

Introduction to GNS3

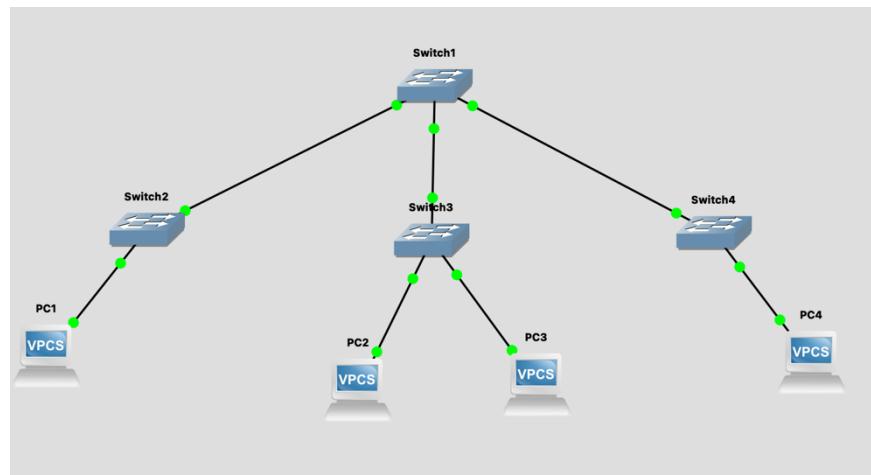
۸۱۰۱۰۰۲۷۴
۸۱۰۱۰۰۲۴۵

محمدصادق عقیلی
علی بنی هاشمی

ابتدا نرم افزار GNS3 را نصب میکنیم و پس از افزودن image روتر در محیط به سراغ بخش دوم میرویم:

بخش دوم.

همان طور که در شکل مشاهده رسم شده است توپولوژی این شبکه یک پیکربندی با چند سوئیچ است که سوئیچ ۱ به عنوان یک سوئیچ توزیع عمل می کندکه به سوئیچ ۲ و سوئیچ ۳ و سوئیچ ۴ متصل است. هر سوئیچ به یک یا دو کامپیوتر وصل است و تمام دستگاه ها در شبکه با IP های مشترک پیکربندی شده اند.



به هر کامپیوتر (VPCS) یک آدرس IP از محدوده 192.168.1.0/24 تخصیص داده شد. آدرس ها به شرح زیر تنظیم شدند:

PC1: 192.168.1.10
PC2: 192.168.1.20
PC3: 192.168.1.30
PC4: 192.168.1.40
PC5: 192.168.1.50

تنظیمات با دستور ip در کنسول هر VPCS انجام شده اند.

برای هر VPCS مانند زیر یک ip مشخص میکنیم: —

```
[PC1> ip 192.168.1.10 255.255.255.0 192.168.1.1  
Checking for duplicate address...  
PC1 : 192.168.1.10 255.255.255.0 gateway 192.168.1.1
```

```
[PC2> ip 192.168.1.20 255.255.255.0 192.168.1.1  
Checking for duplicate address...  
PC2 : 192.168.1.20 255.255.255.0 gateway 192.168.1.1
```

```
[PC3> ip 192.168.1.30 255.255.255.0 192.168.1.1  
Checking for duplicate address...  
PC3 : 192.168.1.30 255.255.255.0 gateway 192.168.1.1
```

```
[PC4> ip 192.168.1.40 255.255.255.0 192.168.1.1  
Checking for duplicate address...  
PC4 : 192.168.1.40 255.255.255.0 gateway 192.168.1.1
```

سپس با استفاده از دستور ping، ارتباط بین کامپیوترها بررسی میکنیم. تمامی دستگاه‌ها به درستی به یکدیگر پاسخ دادند که نشان‌دهنده تنظیم صحیح توپولوژی و آدرس‌دهی است.

```
[PC2> ping 192.168.1.40  
84 bytes from 192.168.1.40 icmp_seq=1 ttl=64 time=0.443 ms  
84 bytes from 192.168.1.40 icmp_seq=2 ttl=64 time=0.441 ms  
84 bytes from 192.168.1.40 icmp_seq=3 ttl=64 time=0.798 ms  
84 bytes from 192.168.1.40 icmp_seq=4 ttl=64 time=0.619 ms  
84 bytes from 192.168.1.40 icmp_seq=5 ttl=64 time=1.040 ms  
  
PC2> Connection closed by foreign host.  
  
Saving session...  
...copying shared history...  
...saving history...truncating history files...  
...completed.  
  
[Process completed]
```

دستور پینگ از pc1 به pc2

```

[PC1]> ping 192.168.1.20

84 bytes from 192.168.1.20 icmp_seq=1 ttl=64 time=0.603 ms
84 bytes from 192.168.1.20 icmp_seq=2 ttl=64 time=0.821 ms
84 bytes from 192.168.1.20 icmp_seq=3 ttl=64 time=1.236 ms
84 bytes from 192.168.1.20 icmp_seq=4 ttl=64 time=1.181 ms
84 bytes from 192.168.1.20 icmp_seq=5 ttl=64 time=1.267 ms

PC1> Connection closed by foreign host.

Saving session...
...copying shared history...
...saving history...truncating history files...
...completed.

[Process completed]

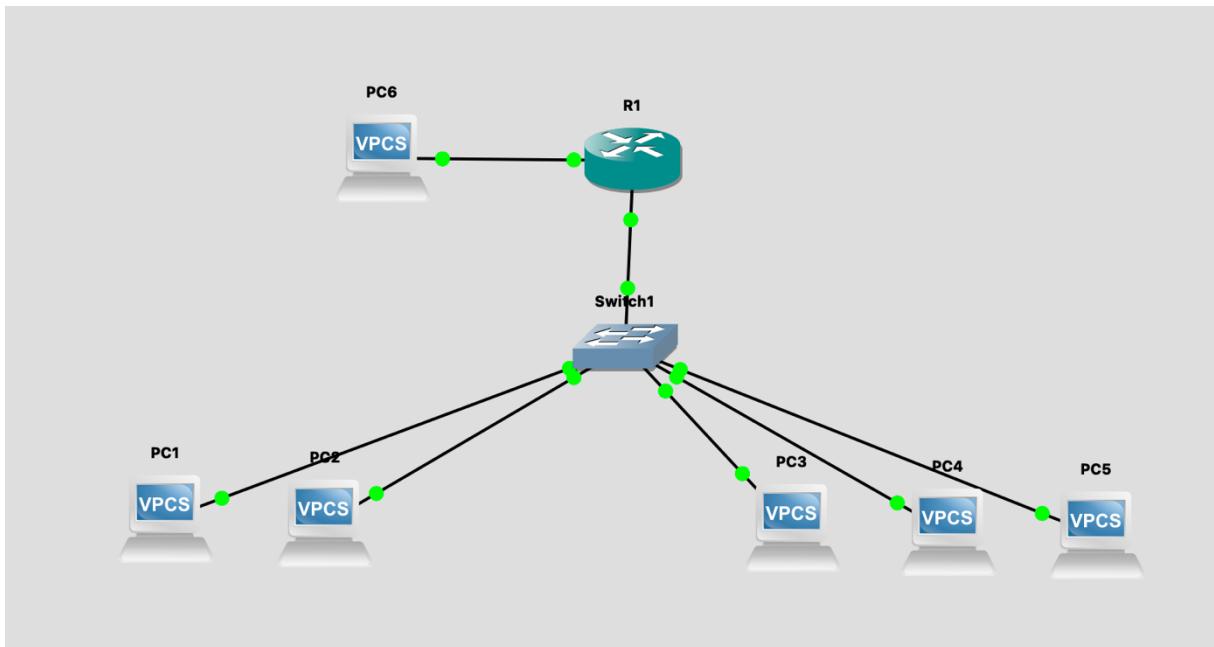
```

دستور پینگ از pc4 به pc2

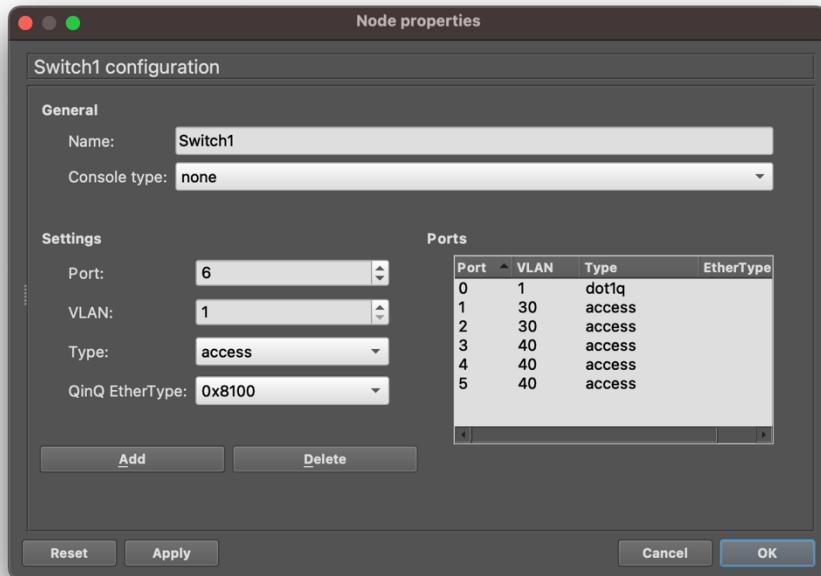
بخش سوم. VLAN

همانطور که در شکل زیر مشاهده می کنید، یک توبولوژی شبکه نشان داده است که شامل یک سوئیچ، روتر و چندین Host است. این توبولوژی از دو VLAN تشکیل شده است: VLAN 30 با آدرس 192.168.30.0/24 و VLAN 40 با آدرس 192.168.40.0/24 می باشد.

در این قسمت ما اتصال بین کامپیوترهای موجود در VLAN های مختلف را آزمایش میکنیم تا مطمئن شویم اجزای VLAN ها با یکدیگر ارتباط برقرار می کنند. ابتدا نیاز است که ضمن پیاده سازی این سناریو و تست پینگ میان کامپیوترها، جدول مسیریابی روتر (routing table) را ذخیره کنیم که به شرح زیر است:



پس از Configur کردن سوییچ مانند تصویر رو برو و طبق صورت سوال برای هر PC بک IP مشخص کرده و ارتباط آن ها را با هم چک میکنیم:



پیکربندی سوییچ

برای هر PC مانند مرحله قبل یک IP سمت میکنیم، IP های مشخص شده برای هر PC به شرح زیر است:

Device	VLAN/Network	IP Address	Subnet Mask	Default	Gateway
PC1	VLAN 30 (30.0/24)	192.168.30.10	255.255.255.0	192.168.30.1	
PC2	VLAN 30 (30.0/24)	192.168.30.20	255.255.255.0	192.168.30.1	
PC3	VLAN 40 (40.0/24)	192.168.40.10	255.255.255.0	192.168.40.1	
PC4	VLAN 40 (40.0/24)	192.168.40.20	255.255.255.0	192.168.40.1	
PC5	VLAN 40 (40.0/24)	192.168.40.30	255.255.255.0	192.168.40.1	
PC6	Direct (3.0/24)	192.168.3.10	255.255.255.0	192.168.3.1	

درست مانند مرحله قبل PC ها در VLAN های یکسان بدون هیچ مشکلی کار میکنند مانند تصاویر زیر:

```
[PC1]> ping 192.168.30.20
84 bytes from 192.168.30.20 icmp_seq=1 ttl=64 time=0.155 ms
84 bytes from 192.168.30.20 icmp_seq=2 ttl=64 time=0.187 ms
84 bytes from 192.168.30.20 icmp_seq=3 ttl=64 time=0.271 ms
84 bytes from 192.168.30.20 icmp_seq=4 ttl=64 time=0.206 ms
84 bytes from 192.168.30.20 icmp_seq=5 ttl=64 time=0.191 ms
```

دستور پینگ از pc1 به pc2 در VLAN30

```
[PC3]> ping 192.168.40.20
84 bytes from 192.168.40.20 icmp_seq=1 ttl=64 time=0.129 ms
84 bytes from 192.168.40.20 icmp_seq=2 ttl=64 time=0.187 ms
84 bytes from 192.168.40.20 icmp_seq=3 ttl=64 time=0.172 ms
84 bytes from 192.168.40.20 icmp_seq=4 ttl=64 time=0.187 ms
84 bytes from 192.168.40.20 icmp_seq=5 ttl=64 time=0.159 ms
```

دستور پینگ از pc3 به pc4 در VLAN40

اما برای اتصال PC ها در VLAN های مختلف نیاز به پیکربندی VLAN ها روی سوئیچ (شکل آن در بالا آمده است) و سپس روی روتر داریم که با داستورات زیر انجام میشود:

پیکربندی Subinterface ها برای مسیریابی بین VLAN ها روی رابط متصل به سوئیچ :
ابتدا وارد محیط تنظیمات روتر میشویم:

```
configure terminal
```

- برای اینکه بتوانید **Subinterface** ایجاد کنید، ابتدا مطمئن میشویم که اینترفیس اصلی فعال است:

```
interface FastEthernet0/0
no shutdown
exit
```

- تنظیم زیراینترفیس‌ها: (Subinterfaces)
- برای VLAN 30:

```
interface FastEthernet0/0
ip address 192.168.30.1 255.255.255.0
no shutdown
```

- برای VLAN 40:

```
interface FastEthernet1/0
ip address 192.168.40.1 255.255.255.0
no shutdown
```

- با دستور Write memory آن را ذخیره میکنیم.

- کامپیوتر PC6 مستقیماً به اینترفیس **FastEthernet1/0** متصل شد. برای این اینترفیس تنظیمات زیر انجام میدهیم:

```
R1> enable
R1# configure terminal
R1(config)# interface FastEthernet1/0
R1(config-if)# ip address 192.168.3.1 255.255.255.0
R1(config-if)# no shutdown
```

حال ارتباط بین PC های مختلف رو تست میکنیم:

. از PC6 به **Default Gateway** آن (روتر): 1

```
[PC6]> ping 192.168.3.1

192.168.3.1 icmp_seq=1 timeout
84 bytes from 192.168.3.1 icmp_seq=2 ttl=255 time=10.458 ms
84 bytes from 192.168.3.1 icmp_seq=3 ttl=255 time=2.396 ms
84 bytes from 192.168.3.1 icmp_seq=4 ttl=255 time=2.820 ms
84 bytes from 192.168.3.1 icmp_seq=5 ttl=255 time=1.936 ms
```

: (PC1 مثلاً VLAN30 بـ PC6 . 2

```
[PC6> ping 192.168.30.10

84 bytes from 192.168.30.10 icmp_seq=1 ttl=63 time=21.391 ms
84 bytes from 192.168.30.10 icmp_seq=2 ttl=63 time=12.118 ms
84 bytes from 192.168.30.10 icmp_seq=3 ttl=63 time=12.519 ms
84 bytes from 192.168.30.10 icmp_seq=4 ttl=63 time=12.397 ms
84 bytes from 192.168.30.10 icmp_seq=5 ttl=63 time=12.333 ms
```

: (PC3 مثلاً VLAN40 بـ PC6 . 3

```
[PC6> ping 192.168.40.10

84 bytes from 192.168.40.10 icmp_seq=1 ttl=63 time=28.899 ms
84 bytes from 192.168.40.10 icmp_seq=2 ttl=63 time=11.687 ms
84 bytes from 192.168.40.10 icmp_seq=3 ttl=63 time=12.552 ms
84 bytes from 192.168.40.10 icmp_seq=4 ttl=63 time=11.778 ms
84 bytes from 192.168.40.10 icmp_seq=5 ttl=63 time=12.490 ms
```

: (PC2 to PC5) VLAN 30 و VLAN 40 . 4

```
[PC2> ping 192.168.40.30

84 bytes from 192.168.40.30 icmp_seq=1 ttl=63 time=30.394 ms
84 bytes from 192.168.40.30 icmp_seq=2 ttl=63 time=12.582 ms
84 bytes from 192.168.40.30 icmp_seq=3 ttl=63 time=12.512 ms
84 bytes from 192.168.40.30 icmp_seq=4 ttl=63 time=12.406 ms
84 bytes from 192.168.40.30 icmp_seq=5 ttl=63 time=24.412 ms
```

: (PC5 to PC6) PC6 بـ VLAN 5

```
[PC5> ping 192.168.3.10

84 bytes from 192.168.3.10 icmp_seq=1 ttl=63 time=19.823 ms
84 bytes from 192.168.3.10 icmp_seq=2 ttl=63 time=12.471 ms
84 bytes from 192.168.3.10 icmp_seq=3 ttl=63 time=11.590 ms
84 bytes from 192.168.3.10 icmp_seq=4 ttl=63 time=12.496 ms
84 bytes from 192.168.3.10 icmp_seq=5 ttl=63 time=11.957 ms
```

با استفاده از دستور **show ip route** جدول مسیریابی روتر را بدست می‌اوریم که شامل زیر است:

- شبکه‌های متصل مستقیم (**Connected**): مشخص می‌کند کدام اینترفیس به کدام شبکه متصل است.
- شبکه‌های استاتیک یا مسیریابی دینامیک: اطلاعات مربوط به مسیرهای استاتیک یا پروتکل‌های مسیریابی دینامیک.

```
Codes: L - local, 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, H - NHRP, l - LIS
       + - replicated route, % - next hop override
```

```
Gateway of last resort is not set
```

```
192.168.3.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C     192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
L     192.168.3.1/32 is directly connected, FastEthernet1/0
192.168.30.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C     192.168.30.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0.30
L     192.168.30.1/32 is directly connected, FastEthernet0/0.30
192.168.40.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C     192.168.40.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0.40
L     192.168.40.1/32 is directly connected, FastEthernet0/0.40
```

Mode Access -1

مد **Access** حالتی از پورت سوئیچ است که پورت به یک VLAN خاص اختصاص داده می‌شود و تنها به ترافیک مربوط به همان VLAN اجازه عبور می‌دهد.

ویژگی‌ها:

- فقط به یک VLAN خاص ترافیک عبور می‌دهد.
- تگ‌های VLAN از فریم حذف می‌شوند (یعنی دستگاه متصل نیازی به پشتیبانی از VLAN ندارد).
- عموماً برای اتصال دستگاه‌های انتهایی مانند کامپیوترها، چاپگرهای، یا سرورها به سوئیچ استفاده می‌شود.

Mode Dot1Q (Trunk Mode) -2

مد (**Dot1Q**) یا Trunk Mode حالتی از پورت سوئیچ است که اجازه می‌دهد ترافیک چندین VLAN روی یک لینک عبور کند. این مدل معمولاً بین سوئیچ‌ها یا بین سوئیچ و روتر استفاده می‌شود.

ویژگی‌ها:

- از پروتکل **IEEE 802.1Q** برای برچسب‌گذاری (Tagging) فریم‌ها استفاده می‌کند.
- به هر فریم ارسالی برچسب VLAN اضافه می‌شود تا سوئیچ یا روتر مقصد بتواند آن را شناسایی کند.
- پورت Trunk می‌تواند ترافیک چندین VLAN را مدیریت کند.

تفاوت بین Dot1Q (Trunk) Mode و Access Mode

ویژگی	Access Mode	Dot1Q (Trunk) Mode
هدف	ارتباط دستگاه با یک VLAN خاص	عبور ترافیک چندین VLAN
برچسب گذاری VLAN	تگها حذف می‌شوند	تگها به فریم‌ها اضافه می‌شوند
استفاده	اتصال دستگاه‌های نهایی به سوئیچ	اتصال بین سوئیچ‌ها یا سوئیچ و روتر
پشتیبانی از VLAN ها	فقط یک VLAN	چندین VLAN

برای دستگاه‌های انتهایی استفاده می‌شود که فقط با یک VLAN خاص کار می‌کنند.
 برای عبور ترافیک چندین VLAN بین سوئیچ‌ها یا بین سوئیچ و روتر استفاده می‌شود.
 نیازمند استفاده از Dot1Q در ارتباط با روتر است تا ترافیک VLAN ها را مسیریابی کند.

تحلیل جزئیات بسته Ping :

- در این پروژه، با پیکربندی VLAN ها و استفاده از پروتکل Dot1Q ، توانستیم ترافیک بین VLAN ها را مشاهده کنیم. در خروجی Wireshark، برچسب‌های VLAN با مقادیر مشخص 30 (VLAN 30) و 40 (VLAN 40) دیده می‌شوند.
- ترافیک ICMP شامل بسته‌های Echo Request و Echo Reply به درستی بین IP های مبدأ (PC1) و مقصد (PC3) منتقل شد.
- در لایه ۲ (Ethernet)، برچسب VLAN اضافه شده است که Dot1Q مربوط به هر بسته را مشخص می‌کند.
- جزئیات ICMP نشان دادند که بسته‌ها بدون خطأ و با مقادیر صحیح Sequence Number و TTL به مقصد رسیده‌اند.

یک بسته ICMP را می‌توان در سه بخش بررسی کرد (لایه فیزیکی) : ICMP Packet و Ethernet Layer ، Frame Details

۱) Frame Details (لایه فیزیکی) :

این بخش شامل اطلاعات کلی بسته است:

- شماره بسته در ضبط Wireshark : **Frame Number**
- زمان دریافت بسته : **Arrival Time**
- طول بسته (به بایت) : **Frame Length**
- پروتکل‌های استفاده شده (Ethernet، IP، ICMP) : **Protocols in Frame**

۲) Ethernet Header (لایه لینک)

اطلاعات مربوط به اترنت در این بخش قابل مشاهده است:

- آدرس MAC مقصد : **Destination MAC Address**
- آدرس MAC مبدأ : **Source MAC Address**
- نوع پروتکل (IPv4) : **Type** (0x0800 نشان‌دهنده IPv4 است.)

۳) IP Header (لایه شبکه)

این بخش شامل اطلاعات مربوط به پروتکل IP است:

- نسخه پروتکل IP معمولاً (IPv4) : **Version**
- طول هدر (IP معمولاً 20 بایت) : **Header Length**
- طول کل بسته (شامل هدر و داده‌ها) : **Total Length**
- آدرس IP مبدأ (دستگاهی که دستور ping را اجرا کرده است) : **Source IP Address**
- آدرس IP مقصد : **Destination IP Address**
- پروتکل مورد استفاده (ICMP، مقدار 1) : **Protocol**

(لایه انتقال) ICMP Header (۴)

این بخش اصلی بسته ICMP است و اطلاعات زیر را نشان می‌دهد:

Type .1

Echo Request (درخواست پینگ) 8 ○

Echo Reply (پاسخ پینگ) 0 ○

Code: مقدار صفر (برای پینگ معمولی) 2

Checksum: مقدار صحبت‌سنجی برای تأیید صحت بسته. 3

Identifier: شماره شناسایی بسته که معمولاً برای تشخیص درخواست‌ها و پاسخ‌ها استفاده می‌شود. 4

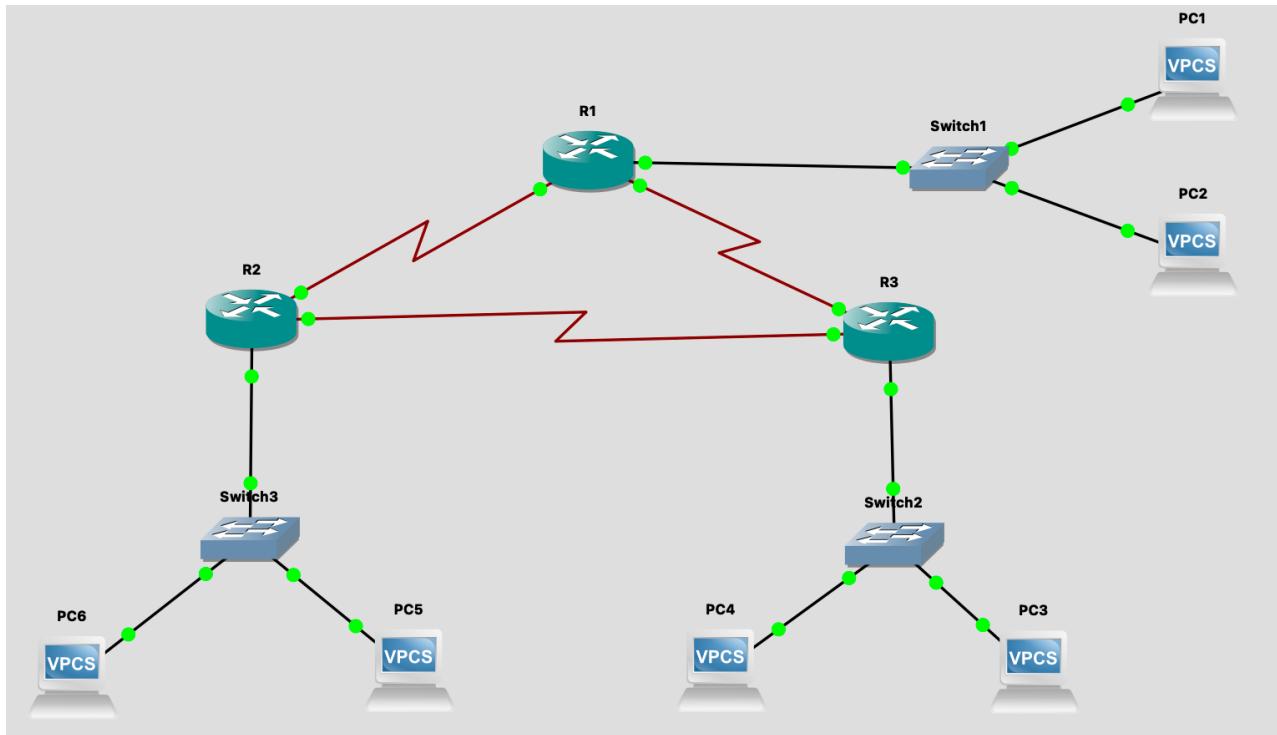
Sequence Number: شماره ترتیبی بسته برای دنبال کردن ارسال و دریافت. 5

Data: داده‌های ارسالی توسط ICMP (معمولًاً یک پیام پیش‌فرض یا الگوی تکرارشونده) 6

	Info	Length	Protocol	Destination	Source	Time	.No
	Who has 192.168.40.1? Tell 192.168.40.2	68	ARP	Broadcast	Private_66:68:02	215.457592	38
	is at ca:01:40:c4:00:00	192.168.40.1	64	ARP	Private_66:68:02	ca:01:40:c4:00:00	215.472489
Echo (ping) reply	id=0x4b1c, seq=1/256, ttl=64 (request in 31)	102	ICMP	192.168.30.2	192.168.40.2	216.463665	40
Echo (ping) reply	id=0x4d1c, seq=2/512, ttl=64 (request in 37)	102	ICMP	192.168.30.2	192.168.40.2	216.463665	41
Echo (ping) reply	id=0x4b1c, seq=1/256, ttl=63	102	ICMP	192.168.30.2	192.168.40.2	216.478878	42
Echo (ping) reply	id=0x4d1c, seq=2/512, ttl=63	102	ICMP	192.168.30.2	192.168.40.2	216.478878	43
Echo (ping) request	id=0x4f1c, seq=3/768, ttl=64 (no response found!)	102	ICMP	192.168.40.2	192.168.30.2	217.453023	44
Echo (ping) request	id=0x4f1c, seq=3/768, ttl=63 (reply in 46)	102	ICMP	192.168.40.2	192.168.30.2	217.468619	45
Echo (ping) reply	id=0x4f1c, seq=3/768, ttl=64 (request in 45)	102	ICMP	192.168.30.2	192.168.40.2	217.469639	46
Echo (ping) reply	id=0x4f1c, seq=3/768, ttl=63	102	ICMP	192.168.30.2	192.168.40.2	217.485350	47
Echo (ping) request	id=0x501c, seq=4/1024, ttl=64 (no response found!)	102	ICMP	192.168.40.2	192.168.30.2	218.502577	48
Echo (ping) request	id=0x501c, seq=4/1024, ttl=63 (reply in 50)	102	ICMP	192.168.40.2	192.168.30.2	218.518605	49
Echo (ping) reply	id=0x501c, seq=4/1024, ttl=64 (request in 49)	102	ICMP	192.168.30.2	192.168.40.2	218.519578	50
Echo (ping) reply	id=0x501c, seq=4/1024, ttl=63	102	ICMP	192.168.30.2	192.168.40.2	218.532850	51
Echo (ping) request	id=0x511c, seq=5/1280, ttl=64 (no response found!)	102	ICMP	192.168.40.2	192.168.30.2	219.552428	52
Echo (ping) request	id=0x511c, seq=5/1280, ttl=63 (reply in 54)	102	ICMP	192.168.40.2	192.168.30.2	219.568373	53
Echo (ping) reply	id=0x511c, seq=5/1280, ttl=64 (request in 53)	102	ICMP	192.168.30.2	192.168.40.2	219.569426	54
Echo (ping) reply	id=0x511c, seq=5/1280, ttl=63	102	ICMP	192.168.30.2	192.168.40.2	219.582884	55
	Reply 60	100P	ca:01:40:c4:00:00	ca:01:40:c4:00:00	ca:01:40:c4:00:00	219.966256	56

بخش چهارم. (Static Routing)

ابتدا مانند تصویر داده شده شبکه را ایجاد میکنیم:



اختصاص IP به کامپیوترها: برای هر کامپیوتر، در محیط VPCS (کامپیوترها در GNS3) دستور ایجاد IP را وارد میکنیم:

- **PC1:** ip 192.168.1.10 255.255.255.0 192.168.1.1
- **PC2:** ip 192.168.1.20 255.255.255.0 192.168.1.1
- **PC3:** ip 192.168.2.10 255.255.255.0 192.168.2.1
- **PC4:** ip 192.168.2.20 255.255.255.0 192.168.2.1
- **PC5:** ip 192.168.3.10 255.255.255.0 192.168.3.1
- **PC6:** ip 192.168.3.20 255.255.255.0 192.168.3.1

تنظیم روترهای :

فعال کردن رابطهای (Interfaces): هر روتر شوید و دستورات زیر را اجرا کنید. به عنوان مثال برای R1 به شکل زیر عمل میکنم (برای دیگر روترهای نیز با توجه با شبکه انجام میدهیم):

```
enable
configure terminal
interface fastethernet0/0
ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
no shutdown

interface serial2/0
ip address 10.0.0.1 255.255.255.252
no shutdown
```

```
interface serial2/1
ip address 10.0.0.5 255.255.255.252
no shutdown
```

تعريف مسیرهای استاتیک : هر روتر باید مسیرهای شبکه‌های دیگر را بداند. به عنوان مثال، در R1

```
ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 10.0.0.6
ip route 192.168.3.0 255.255.255.0 10.0.0.2
```

برای روتر R2 و R3 نیز همین عملیات رو اعمال میکنیم:

R2:

```
enable
configure terminal
interface fastethernet0/0
ip address 192.168.3.1 255.255.255.0
no shutdown

interface serial2/0
ip address 10.0.0.2 255.255.255.252
no shutdown

interface serial2/1
ip address 10.0.0.9 255.255.255.252
no shutdown
exit

ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 10.0.0.1
ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 10.0.0.10
exit
write memory
```

R3:

```
enable
configure terminal
interface fastethernet0/0
ip address 192.168.2.1 255.255.255.0
no shutdown

interface serial2/0
ip address 10.0.0.10 255.255.255.252
no shutdown

interface serial2/1
ip address 10.0.0.6 255.255.255.252
no shutdown
exit
```

```
ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 10.0.0.5  
ip route 192.168.3.0 255.255.255.0 10.0.0.9  
exit  
write memory
```

بعد از انجام تنظیمات روتر تست با دستور Ping ارتباط میان کامپیوتر ها را بررسی میکنیم:

PC1 to PC5:

```
[PC1]> ping 192.168.3.10
```

```
84 bytes from 192.168.3.10 icmp_seq=1 ttl=62 time=39.971 ms  
84 bytes from 192.168.3.10 icmp_seq=2 ttl=62 time=25.866 ms  
84 bytes from 192.168.3.10 icmp_seq=3 ttl=62 time=25.059 ms  
84 bytes from 192.168.3.10 icmp_seq=4 ttl=62 time=25.528 ms  
84 bytes from 192.168.3.10 icmp_seq=5 ttl=62 time=25.181 ms
```

PC6 to PC2:

```
[PC4]> ping 192.168.3.20
```

```
84 bytes from 192.168.3.20 icmp_seq=1 ttl=62 time=59.532 ms  
84 bytes from 192.168.3.20 icmp_seq=2 ttl=62 time=35.070 ms  
84 bytes from 192.168.3.20 icmp_seq=3 ttl=62 time=45.577 ms  
84 bytes from 192.168.3.20 icmp_seq=4 ttl=62 time=45.306 ms  
84 bytes from 192.168.3.20 icmp_seq=5 ttl=62 time=46.263 ms
```

PC4 to PC6:

```
[PC6]> ping 192.168.1.20
```

```
84 bytes from 192.168.1.20 icmp_seq=1 ttl=62 time=49.874 ms  
84 bytes from 192.168.1.20 icmp_seq=2 ttl=62 time=35.343 ms  
84 bytes from 192.168.1.20 icmp_seq=3 ttl=62 time=35.060 ms  
84 bytes from 192.168.1.20 icmp_seq=4 ttl=62 time=35.669 ms  
84 bytes from 192.168.1.20 icmp_seq=5 ttl=62 time=36.013 ms
```

PC3 to PC1:

```
[PC3]> ping 192.168.1.10
```

```
84 bytes from 192.168.1.10 icmp_seq=1 ttl=62 time=49.657 ms  
84 bytes from 192.168.1.10 icmp_seq=2 ttl=62 time=35.249 ms  
84 bytes from 192.168.1.10 icmp_seq=3 ttl=62 time=35.748 ms  
84 bytes from 192.168.1.10 icmp_seq=4 ttl=62 time=35.714 ms  
84 bytes from 192.168.1.10 icmp_seq=5 ttl=62 time=35.761 ms
```

جدول مسیریابی برای هر روتر:

R1:

```
[R1]#show ip route
Codes: L - local, 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, H - NHRP, l - LISP
      + - replicated route, % - next hop override

Gateway of last resort is not set

      10.0.0.0/8 is variably subnetted, 4 subnets, 2 masks
C        10.0.0.0/30 is directly connected, Serial2/0
L        10.0.0.1/32 is directly connected, Serial2/0
C        10.0.0.4/30 is directly connected, Serial2/1
L        10.0.0.5/32 is directly connected, Serial2/1
      192.168.1.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C        192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
L        192.168.1.1/32 is directly connected, FastEthernet0/0
S        192.168.2.0/24 [1/0] via 10.0.0.6
S        192.168.3.0/24 [1/0] via 10.0.0.2
```

Router R1 is started

Running on server Main server with port 80

Local ID is 1 and server ID is 2e8f5e40-c895-47b7-8f52-b1f15471b966

Dynamips ID is 1

Hardware is Dynamips emulated Cisco c7200 VXR NPE-400 with 512MB RAM and 512KB NVRAM

Console is on port 5000 and type is telnet,AUX console is on port None

IOS image is "c7200-adventerprisek9-mz.151-4.M1.image"

with no idlepc value

PCMCIA disks: disk0 is 0MB and disk1 is 0MB

slot 0 hardware is C7200-IO-FE with 1 port

FastEthernet0/0 connected to Switch1 on port Ethernet0

slot 1 hardware is PA-2FE-TX with 2 ports

FastEthernet1/0 is empty

FastEthernet1/1 is empty

slot 2 hardware is PA-4T+ with 4 ports

Serial2/0 connected to R2 on port Serial2/0

Serial2/1 connected to R3 on port Serial2/0

Serial2/2 is empty

Serial2/3 is empty

R2:

```
[R2]#show ip route
Codes: L - local, 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, H - NHRP, 1 - LISP
      + - replicated route, % - next hop override

Gateway of last resort is not set

      10.0.0.0/8 is variably subnetted, 4 subnets, 2 masks
C        10.0.0.0/30 is directly connected, Serial2/0
L        10.0.0.2/32 is directly connected, Serial2/0
C        10.0.0.8/30 is directly connected, Serial2/1
L        10.0.0.9/32 is directly connected, Serial2/1
S        192.168.1.0/24 [1/0] via 10.0.0.1
S        192.168.2.0/24 [1/0] via 10.0.0.10
      192.168.3.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C        192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
L        192.168.3.1/32 is directly connected, FastEthernet0/0
```

Router R2 is started

Running on server Main server with port 80

Local ID is 5 and server ID is 8696d626-f52e-4b60-9c4d-4347b33c6169

Dynamips ID is 2

Hardware is Dynamips emulated Cisco c7200 VXR NPE-400 with 512MB RAM and 512KB NVRAM

Console is on port 5006 and type is telnet,AUX console is on port None

IOS image is "c7200-adventerprisek9-mz.151-4.M1.image"

with no idlepc value

PCMCIA disks: disk0 is 0MB and disk1 is 0MB

slot 0 hardware is C7200-IO-FE with 1 port

FastEthernet0/0 connected to Switch3 on port Ethernet0

slot 1 hardware is PA-2FE-TX with 2 ports

FastEthernet1/0 is empty

FastEthernet1/1 is empty

slot 2 hardware is PA-4T+ with 4 ports

Serial2/0 connected to R1 on port Serial2/0

Serial2/1 connected to R3 on port Serial2/1

Serial2/2 is empty

Serial2/3 is empty

R3:

```
[R3#]show ip route
Codes: L - local, 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, H - NHRP, l - LISP
      + - replicated route, % - next hop override

Gateway of last resort is not set

  10.0.0.0/8 is variably subnetted, 4 subnets, 2 masks
C        10.0.0.4/30 is directly connected, Serial2/1
L        10.0.0.6/32 is directly connected, Serial2/1
C        10.0.0.8/30 is directly connected, Serial2/0
L        10.0.0.10/32 is directly connected, Serial2/0
S        192.168.1.0/24 [1/0] via 10.0.0.5
          192.168.2.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C          192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
L          192.168.2.1/32 is directly connected, FastEthernet0/0
S          192.168.3.0/24 [1/0] via 10.0.0.9
```

Router R3 is started

Running on server Main server with port 80

Local ID is 6 and server ID is 68ada428-38de-406b-82f7-bcdc09859bc5

Dynamips ID is 3

Hardware is Dynamips emulated Cisco c7200 VXR NPE-400 with 512MB RAM and 512KB NVRAM

Console is on port 5007 and type is telnet,AUX console is on port None

IOS image is "c7200-adventerprisek9-mz.151-4.M1.image"

with no idlepc value

PCMCIA disks: disk0 is 0MB and disk1 is 0MB

slot 0 hardware is C7200-IO-FE with 1 port

 FastEthernet0/0 connected to Switch2 on port Ethernet0

slot 1 hardware is PA-2FE-TX with 2 ports

 FastEthernet1/0 is empty

 FastEthernet1/1 is empty

slot 2 hardware is PA-4T+ with 4 ports

 Serial2/0 connected to R1 on port Serial2/1

 Serial2/1 connected to R2 on port Serial2/1

 Serial2/2 is empty

 Serial2/3 is empty

بررسی ارتباط اولیه: (Ping Test)

کامپیوترهای PC1 و PC3 را برای تست ارتباط انتخاب میکنید. و ping میگیریم:

```
[PC1> ping 192.168.2.20]
```

```
84 bytes from 192.168.2.20 icmp_seq=1 ttl=61 time=49.061 ms
84 bytes from 192.168.2.20 icmp_seq=2 ttl=61 time=35.221 ms
84 bytes from 192.168.2.20 icmp_seq=3 ttl=61 time=35.378 ms
84 bytes from 192.168.2.20 icmp_seq=4 ttl=61 time=35.532 ms
84 bytes from 192.168.2.20 icmp_seq=5 ttl=61 time=35.915 ms
```

```
[PC1> trace 192.168.2.20]
```

```
trace to 192.168.2.20, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  192.168.1.1    9.734 ms   9.069 ms   9.566 ms
 2  10.0.0.10     28.933 ms   29.442 ms   29.931 ms
 3  *192.168.2.20   39.668 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)
```

اطلاعات هر خط از خروجی:

- اندازه بسته ارسالی (IP) 84 bytes: 84 بایت شامل 64 بایت داده + 20 بایت هدر.
- ICMP_seq: شماره ترتیب بسته ICMP که ارسال شده است.
- TTL=61: Time to Live که در هر روتر یک کاهش می‌یابد؛ این مقدار از TTL اولیه 64 شروع شده و نشان‌دهنده عبور از 3 روتر است. (3=61-64)
- Round Trip Time (time): زمان رفت و برگشت بسته به میلی ثانیه.

مسیر عبوری بسته‌ها:

با توجه به تنظیمات انجام شده و جدول مسیریابی روترهای، بسته‌ها از مسیر زیر عبور کردند:

- PC1 (192.168.1.10) → Switch1 → Router R1 → Router R3 → Switch2 → PC3 (192.168.2.20).

تأیید مسیر با Wireshark:

برای بررسی مسیر دقیق، می‌توانید بسته‌های ICMP را با Wireshark در لینک‌های بین R3 → Switch2 و R1 → R3 مشاهده کرد.

خاموش کردن لینک: $R1 \rightarrow R3$

از طریق CLI روتر R1 ، اینترفیس مرتبط را خاموش میکنیم:

```
R1(config)# interface Serial2/1
R1(config-if)# shutdown
```

برای اینکه شبکه در صورت خرابی هر کدام از لینک‌ها همچنان به کار خود ادامه دهد، باید برای تمام روتراها مسیرهای جایگزین تعریف کنیم. این کار با اضافه کردن مسیرهای استاتیک چندگانه انجام می‌شود.(مسیر جایگزین با مقدار Administrative Distance بالاتر (20) تعریف شده است تا فقط در صورت قطع مسیر اصلی فعال شود.)

R1:

```
R1(config)# ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 Serial2/1 20
R1(config)# ip route 192.168.3.0 255.255.255.0 Serial2/1 20
```

R2:

```
R2(config)# ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 Serial2/1 20
R2(config)# ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 Serial2/1 20
```

R3:

```
R3(config)# ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 Serial2/0 20
R3(config)# ip route 192.168.3.0 255.255.255.0 Serial2/0 20
```

تست دوباره از PC1 -> PC3

```
[PC1]> ping 192.168.2.20

84 bytes from 192.168.2.20 icmp_seq=1 ttl=61 time=59.444 ms
84 bytes from 192.168.2.20 icmp_seq=2 ttl=61 time=35.236 ms
84 bytes from 192.168.2.20 icmp_seq=3 ttl=61 time=45.280 ms
84 bytes from 192.168.2.20 icmp_seq=4 ttl=61 time=46.245 ms
84 bytes from 192.168.2.20 icmp_seq=5 ttl=61 time=36.152 ms

[PC1]> trace 192.168.2.20
trace to 192.168.2.20, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  192.168.1.1    9.305 ms   9.818 ms   9.308 ms
 2  10.0.0.2     29.782 ms   29.311 ms   29.902 ms
 3  10.0.0.6     39.122 ms   39.313 ms   39.309 ms
 4  *192.168.2.20   59.438 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)
```

دستور **trace:**

- این دستور مسیر عبوری بسته‌ها را از PC1 تا مقصد (192.168.2.20) مشخص می‌کند.
- (1) Hop 1 192.168.1.1: اولین گام روتر R1 است که به عنوان Gateway شبکه PC1 عمل می‌کند.
- (2) Hop 2 (10.0.0.2): نشان‌دهنده اینترفیس R1 است که بسته را از R1 دریافت کرده است.
- (3) Hop 3 (10.0.0.6): اینترفیس R3 است که بسته را به شبکه مقصد هدایت می‌کند.

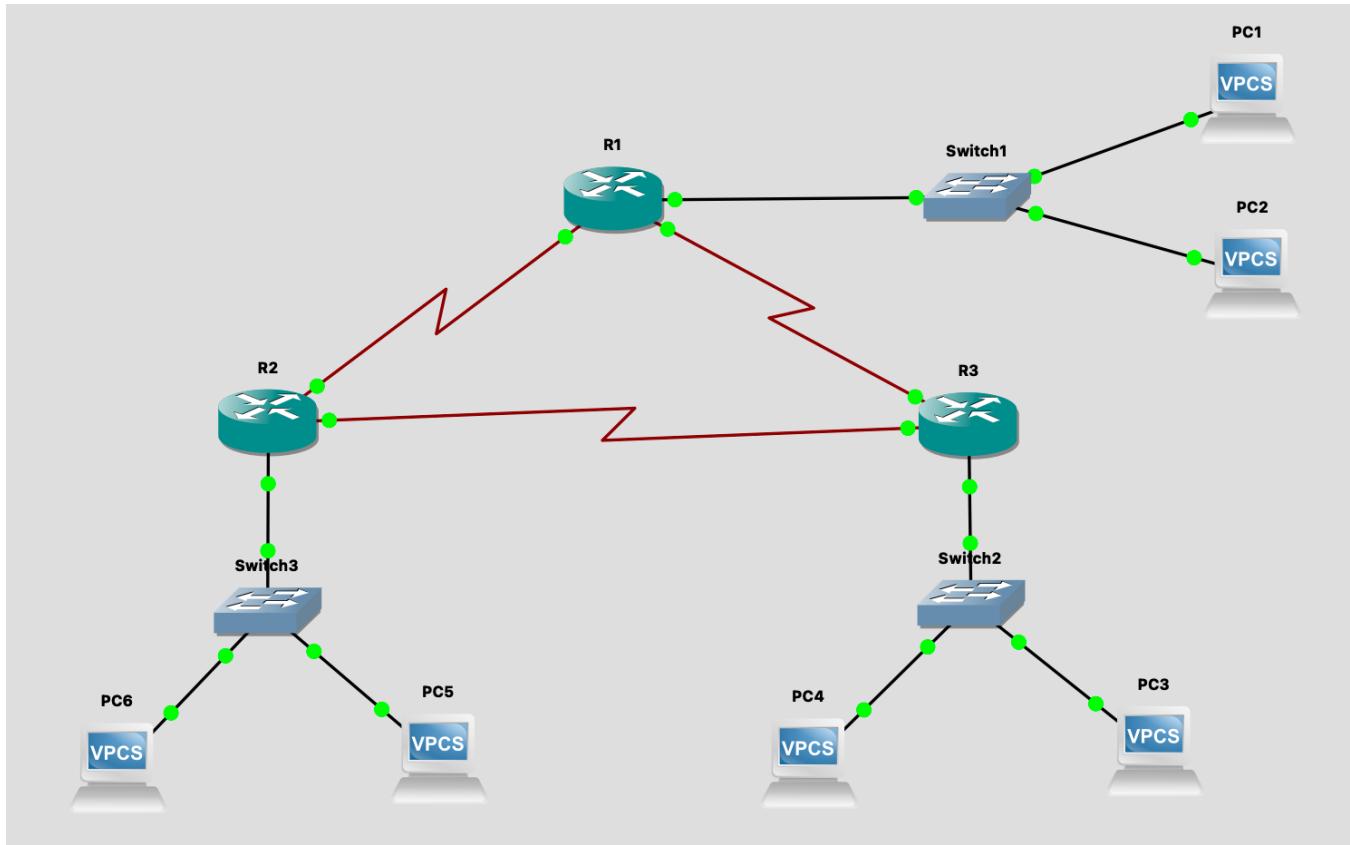
- مقصید نهایی است. پیام Destination port unreachable (192.168.2.20) Hop 4 نشان می‌دهد که هیچ سرویسی در پورت مشخص مقصید فعال نیست، اما ارتباط لایه 3 (IP) برقرار است.

تحلیل مسیر:

- بسهنه‌ها از مسیر اصلی R3 -> R2 -> R1 عبور کرده‌اند:
- .1 بسسهنه را از Gateway (192.168.1.1) خود باز آپلایک (IPC1) در R1 استفاده می‌کند.
 - .2 بسسهنه را از طریق لینک Serial2/0 به R2 ارسال می‌کند.
 - .3 بسسهنه را از طریق لینک Serial2/1 به R3 ارسال می‌کند.
 - .4 بسسهنه را به مقصد نهایی (192.168.2.20) در شبکه 24/192.168.2.0 ارسال می‌کند.

همان طور که در بالا مشاهده شد، شبکه ما در صورت وجود خرابی در لینک‌ها به کار خود ادامه میدهد.

بخش پنجم. (Static Routing)



برای این بخش نیز مانند تمام بخش ها ابتدا برای هر PC یک IP مشخص میکنیم و سپس مراحل زیر را برای استفاده از پروتکل OSPF انجام میدهیم:

۱. پیکربندی آدرس های IP روی اینترفیس ها:

برای شروع، ابتدا آدرس های IP برای هر لینک بین روترهای کامپیووترها را تنظیم می کنیم:

R1:

```
R1(config)# interface Serial2/0
R1(config-if)# ip address 192.168.12.1 255.255.255.0
R1(config-if)# no shutdown

R1(config)# interface Serial2/1
R1(config-if)# ip address 192.168.14.1 255.255.255.0
R1(config-if)# no shutdown

R1(config)# interface FastEthernet0/0
R1(config-if)# ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
R1(config-if)# no shutdown
```

R2:

```
R2(config)# interface Serial2/0
R2(config-if)# ip address 192.168.12.2 255.255.255.0
R2(config-if)# no shutdown

R2(config)# interface Serial2/1
R2(config-if)# ip address 192.168.23.1 255.255.255.0
R2(config-if)# no shutdown

R2(config)# interface FastEthernet0/0
R2(config-if)# ip address 192.168.3.1 255.255.255.0
R2(config-if)# no shutdown
```

R3:

```
R3(config)# interface Serial2/0
R3(config-if)# ip address 192.168.14.2 255.255.255.0
R3(config-if)# no shutdown

R3(config)# interface Serial2/1
R3(config-if)# ip address 192.168.23.2 255.255.255.0
R3(config-if)# no shutdown

R3(config)# interface FastEthernet0/0
R3(config-if)# ip address 192.168.2.1 255.255.255.0
R3(config-if)# no shutdown
```

۲. فعالسازی پروتکل OSPF :

پروتکل OSPF را روی تمام روترها فعال میکنیم و شبکه‌های متصل به هر روتر را در OSPF معرفی میکنیم:

R1:

```
R1(config)# router ospf 1
R1(config-router)# network 192.168.12.0 0.0.0.255 area 0
R1(config-router)# network 192.168.14.0 0.0.0.255 area 0
R1(config-router)# network 192.168.1.0 0.0.0.255 area 0
```

R2:

```
R2(config)# router ospf 1
R2(config-router)# network 192.168.12.0 0.0.0.255 area 0
R2(config-router)# network 192.168.23.0 0.0.0.255 area 0
R2(config-router)# network 192.168.3.0 0.0.0.255 area 0
```

R3:

```
R3(config)# router ospf 1
R3(config-router)# network 192.168.14.0 0.0.0.255 area 0
R3(config-router)# network 192.168.23.0 0.0.0.255 area 0
R3(config-router)# network 192.168.2.0 0.0.0.255 area 0
```

-توضیح و تحلیل دستورهای وارد شده برای روترها (برای مثال روتر R1):

```
R1(config)# router ospf 1
```

- این دستور پروتکل OSPF را در روتر فعال می‌کند.

عدد **Process ID** 1 است. این عدد یک شناسه محلی برای OSPF روی همان روتر است و در شبکه تأثیری ندارد (بین روترهای نیازی نیست یکسان باشد)

```
R1(config-router)# network 192.168.12.0 0.0.0.255 area 0
```

این دستور مشخص می‌کند که زیرشبکه **192.168.12.0/24** باید توسط OSPF تبلیغ شود و روی اینترفیس‌های متعلق به این زیرشبکه، OSPF فعال باشد.

0.0.0.255: این Wildcard Mask است که معکوس Subnet Mask عمل می‌کند. اینجا به معنای زیرشبکه‌ای با ماسک 255.255.255.0 است.

area 0: مشخص می‌کند که این زیرشبکه در ناحیه 0 (Area 0) قرار دارد. در OSPF، Area 0 ناحیه اصلی (Backbone) است و همه مناطق دیگر باید به آن متصل باشند.

کارکرد:

این دستور باعث می‌شود OSPF روی لینک سریالی بین R1 و R2 که آدرس IP آن در این زیرشبکه است، فعال شود.
روتر R1 و R2 از طریق این لینک، همسایگی (Adjacency) برقرار خواهند کرد.

```
R1(config-router)# network 192.168.14.0 0.0.0.255 area 0
```

مشابه دستور قبلی است، اما برای زیرشبکه **192.168.14.0/24** این زیرشبکه به لینک سریالی بین R1 و R3 مربوط است.

این دستور باعث می‌شود OSPF روی این لینک سریالی فعال شود و R1 و R3 همسایگی برقرار کنند.

```
R1(config-router)# network 192.168.1.0 0.0.0.255 area 0
```

این دستور OSPF را روی زیرشبکه **24/192.168.1.0** فعال می‌کند.

این زیرشبکه مربوط به اینترفیس متصل به کامپیوترها (PC1 و PC2) است.

این کار باعث می‌شود روتر R1 بتواند این زیرشبکه را از طریق OSPF به دیگر روترهای تبیغ کند.

۳. بررسی جدول مسیریابی و همسایه‌های OSPF

روی هر روتر با استفاده از دو دستور زیر جدول مسیریابی و جدول همسایگی پروتکل OSPF را مشاهده می‌کنیم:

```
show ip route  
show ip ospf neighbor
```

خروجی برای هر روتر به شرح زیر است:

R1:

```
R1#show ip route  
Codes: L - local, 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, H - NHRP, l - LISP  
      + - replicated route, % - next hop override  
  
Gateway of last resort is not set  
  
192.168.1.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks  
C     192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0  
L     192.168.1.1/32 is directly connected, FastEthernet0/0  
O     192.168.2.0/24 [110/65] via 192.168.14.2, 00:00:08, Serial2/1  
O     192.168.3.0/24 [110/65] via 192.168.12.2, 00:00:34, Serial2/0  
     192.168.12.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks  
C     192.168.12.0/24 is directly connected, Serial2/0  
L     192.168.12.1/32 is directly connected, Serial2/0  
     192.168.14.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks  
C     192.168.14.0/24 is directly connected, Serial2/1  
L     192.168.14.1/32 is directly connected, Serial2/1  
O     192.168.23.0/24 [110/128] via 192.168.14.2, 00:00:18, Serial2/1  
  
R1#show ip ospf neighbor  
  
Neighbor ID      Pri      State            Dead Time      Address          Interface  
192.168.23.2      0      FULL/        -          00:00:33      192.168.14.2      Serial2/1  
192.168.23.1      0      FULL/        -          00:00:36      192.168.12.2      Serial2/0
```

R2:

```
R2#show ip route
Codes: L - local, 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, H - NHRP, l - LISP
      + - replicated route, % - next hop override

Gateway of last resort is not set

[O  192.168.1.0/24 [110/65] via 192.168.12.1, 00:00:55, Serial2/0
O  192.168.2.0/24 [110/65] via 192.168.23.2, 00:00:18, Serial2/1
[  192.168.3.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
[C    192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
L    192.168.3.1/32 is directly connected, FastEthernet0/0
192.168.12.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C    192.168.12.0/24 is directly connected, Serial2/0
[L    192.168.12.2/32 is directly connected, Serial2/0
[O  192.168.14.0/24 [110/128] via 192.168.23.2, 00:00:28, Serial2/1
                [110/128] via 192.168.12.1, 00:00:55, Serial2/0
192.168.23.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C    192.168.23.0/24 is directly connected, Serial2/1
[R2#show ip ospf neighbor

Neighbor ID      Pri  State            Dead Time     Address          Interface
192.168.23.2      0    FULL/ -          00:00:31     192.168.23.2    Serial2/1
192.168.14.1      0    FULL/ -          00:00:38     192.168.12.1    Serial2/0
```

R3:

```
R3#show ip route
Codes: L - local, 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, H - NHRP, l - LISP
      + - replicated route, % - next hop override

Gateway of last resort is not set

O  192.168.1.0/24 [110/65] via 192.168.14.1, 00:00:35, Serial2/0
  192.168.2.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
    C    192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
    L    192.168.2.1/32 is directly connected, FastEthernet0/0
O  192.168.3.0/24 [110/65] via 192.168.23.1, 00:00:25, Serial2/1
O  192.168.12.0/24 [110/128] via 192.168.23.1, 00:00:25, Serial2/1
  [110/128] via 192.168.14.1, 00:00:35, Serial2/0
  192.168.14.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
    C    192.168.14.0/24 is directly connected, Serial2/0
    L    192.168.14.2/32 is directly connected, Serial2/0
  192.168.23.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
    C    192.168.23.0/24 is directly connected, Serial2/1
--More--
*Nov 28 18:49:14.447: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

R3#show ip ospf neighbor

Neighbor ID      Pri  State          Dead Time     Address          Interface
192.168.23.1      0    FULL/ -        00:00:35    192.168.23.1    Serial2/1
192.168.14.1      0    FULL/ -        00:00:38    192.168.14.1    Serial2/0
```

۴. تست ارتباط بین کامپیوترها:

برای تست ارتباط، از کامپیوترهای متصل به شبکه استفاده می‌کنیم و دستور ping را اجرا می‌کنیم:

PC1 to PC3:

```
[PC1> ping 192.168.2.10

84 bytes from 192.168.2.10 icmp_seq=1 ttl=62 time=50.024 ms
84 bytes from 192.168.2.10 icmp_seq=2 ttl=62 time=34.750 ms
84 bytes from 192.168.2.10 icmp_seq=3 ttl=62 time=36.226 ms
84 bytes from 192.168.2.10 icmp_seq=4 ttl=62 time=37.669 ms
84 bytes from 192.168.2.10 icmp_seq=5 ttl=62 time=35.894 ms
```

PC4 to PC6:

```
[PC4> ping 192.168.3.20

84 bytes from 192.168.3.20 icmp_seq=1 ttl=62 time=49.309 ms
84 bytes from 192.168.3.20 icmp_seq=2 ttl=62 time=36.062 ms
84 bytes from 192.168.3.20 icmp_seq=3 ttl=62 time=35.658 ms
84 bytes from 192.168.3.20 icmp_seq=4 ttl=62 time=36.533 ms
84 bytes from 192.168.3.20 icmp_seq=5 ttl=62 time=36.177 ms
```

PC5 to PC2:

```
[PC5> ping 192.168.1.20

84 bytes from 192.168.1.20 icmp_seq=1 ttl=62 time=50.012 ms
84 bytes from 192.168.1.20 icmp_seq=2 ttl=62 time=35.195 ms
84 bytes from 192.168.1.20 icmp_seq=3 ttl=62 time=37.872 ms
84 bytes from 192.168.1.20 icmp_seq=4 ttl=62 time=35.718 ms
84 bytes from 192.168.1.20 icmp_seq=5 ttl=62 time=36.142 ms
```

۵. الگوریتم OSPF :

- پروتکل OSPF از الگوریتم **Link State** برای یافتن کوتاه‌ترین مسیر استفاده می‌کند.
- با توجه به تنظیمات انجام شده، مسیرهای عبوری در صورت خرابی یک از لینک‌ها به صورت پویا تغییر خواهد کرد.
- مزیت OSPF:** در صورت اضافه شدن روتر یا لینک جدید، نیازی به پیکربندی دستی نیست؛ OSPF به طور خودکار جدول مسیریابی را به روزرسانی می‌کند.