway Protocol - KEEPALIVE Message
Marker: ffffffffffffffffffffff
Length: 19
Type: KEEPALIVE Message (4)

قسمت سوم: OSPF

ابتدا، IP ها و نیز Interface روتر ها مشابه قبل set می شود (که به دلیل شباهت دوباره تصویر آن آورده نمی شود). یک نمونه از مشخص کردن نواحی و configure کردن برای روتر R1 در این روش به صورت زیر است (بقیه روتر ها تماماً با area 0 کار دارند):

```
R1#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
|R1(config)#router ospf 200
|R1(config-router)#network 192.168.40.0 0.0.0.255 area 0
|R1(config-router)#network 192.168.10.0 0.0.0.255 area 0
|R1(config-router)#network 192.168.50.0 0.0.0.255 area 1
|R1(config-router)#exit
|R1(config)#exit
R1#wr
```

و به عنوان نمونه ping کردن سه تا از PC ها با نواحی مختلف:

The image shows three separate terminal windows, each titled "macintosh — PC-1 — telnet 127.0.0.1 5004 — 77x10", "macintosh — PC-2 — telnet 127.0.0.1 5006 — 77x10", and "macintosh — PC-3 — telnet 127.0.0.1 5008 — 76x10". Each window displays the output of a ping command from that PC to the R1 router at 192.168.70.3, 192.168.80.2, and 192.168.50.2 respectively. The responses show multiple ICMP packets being sent and received, with TTL values decreasing as they pass through the network.

```
PC-1> ping 192.168.70.3
192.168.70.3 icmp_seq=1 timeout
84 bytes from 192.168.70.3 icmp_seq=2 ttl=61 time=66.008 ms
84 bytes from 192.168.70.3 icmp_seq=3 ttl=61 time=68.388 ms
84 bytes from 192.168.70.3 icmp_seq=4 ttl=61 time=40.439 ms
84 bytes from 192.168.70.3 icmp_seq=5 ttl=61 time=69.380 ms

PC-2> ping 192.168.80.2
192.168.80.2 icmp_seq=1 timeout
84 bytes from 192.168.80.2 icmp_seq=2 ttl=61 time=56.031 ms
84 bytes from 192.168.80.2 icmp_seq=3 ttl=61 time=70.660 ms
84 bytes from 192.168.80.2 icmp_seq=4 ttl=61 time=68.713 ms
84 bytes from 192.168.80.2 icmp_seq=5 ttl=61 time=62.980 ms

PC-3> ping 192.168.50.2
84 bytes from 192.168.50.2 icmp_seq=1 ttl=62 time=29.889 ms
84 bytes from 192.168.50.2 icmp_seq=2 ttl=62 time=27.180 ms
84 bytes from 192.168.50.2 icmp_seq=3 ttl=62 time=39.268 ms
84 bytes from 192.168.50.2 icmp_seq=4 ttl=62 time=43.937 ms
84 bytes from 192.168.50.2 icmp_seq=5 ttl=62 time=44.470 ms
```

جدول Routing نیز به صورت زیر می‌شود:

```

macintosh — R1 — telnet 127.0.0.1 5000 — 118
Gateway of last resort is not set

O 192.168.30.0/24 [110/20] via 192.168.40.1, 00:01:11, Ethernet3/0
O 192.168.60.0/24 [110/11] via 192.168.10.2, 00:01:11, Ethernet2/0
C 192.168.10.0/24 is directly connected, Ethernet2/0
C 192.168.40.0/24 is directly connected, Ethernet3/0
O 192.168.80.0/24 [110/11] via 192.168.40.1, 00:01:11, Ethernet3/0
O 192.168.20.0/24 [110/20] via 192.168.10.2, 00:01:11, Ethernet2/0
C 192.168.50.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
O 192.168.70.0/24 [110/21] via 192.168.40.1, 00:01:11, Ethernet3/0
                [110/21] via 192.168.10.2, 00:01:13, Ethernet2/0
R1#[]

macintosh — R3 — telnet 127.0.0.1 5001 — 110x13
Gateway of last resort is not set

C 192.168.30.0/24 is directly connected, Ethernet2/0
O 192.168.60.0/24 [110/11] via 192.168.20.1, 00:01:23, Ethernet3/0
O 192.168.10.0/24 [110/20] via 192.168.20.1, 00:01:23, Ethernet3/0
O 192.168.40.0/24 [110/20] via 192.168.30.2, 00:01:23, Ethernet2/0
O 192.168.80.0/24 [110/11] via 192.168.30.2, 00:01:23, Ethernet2/0
C 192.168.20.0/24 is directly connected, Ethernet3/0
O IA 192.168.50.0/24 [110/21] via 192.168.30.2, 00:01:23, Ethernet2/0
                [110/21] via 192.168.20.1, 00:01:23, Ethernet3/0
C 192.168.70.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
R3#[]

macintosh — R4 — telnet 127.0.0.1 5002 — 110x12
Gateway of last resort is not set

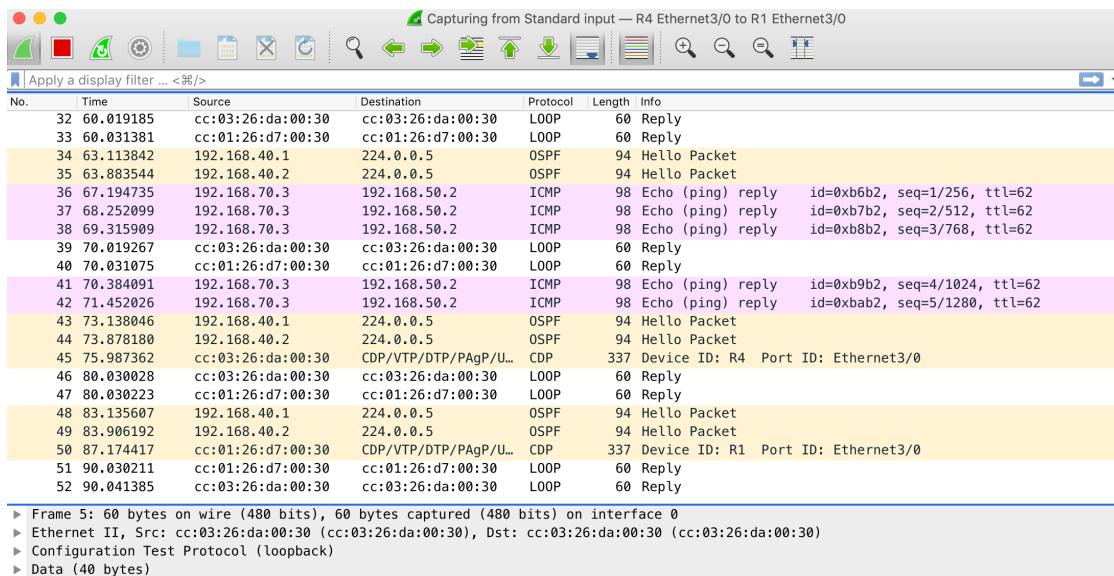
C 192.168.30.0/24 is directly connected, Ethernet2/0
O 192.168.60.0/24 [110/21] via 192.168.40.2, 00:01:27, Ethernet3/0
                [110/21] via 192.168.30.1, 00:01:27, Ethernet2/0
O 192.168.10.0/24 [110/20] via 192.168.40.2, 00:01:27, Ethernet3/0
C 192.168.40.0/24 is directly connected, Ethernet3/0
C 192.168.80.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
O 192.168.20.0/24 [110/20] via 192.168.30.1, 00:01:27, Ethernet2/0
O IA 192.168.50.0/24 [110/11] via 192.168.40.2, 00:01:29, Ethernet3/0
O 192.168.70.0/24 [110/11] via 192.168.30.1, 00:01:29, Ethernet2/0
R4#[]

macintosh — R5 — telnet 127.0.0.1 5003 — 110x10
O 192.168.30.0/24 [110/20] via 192.168.20.2, 00:01:32, Ethernet3/0
C 192.168.60.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
C 192.168.10.0/24 is directly connected, Ethernet2/0
O 192.168.40.0/24 [110/20] via 192.168.10.1, 00:01:32, Ethernet2/0
O 192.168.80.0/24 [110/21] via 192.168.20.2, 00:01:32, Ethernet3/0
                [110/21] via 192.168.10.1, 00:01:32, Ethernet2/0
C 192.168.20.0/24 is directly connected, Ethernet3/0
O IA 192.168.50.0/24 [110/11] via 192.168.10.1, 00:01:33, Ethernet2/0
O 192.168.70.0/24 [110/11] via 192.168.20.2, 00:01:33, Ethernet3/0
R5#[]

```

که ملاحظه می‌شود PC1، که در ناحیه‌ای متفاوت قرار دارد، Route شدنش با IA است و بدین معنی است اگر برخلاف سوال پیچیده‌تر بود، مسیریابی های داخلی آن به صورت مجزا انجام شده است.

نتیجه استفاده از wireshark نیز در ارتباط بین R1 و R4 به صورت زیر است:



نکته جالب آن، بسته‌های OSPF با عنوان Hello Packet ها هستند که از پابرجا بودن node ها Multicast تا شبکه از بسته‌های OSPF با عنوان‌های Update (درخواست LS Request) برای جدول (Link Stage) (تایید دریافت) (ACK) و (Link Stage) (Update) LS Update ارسال می‌شود.

یک نمونه بسته Hello Packet از نوع OSPF به شکل زیر است:

```
▼ Frame 65: 94 bytes on wire (752 bits), 94 bytes captured (752 bits) on interface 0
  ▶ Interface id: 0 (-)
    Encapsulation type: Ethernet (1)
    Arrival Time: Jan 4, 2019 22:54:30.307696000 +0330
    [Time shift for this packet: 0.000000000 seconds]
    Epoch Time: 1546629870.307696000 seconds
    [Time delta from previous captured frame: 3.115197000 seconds]
    [Time delta from previous displayed frame: 3.115197000 seconds]
    [Time since reference or first frame: 123.131052000 seconds]
    Frame Number: 65
    Frame Length: 94 bytes (752 bits)
    Capture Length: 94 bytes (752 bits)
    [Frame is marked: False]
    [Frame is ignored: False]
    [Protocols in frame: eth:ethertype:ip:ospf]
    [Coloring Rule Name: Routing]
    [Coloring Rule String: hsrp || eigrp || ospf || bgp || cdp || vrrp || carp || gvrrp || igmp || ismp]
  ▶ Ethernet II, Src: cc:03:26:da:00:30 (cc:03:26:da:00:30), Dst: IPv4mcast_05 (01:00:5e:00:00:05)
  ▶ Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.40.1, Dst: 224.0.0.5
  ▶ Open Shortest Path First
    ▶ OSPF Header
    ▶ OSPF Hello Packet
    ▶ OSPF LLS Data Block
```

توضیح پروتکل‌ها و تفاوت‌هایشان:

1. مسیریابی Static و Dynamic : مسیریابی استاتیک، با جداول Routing از پیش مشخص و ثابت انجام می‌گیرد، به طوری که ابتدا طراح یک شبکه استاتیک، ملاحظات قدرت پردازش روترهای، نرخ ترافیک Router ها و سایر ملاحظات اینچنین را انجام می‌دهد و با توجه به اسن‌ها مشخص می‌کند هر Router ، بسته‌های Router دیگر را به چه سمتی بفرستد و جدول آن را خود برایشان می‌نویسد. این روش انعطاف کمی دارد و ممکن است در زمان‌های خلوت بودن شبکه، Resource غیر بهینه مصرف کند اما اگر ترافیک شبکه نسبتاً ثابت باشد و پارامترها خوب تنظیم شده باشند، بسیار سریع و امن است.

اما در مقابل، مسیریابی دینامیک، جدول Routing از پیش مشخصی ندارد؛ Router ها با یکدیگر در طول مدت ارتباط صحبت می‌کنند و وضعیت حضور node ها، ترافیک فعلی شبکه، ازدحام‌ها، ملاحظات سیاسی و غیره را می‌سنجند(Metric) و با توجه به آنها تصمیم می‌گیرند بسته‌ای با مقصد مشخص را به چه سمت بفرستند.

2. الگوریتم مسیریابی RIP : مخفف Routing Information Protocol است و بیشتر در شبکه‌های کوچک مورد استفاده قرار می‌گیرد. Metric این روش، hop count است. روشی مانند Distance Vector Routing Protocol آنها را می‌گیرد و برای خود را hop تهای با همسایه‌های خودش صحبت می‌کند و جدول Routing آنها را می‌گیرد و برای خود را به آنها می‌فرستد، و این کار را هر ۳۰ ثانیه یک بار update می‌کند. مشکلات روشن Distance Vector (مانند طول کشیدن زمان متوجه شدن قطع یک node) برای این روش پابرجاست.

3. الگوریتم مسیریابی BGP : مخفف Border Gateway Protocol های بین المللی که نیاز به دخالت دادن Policy های سیاسی دارند استفاده می‌شود. در آن نقش اصلی را Gateway ها بازی می‌کنند که شبکه های داخلی را که AS(Autonomous Systems) نام دارند، به هم جهت‌دهی می‌کند و از داخل آن ها بی اطلاع است. هر node در این روش، ابتدا به صورت استاتیک به همسایه‌هایش شناخته می‌شود و گفته می‌شود zone آن چیست (زیرا شاید آن zone ملاحظه سیاسی خاصی داشته باشد). سپس از راه Path Vector Routing هر node از همسایه‌اش، راه انتقال بسته به یک مقصد خاص را می‌پرسد (تمام مسیر از مبدأ به مقصد) و سپس تصمیم می‌گیرد بسته را به کدام یک از همسایه‌هایش تحويل دهد.

4. الگوریتم مسیریابی OSPF : مخفف Open Shortest Path First است و بیشتر در شبکه‌های داخلی مورد استفاده قرار می‌گیرد (بر عکس BGP). در این روش، شبکه به نواحی‌ای (area) تقسیم می‌شود که ناحیه اصلی (area 0) که معمولاً بیشتر عبور و مرور ها از آن رد می‌شود، Backbone Area نیز نام دارد و سایر نواحی حتماً به آن متصل‌اند. الگوریتم آن بر اساس Link Stage Routing می‌باشد، هر ناحیه یک روت اصلی دارد که بسته‌های Link Stage را انتقال می‌دهد و سایر روت‌ها تنها اطلاعات داخلی (همسایگی) را دارند. بسته‌هایی که در این روش برای مشخص کردن جداول Routing به کار می‌رود، برخلاف دو روش قبلی flood می‌شوند.