به نام خدا

دانشگاه تهران

پردیس فارابی

دانشکده مهندسی

گروه مهندسی کامپیوتر

دستور کار

آزمایشگاه شبکه‌های کامپیوتری

شماره

۱۱

پیاده‌سازی InterVLAN Routing

Implementation of InterVLAN Routing

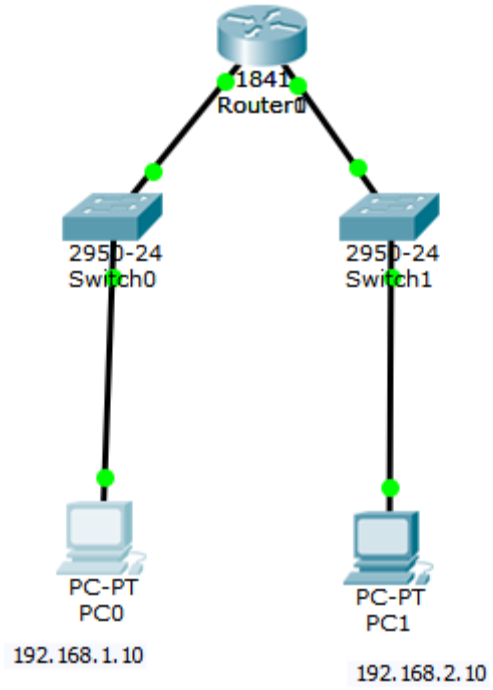
ملاحظه کردید که چگونه می‌توانیم یک VLAN را روی بیش از یک سوئیچ پخش کنیم و چگونه می‌توانیم با VLANهای مشابه در دو سوئیچ ارتباط برقرار کنیم. همچنین ملاحظه کردید که در تمامی این موارد، به‌عنوان مثال، امکان ارتباط بین VLANهای ۲و ۳ هیچ‌گاه برقرار نشد.

این ارتباط در لایه‌ی ۲ هیچ‌گاه انجام نمی‌شود و برای ارتباط در این موارد نیاز به device لایه‌ی ۳ و انجام عمل routing است.

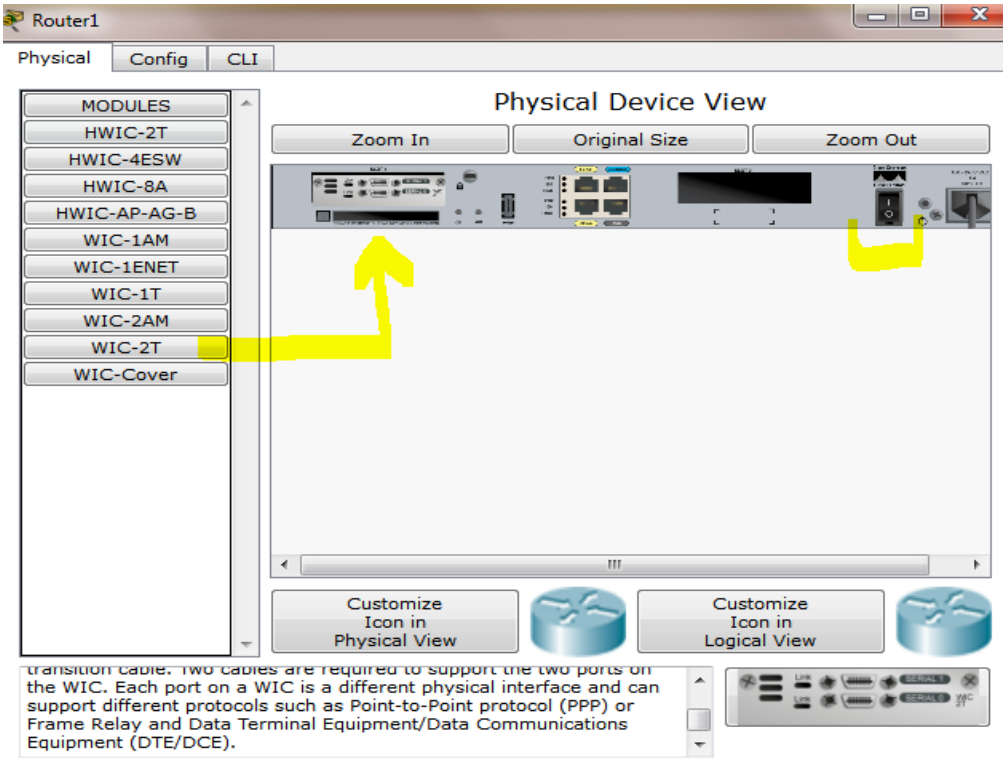
به ارتباط Vlanها با استفاده از روترها، Inter-VLAN Routing گفته می‌شود.

حال به توضیح این موارد در چند سناریو می‌پردازیم.

سناریو ۱: ابتدا دو سوئیچ قرار داده، سپس به هر سوئیچ یک PC متصل می‌کنیم. PC0 دارای IP، 192.168.1.10/24 و PC1 دارای IP، 192.168.2.10/24است. PC0 به سوئیچ اول و PC1 به سوئیچ دوم متصل است. همان‌طور که می‌دانید اگر یک device لایه‌ی ۲ بگذاریم این دو PC همدیگر را ping نخواهند کرد. برای ارتباط این دو نیاز به یک device لایه‌ی ۳ مانند روتر داریم. حال یک روتر قرار می‌دهیم.



روترها به لحاظ ظاهری نیز دارای تفاوت‌هایی با سوئیچ‌ها هستند. یک سوئیچ دارای تعدادی اینترفیس است که عموماً با سوکت RJ45 متصل می‌شوند و دارای تعداد زیادی اینترفیس است. اما یک روتر به‌عنوان مثال می‌تواند دارای دو اینترفیس باشد اما ماژولار است و می‌توانیم مواردی که به آن نیاز داریم را تعریف کنیم (به عنوان مثال اگر در یک شبکه‌ی سریال هستیم یک ماژول سریال استفاده می‌کنم). توجه کنید که دستگاه را ابتدا خاموش می‌کنیم.



حال روتر را به سوئیچ‌ها متصل می‌کنیم. توجه داریم که اینترفیس‌های روتر در حالت عادی shutdown است. بر روی CLI روتر رفته و به auto config پاسخ no می‌دهیم.

اکثر تنظیمات پایه‌ای بر روی سوئیچ و روتر یکسان است.

وضعیت اینترفیس‌های روتر را با دستور زیر ملاحظه می‌کنیم:

```
Router#show ip interface brief
```

پس از اجرا خواهیم دید که اینترفیس‌ها به صورت administratively down هستند. بدین منظور که دستور shutdown بر روی آنها فعال است.

حال می‌خواهیم این اینترفیس‌ها را فعال و up نمایم و سپس به آن‌ها IP address بدهیم:

```
Router(config-if)#exit
Router(config)#interface fastethernet 0/0
Router(config-if)#no shutdown
Router(config-if)#ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
Router(config-if)#exit
Router(config)#exit
Router#
```

حال تمامی این دستورها را برای اینترفیس دیگر هم انجام می‌دهیم:

```
Router#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#interface fastethernet 0/1
Router(config-if)#no shutdown
Router(config-if)#ip address 192.168.2.1 255.255.255.0
Router(config-if)#exit
Router(config)#exit
Router#
```

روترها با دریافت بسته، آن را در لایه‌ی ۳ براساس routing table، پردازش/ process می‌نمایند.

توجه کنید که امکان IP گذاشتن به این صورت بر روی اینترفیس‌های سوئیچ وجود نداشت.

برای دیدن این جدول، دستور زیر را وارد می‌کنیم:

```
Router#show ip route
```

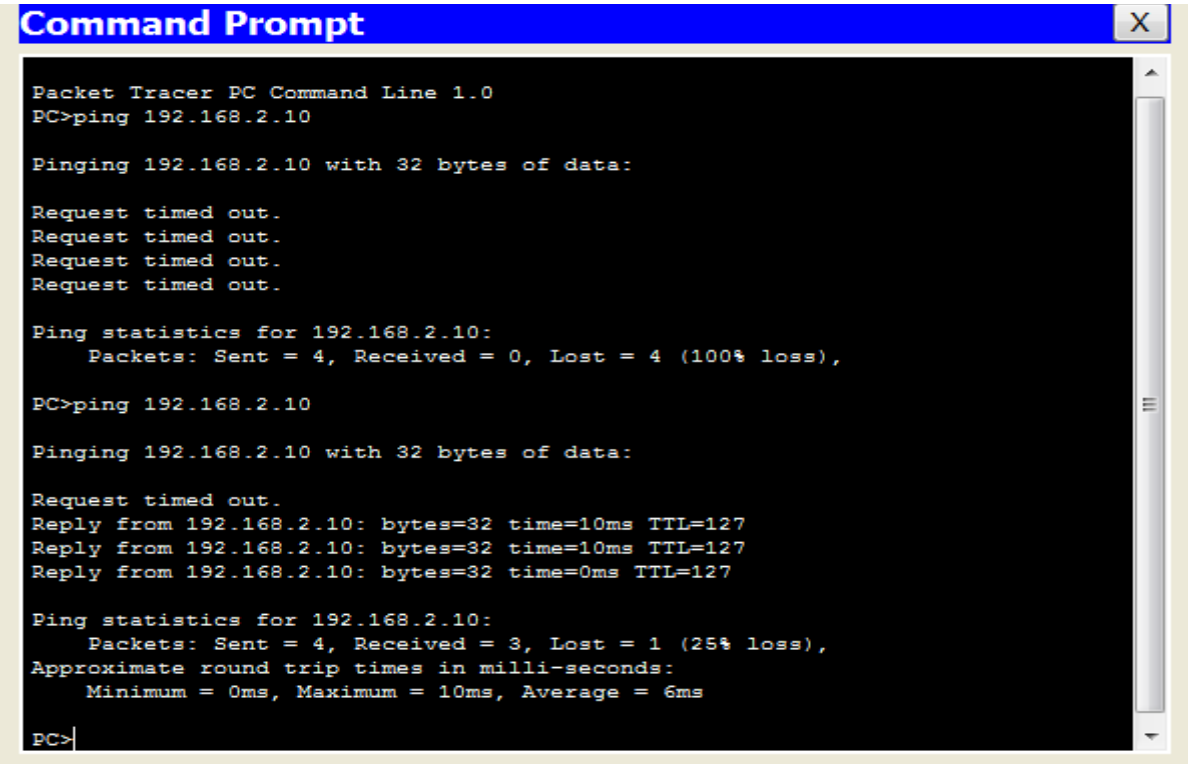
```
Router#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, 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

C    192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C    192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
Router#
```

روترها شبکه‌هایی که مستقیماً به آنها متصل هستند را می‌شناسد و در routing table خود می‌گذارند. روتر می‌داند که Network 1 به Fa0/0 و Network 2 به Fa0/1 وصل است. برای بقیه‌ی شبکه‌ها نیاز به نوشتن مسیر برای روترها وجود دارد.

از pc0، pc1 را ping می‌کنیم. خواهیم دید که ping نمی‌شود. دلیل آن این است که در هنگام تخصیص IP حتماً باید default gateway را تنظیم کنیم که در حقیقت می‌گوییم هر بسته از این شبکه که می‌خواهد خارج شود به این آدرس بسته‌ی خود را بسپارد.

پس از تنظیم default gateway خواهیم دید که ping برقرار است.

```
Default gateway pc0:192.168.1.1
Default gateway pc1:192.168.2.1
```



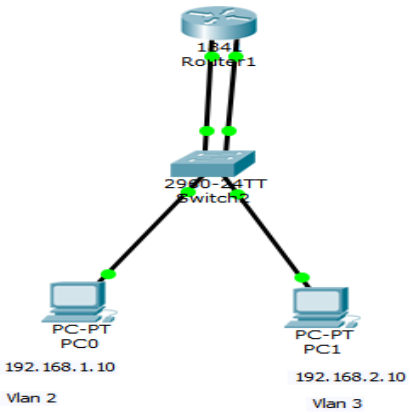
سناریو ۲: حال به‌جای استفاده از دو سوئیچ مختلف می‌توانیم یک سوئیچ با دو VLAN مختلف بگذاریم:

یک سوئیچ انتخاب می‌کنیم، VLAN2 و VLAN3 را بر روی این سوئیچ ایجاد می‌کنیم و پورت‌های 1 تا 10 را عضو VLAN2 و پورت‌های 11 تا 20 را عضو VLAN 3 می‌کنیم.

```
Switch#config
Configuring from terminal, memory, or network [terminal]?
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Switch(config)#vlan 2
Switch(config-vlan)#exit
Switch(config)#vlan 3
Switch(config-vlan)#exit
Switch(config)#interface range fastethernet 0/1-10
Switch(config-if-range)#switchport mode access
Switch(config-if-range)#switchport access vlan 2
Switch(config-if-range)#exit
Switch(config)#interface range fastethernet 0/11-20
Switch(config-if-range)#switchport mode access
Switch(config-if-range)#switchport access vlan 3
Switch(config-if-range)#exit
```

با استفاده از دستور `show vlan brief` مشخصات VLANها را مشاهده می‌کنیم.

در سناریوی قبل می‌خواهیم دو سوئیچ را حذف و یک سوئیچ را جایگزین نماییم. حال با اتصال کامپیوترها به پورت‌های متعلق به VLAN2 و VLAN3 و همچنین در روتر هم Fa0/0 که در محدوده‌ی شبکه‌ی ۱ است را به اینترفیسی از اعضای VLAN2 در سوئیچ متصل می‌کنیم و همچنین Fa0/1 که در محدوده‌ی شبکه‌ی ۲ است را به اینترفیسی از اعضای VLAN3 در سوئیچ متصل می‌کنیم.



در این سناریو تنها به جای دو سوئیچ مجزا از یک سوئیچ و مفهوم VLANبندی استفاده کرده‌ایم. یعنی در واقع ارتباط بین دو VLAN را با یک روتر برقرار کرده‌ایم. حال از PC1،PC0 را ping می‌کنیم:

```
PC>ping 192.168.2.10

Pinging 192.168.2.10 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.2.10: bytes=32 time=1ms TTL=127
Reply from 192.168.2.10: bytes=32 time=0ms TTL=127
Reply from 192.168.2.10: bytes=32 time=0ms TTL=127
Reply from 192.168.2.10: bytes=32 time=0ms TTL=127

Ping statistics for 192.168.2.10:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 0ms, Maximum = 1ms, Average = 0ms
```

این روش عملی است اما اگر تعداد زیادی VLAN داشته باشیم نیاز داریم که تمام VLANها را به همان تعداد اینترفیس از روتر به سوئیچ وصل کنیم.

سناریو ۳: یک شبکه‌ی vlanning راه‌اندازی می‌کنیم و روتر را تنها با یک اینترفیس به سوئیچ وصل می‌کنیم.

حال سوالی که مطرح می‌شود این است که در این حالت روتر چگونه می‌تواند تشخیص بدهد که بسته‌هایی که ارسال می‌شوند از کدام شبکه است. دیگر امکان استفاده از پروتکل trunk نیست، زیرا آن یک پروتکل لایه‌ی ۲ است و بر روی اینترفیس‌های لایه ۳ پشتیبانی نمی‌شود. نکته دیگر این است که همان‌طور که ملاحظه شد، بر روی کامپیوترها default gateway تنظیم کرده‌ایم، اما چگونه باید بر روی یک اینترفیس چند IP بگذاریم؟

یک روتر دیگر می‌گذاریم و حال بر روی این روتر Fa0/0 را از وضعیت shutdown خارج می‌کنیم:

```
Router(config)#interface fastethernet 0/0
Router(config-if)#no shutdown
```

حال بر روی سوئیچ می‌رویم و اینترفیس مربوطه را trunk می‌کنیم:

```
Switch>en
Switch#conf t
Switch(config)#interface fastethernet 0/24
Switch(config-if)#switchport mode trunk
```

Subinterface

زمانی‌که در روتر مشکلی مربوط به اینترفیس پیدا می‌کنیم، می‌توانیم یک اینترفیس فیزیکی مانند Fa0/0 را به تعدادی اینترفیس logical تقسیم کنیم.

```
Router(config)#interface fastethernet 0/0.?
<0-4294967295> FastEthernet interface number
Router(config-subif)#no shutdown
```

به جای علامت سؤال می‌توان با قرار دادن مثلاً ۱، اولین subinterface را ساخت.

```
Router(config)#interface fastethernet 0/0.1
Router(config-subif)#
```

دقیقاً مانند یک اینترفیس فیزیکی با آن برخورد می‌شود و می‌خواهیم این اینترفیس را gateway برای VLAN 2 قرار دهیم.

✍ **نکته**: باید encapsulation یکسان باشد پس خواهیم داشت:

```
Router(config-subif)#encapsulation dot1Q 2
Router(config-subif)#ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
```

حال همین کار را باید برای vlan 3 انجام دهیم:

```
Router(config)#interface fastethernet0/0.2
Router(config-subif)#no shutdown
Router(config-subif)#encapsulation dot1Q 3
Router(config-subif)#ip address 192.168.2.1 255.255.255.0
```

برای اطمینان از این‌که می‌توانیم از روتر PCهایمان را ببینیم، می‌توانیم از روتر ping کنیم:

```
Router#ping 192.168.1.10
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.1.10, timeout is 2 seconds:
.!!!!
Success rate is 80 percent (4/5), round-trip min/avg/max = 0/0/1 ms

Router#ping 192.168.2.10
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.2.10, timeout is 2 seconds:
!!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 0/0/1 ms
```

مشاهده می‌کنیم که ping برقرار است.

حال جدول routing را ملاحظه می‌کنیم:

```
Router#show ip route
```

حال ملاحظه می‌کنیم که طبق این جدول شبکه‌ی ۱ را به اینترفیس 0/0.1 و شبکه ۲ را به اینترفیس 0/0.2 عبور می‌دهد با اینکه می‌دانیم که هر دو بر روی یک اینترفیس فیزیکی هستند.

```
Router#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, 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, E - EGP
       i - IS-IS, 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

C    192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0.1
C    192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0.2
Router#
```

با دستور:

```
Router#show ip interface brief
```

ملاحظه می‌کنیم که دو اینترفیس جدید اضافه شده است:

```
Router#show ip interface brief
Interface              IP-Address      OK? Method Status                Protocol

FastEthernet0/0        unassigned      YES unset  up                    up

FastEthernet0/0.1      192.168.1.1     YES manual up                    up

FastEthernet0/0.2      192.168.2.1     YES manual up                    up

FastEthernet0/1        unassigned      YES unset  administratively down down

Vlan1                  unassigned      YES unset  administratively down down
Router#
```

از کامپیوترها ping می‌کنیم:

```
Pinging 192.168.2.10 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.2.10: bytes=32 time=0ms TTL=127
Reply from 192.168.2.10: bytes=32 time=0ms TTL=127
Reply from 192.168.2.10: bytes=32 time=1ms TTL=127
Reply from 192.168.2.10: bytes=32 time=3ms TTL=127

Ping statistics for 192.168.2.10:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 0ms, Maximum = 3ms, Average = 1ms

PC>
```

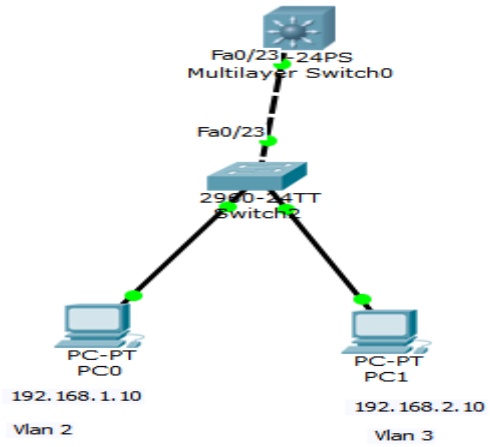
حال مشکلی که هست این است که هر تعداد VLAN که داشته باشیم همگی باید بعد از گذشتن از سوئیچ با استفاده از یک لینک به روتر برسند. این لینک گلوگاه است.

اگر به جای روتر از یک سوئیچ استفاده می‌کردیم، مزایای آن این است که دیگر درگیر encapsulation دستی نمی‌شدیم و به راحتی از `switchport mode trunk` استفاده می‌کردیم. همچنین قابلیتی وجود دارد به نام aggregation که چندین لینک فیزیکال را به شکل یک لینک نمایش می‌دهد.

دستگاهی/ device به اسم سوئیچ لایه ۳ وجود دارد. این سوئیچ به صورت پیش‌فرض یک سوئیچ لایه‌ی ۲ است ولی می‌تواند قابلیت‌های روتینگ داشته باشد.

سناریو ۴: حال در سناریوی قبل روتر را حذف می‌کنیم و سوئیچ لایه‌ی ۳ می‌گذاریم:

با کابل، سوئیچ را به سوئیچ لایه‌ی ۳ وصل می‌کنیم و داریم:



حال بر روی سوئیچ لایه ۳ تنظیمات زیر را انجام می‌دهیم:

```
Switch(config)#interface fastethernet 0/23
Switch(config-if)#switchport trunk encapsulation dot1q
Switch(config-if)#switchport mode trunk
```

به این دلیل که encapsulation در حالت auto است، پس حتماً باید مشخص کنیم.

می‌دانیم که DTP سمت دیگر را هم trunk می‌کند، اما محض اطمینان داریم که:

```
Switch(config)#interface fastethernet 0/23
Switch(config-if)#switchport mode trunk
```

در سوئیچ لایه ۳ دیگر با یک اینترفیس کاری نداریم، بلکه به تعداد VLANهایمان، interface-vlanهای مجازی می‌سازیم. این interface-vlanها می‌خواهند برای کامپیوترها gateway بشوند.

```
Switch(config)#interface vlan 2
Switch(config-if)#no shut down
Switch(config-if)#ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
Switch(config-if)#exit
Switch(config)#interface vlan 3
Switch(config-if)#no shut down

Switch(config-if)#ip address 192.168.2.1 255.255.255.0
Switch(config-if)#exit
```

حال وضعیت اینترفیس‌ها را با دستور زیر مشاهده می‌کنیم:

```
Switch#show ip interface brief
GigabitEthernet0/1     unassigned      YES unset  down                  down

GigabitEthernet0/2     unassigned      YES unset  down                  down

Vlan1                  unassigned      YES unset  administratively down down

Vlan2                  192.168.1.1     YES manual down                  down

Vlan3                  192.168.2.1     YES manual down                  down
Switch#
```

مشاهده می‌کنید که VLAN 2, 3، down هستند؛ زیرا VLAN های ۲ و ۳ وجود ندارند. این را می‌توان با دستور show vlan brief مشاهده کرد:

```
Switch#show vlan brief

VLAN Name                                Status    Ports
---- ----------------------------------- --------- -------------------------------
1    default                             active    Fa0/1, Fa0/2, Fa0/3, Fa0/4
                                                   Fa0/5, Fa0/6, Fa0/7, Fa0/8
                                                   Fa0/9, Fa0/10, Fa0/11, Fa0/12
                                                   Fa0/13, Fa0/14, Fa0/15, Fa0/16
                                                   Fa0/17, Fa0/18, Fa0/19, Fa0/20
                                                   Fa0/21, Fa0/22, Fa0/24, Gig0/1
                                                   Gig0/2
1002 fddi-default                        active
1003 token-ring-default                  active
1004 fddinet-default                     active
1005 trnet-default                       active
Switch#
```

حال vlan2,3 را می‌سازیم و مجدداً show ip interface brief را اجرا می‌کنیم تا وضعیت اینترفس‌ها را مشاهده کنیم:

```
Vlan2                  192.168.1.1     YES manual up                    up

Vlan3                  192.168.2.1     YES manual up                    up
Switch#
```

حال اینترفیس‌ها up هستند و باید بتوان ping کرد:

```
Switch# ping 192.168.1.10

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.1.10, timeout is 2 seconds:
.!!!!
Success rate is 80 percent (4/5), round-trip min/avg/max = 0/0/0 ms

Switch# ping 192.168.2.10

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.2.10, timeout is 2 seconds:
.!!!!
Success rate is 80 percent (4/5), round-trip min/avg/max = 0/0/3 ms

Switch#
```

حال باید قابلیت روتینگ را بر روی این سوئیچ لایه‌ی ۳ فعال کنیم:

```
Switch(config)#ip routing
```

حال تمامی مراحل انجام شده است و باید بتوان از PC0 ، PC1 را ping کرد.

```
PC>ping 192.168.2.10

Pinging 192.168.2.10 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.2.10: bytes=32 time=1ms TTL=127
Reply from 192.168.2.10: bytes=32 time=1ms TTL=127
Reply from 192.168.2.10: bytes=32 time=11ms TTL=127
Reply from 192.168.2.10: bytes=32 time=0ms TTL=127

Ping statistics for 192.168.2.10:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 0ms, Maximum = 11ms, Average = 3ms
```

✍ **نکته**: در شبکه‌ها معمولاً Inter-Vlan routing switch و VTP Server یکی هستند و نیاز به ساخت VLAN نخواهد بود، زیرا VTP خود این کار را انجام می‌دهد.