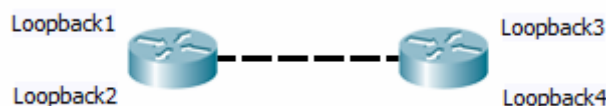


Tematyka:

Rutery Cisco. Rutowanie definiowane dynamicznie w wariantcie IGP (*interior*) na przykładzie protokołu OSPF. Redystrybucja tras pomiędzy protokołami IGP. Tunelowanie GRE.

Zadanie A: Rutowanie dynamiczne OSPF

1. Należy przygotować do pracy dwa routery Cisco, łącząc je okablowaniem jak na rysunku. Połączenie pomiędzy routerami należy wykonać przy pomocy interfejsów Ethernet lub Serial. Należy zdefiniować interfejsy *loopback* w routerach.

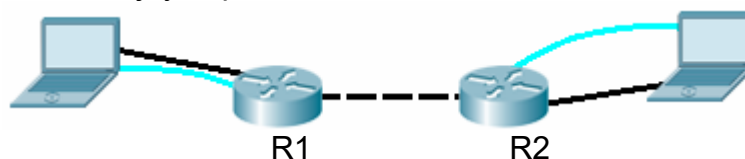


Uwaga: wszystkie sieci IP definiowane przez interfejsy loopback (w skali całej instalacji) muszą być unikatowe i nie mogą się adresacyjnie pokrywać.

2. W rozszerzonej wersji instalacji można podłączyć do dodatkowych interfejsów routerów stacje PC - jednak do celów diagnostyki (ping) wystarczające będzie ich zastąpienie wspomnianymi interfejsami *loopback* routerów. Wtedy przydatne stanie się wywołanie komendy *ping* Cisco IOS w taki sposób, aby nadawcą komunikatu ICMP Echo Request (IP source address w ICMP Echo Request) był wytypowany przez nas interfejs *loopback*, a nie interfejs fizyczny, przez który wychodzi z routera żądanie ICMP. Komenda będzie wyglądała następująco:

Router#ping 200.200.200.1 source 100.100.100.1

gdzie 100.100.100.1 to adres IP interfejsu *loopback*, a 200.200.200.1 to adres hosta sprawdzanego. Naturalnie wywoływanie tej komendy będzie sensowne dopiero po skonfigurowaniu procesów rutowania dynamicznego, co zostanie przeprowadzone w kolejnych punktach.



Należy skonfigurować i włączyć stosowne interfejsy IP routerów – definiując różne sieci IP bezpośrednio podłączone do routerów (więc i adresację IP interfejsów routerów) - zgodnie z ogólnie znanymi zasadami.

3. Należy włączyć rutowanie IP:
Router(config)#ip routing
 i określić tryb rutowania jako classless (bez-klasowe, bez narzucania wielkości maski poprzez klasę adresu IP):

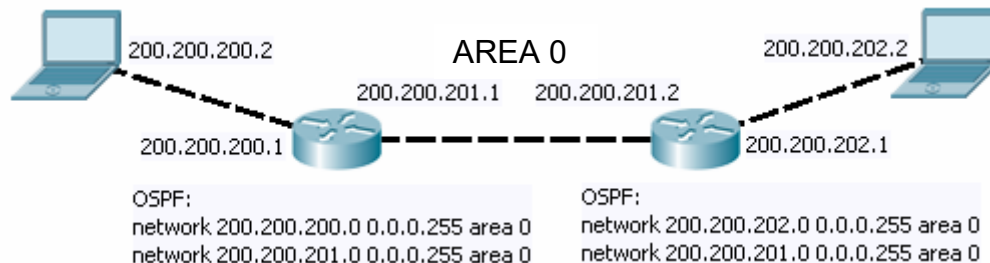
Router(config)#ip classless

4. Uruchomienie rutowania OSPF w pojedynczym obszarze (area):

Należy włączyć rutowanie OSPF:

Router(config)#router ospf 150

gdzie 150 to identyfikator procesu OSPF (1..65536) - wspólny dla wszystkich ruterów komunikujących się w ramach OSPF



Należy zarejestrować sieci bezpośrednio podłączone, przydzielone do domeny OSPF, np.:

Router(config-router)#network 200.200.200.0 0.0.0.255 area 0

Router(config-router)#network 200.200.201.0 0.0.0.255 area 0

Uwaga!: Maska jest zapisywana w bitowej inwersji.

Następnie sprawdzić stan OSPF:

Router#show ip protocols

Router#show ip interface brief

Router#show ip ospf interface fa 0/0

W przypadku sieci NBMA - *Non Broadcast Multiple Access* (powstającej gdy np. użyto chmury Frame-relay) dodatkowo należy w ruterach jawnie zarejestrować ich sąsiadów OSPF (podając adresy IP innych ruterów OSPF w sieci), np.:

Router(config-router)#neighbor 200.200.100.1

Router(config-router)#neighbor 200.200.200.1

Uwaga! W przypadku sieci Frame-relay konieczne jest skonfigurowanie kompletu połączeń między ruterami – czyli tzw. *full-mesh* (każdy z każdym) – w innym przypadku niektórzy sąsiedzi OSPF nie będą mieli ze sobą łączności.

Po odczekaniu okresu negocjacji protokołu rutowania należy sprawdzić jego funkcjonowanie (ping, traceroute) w zbudowanej sieci.

Należy sprawdzić komendy diagnostyczne OSPF:

Router#sh ip ospf interface fa 0/0

Router#sh ip ospf neighbor

Należy sprawdzić status sąsiadów OSPF w wybranym ruterze identyfikując ich tryby funkcjonowania (role) w sieci OSPF - jako Designated Router (DR), Backup Designated Router (BDR), oraz DROTHER (ruter inny niż DR lub BDR). Należy spróbować wymusić przemieszczenie roli DR do innego ruteru, zwiększając dla jego interfejsu priorytet OSPF (wartość domyślna to 1, gdy kilka ruterów OSPF posiada taki sam priorytet – o przyjęciu funkcji DR decyduje najwyższa wartość *OSPF Router ID*):

Router(conf)#int fa 0/0

Router(config-int)#ip ospf priority 0

Router#show ip ospf interface

Uwaga: w przypadku sieci point-to-point lub point-to-multipoint DR oraz BDR nie występują (nie ma sensu ich definiować). Sytuacja ta jest oznaczona symbolem „-” opisującym tryb pracy sąsiada OSPF. DR i BDR definiowane są dla SIECI

(segmentów sieci pomiędzy ruterami OSPF), a nie dla area (więc w jednej area może istnieć wiele DR i BDR).

Należy zaobserwować funkcjonowanie pakietów hello w OSPF. Domyślne interwały wysyłania hello to 10 sekund dla sieci broadcast i point-to-point, oraz 30 sekund dla non-broadcast i point-to-multipoint. Dead-time dla tych typów sieci (po jego upływie połączenie z sąsiadem jest zamykane) to odpowiednio 40 i 120 sekund (dead-time jest 4 razy dłuższy niż interwał hello):

```
Router#debug ip ospf adjacency
```

```
Router#sh ip ospf neighbor
```

Możliwa jest zmiana wartości interwału hello, jednak musi ona być zgodna dla całego area OSPF, np.:

```
Router(config-if)#ip ospf hello-interval 15
```

Dla dowolnego łącza prowadzącego do innego rutera należy eksperymentalnie zmienić jego koszt (domyślna wartość to *100,000,000/bandwidth*):

```
Router(config)#interface fa 0/0
```

```
Router(config-if)#ip ospf cost 35
```

Koszt jest naliczany dla łącza "wchodzącego do rutera".

Debugowanie oraz ogólna diagnostyka OSPF:

```
Router#debug ip ospf events
```

```
Router#show ip route
```

```
Router#show ip ospf interface
```

5. Porządek segmentacji w OSPF jest następujący: połączone routery znajdują się wewnątrz „obszaru” (*area*), zaś *area* łączone przez routery ABR (*Area Border Router*) znajdują się wewnątrz tzw. domeny OSPF.

Uwaga: dla każdej domeny OSPF musi istnieć *area 0* (tzw. *backbone area*). Inne *area* mogą być oznaczone dowolnie. W ramach domeny OSPF może istnieć router z przypisanymi różnymi identyfikatorami *area* do różnych swoich interfejsów - to właśnie ABR. Gdy wszystkie identyfikatory *area* przypisane do sieci wokół danego rutera są identyczne - mamy do czynienia z routerem wewnętrznym (*internal OSPF router*).

Topologia logiczna OSPF wymaga, aby wszystkie *area* posiadały bezpośredni kontakt z *backbone area*. Gdy jednak *area* nie posiada bezpośredniego łącza do *backbone* - istnieje możliwość udrożnienia komunikacji przez tworzenie tzw.

OSPF Virtual links (gdy przykładowo mamy układ : *area0* - ABR1 - *area1* - ABR2 - *area2*). Wówczas wymagane jest utworzenie *virtual link* pomiędzy routerami ABR1 i ABR2. Virtual link będzie przebiegał przez *area1* i łączył *area2* z *backbone (area0)*.

Przebuduj segmentację *area* OSPF tak, aby była zgodna z poniższym rysunkiem (należy ponownie zadeklarować sieci OSPF usuwając wcześniej z konfiguracji poprzednie deklaracje).

Przykład konfiguracji virtual link:

```
RuterABR1(config)#router ospf 150
```

```
RuterABR1(config-router)# area 1 virtual-link 5.5.5.5
```

```
RuterABR2(config)#router ospf 150
```

```
RuterABR2(config-router)# area 1 virtual-link 6.6.6.6
```

gdzie 5.5.5.5 i 6.6.6.6 to *router ID* przeciwnych routerów OSPF.

Uwaga! 5.5.5.5 i 6.6.6.6 to nie adresy IP, lecz tzw. *router ID* odpowiednio ruterów R1 i R2, które są generowane przez proces OSPF (wyglądają tak samo jak adresy IP). Wartość *router ID* w domenie OSPF musi być unikatowa i jest najczęściej (domyślnie) obierana jako kopia adresu IP fizycznego interfejsu OSPF rutera o najwyższej numerycznej wartości. Wartość *router ID* trzeba sprawdzić komendą:

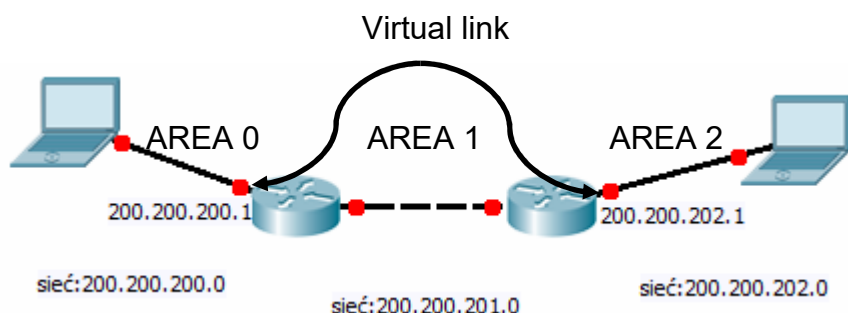
```
Router#sh ip ospf interface
```

Naturalnie każda deklaracja virtual-link musi wskazywać ruter na **przeciwległym** końcu tego połączenia.

Stwórz *OSPF virtual link* pomiędzy wybranymi ABR.

Sprawdź konfigurację *virtual links*:

```
RuterABR1#show ip ospf virtual-links
```



Aby utworzyć nowy obszar (*area*) OSPF wystarczy w jednym z ruterów rozpocząć dodawanie kolejnych sieci do procesu OSPF - posługując się innym identyfikatorem *area*, np. (dodanie nowego interfejsu *loopback* i włączenie go do tras OSPF lecz w *area 1*, nie 0):

```
Router(config)#int loopback 5
```

```
Router(config-if)#ip addr 200.200.101.1 255.255.255.0
```

```
Router(config-if)#exit
```

```
Router(config)#router ospf 150
```

```
Router(config-router)#network 200.200.101.0 0.0.0.255 area 1
```

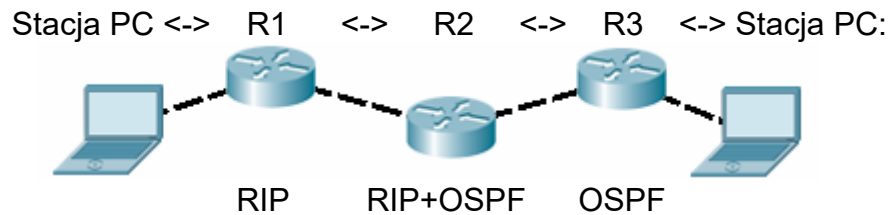
Po odczekaniu okresu negocjacji protokołu rutowania należy sprawdzić zawartość tablicy rutowania rutera w *area 0*. Czy otrzymał on informację o 200.200.101.0 i jaką? Inna diagnostyka:

```
Router(config)#show ip ospf border-routers
```

```
Router(config)#show ip ospf virtual-links
```

Zadanie B: Redystrybucja tras pomiędzy protokołami IGP

1. W przypadku stosowania kilku protokołów rutowania jednocześnie możliwe jest użytkowanie mechanizmu redystrybucji tras pomiędzy nimi. Redystrybucja umożliwia uzupełnienie informacji o trasach, gdy zasięg działania danego protokołu rutowania jest niepełny. W bieżącym zadaniu redystrybucja będzie miała miejsce pomiędzy protokołami IGP (*interior*). Możliwa jest także na zewnątrz systemu autonomicznego (EGP).
2. Należy zbudować instalację składającą się z trzech ruterów (R1, R2, R3) oraz dwóch stacji PC (lub interfejsów *loopback* ruterów) w układzie:



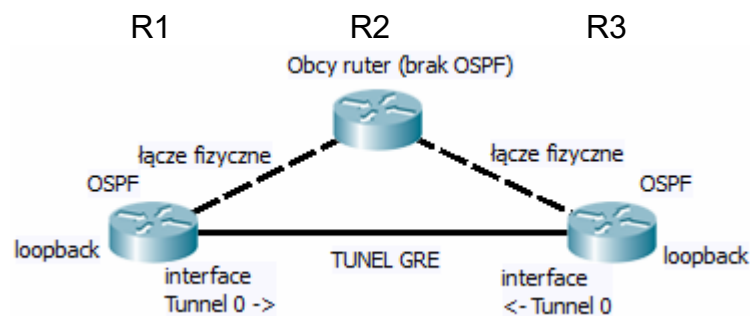
3. Wszystkim koniecznym do utrzymania ruchu interfejsom należy także nadać adresację IP zgodnie z ogólnymi regułami.
4. Ruter **R2** będzie obsługiwał dwa protokoły routowania jednocześnie (w ćwiczeniu: RIP + OSPF). Ruter **R1** – tylko RIP. Ruter **R3** – tylko OSPF. Celem będzie wymuszenie w routerze R2 przekazywania informacji pomiędzy tymi dwoma protokołami.
5. Należy włączyć stosowne protokoły routowania dynamicznego w routerach. W przypadku OSPF – należy ustalić numer procesu OSPF oraz zarejestrować w OSPF sieci bezpośrednio podłączone routerów (**R2 <-> R3, loopback w R3, R3 <-> PC**). W przypadku RIP - zarejestrować sieci **R1 <-> R2, loopback w R1, R1 <-> PC**.
6. Po uruchomieniu instalacji należy sprawdzić zawartość tablic routowania routerów - routery **R1** i **R3** powinny posiadać informacje wyłącznie o trasach będących w zasięgu ich protokołów routowania (odpowiednio RIP i OSPF). Aby rozszerzyć ten obszar, w routerze **R2** zostanie włączona redystrybucja tras pomiędzy protokołami routowania.
7. Konfigurowanie redystrybucji w kierunku OSPF -> RIP:
`R2(config)#router ospf 150`
`R2(config-router)# redistribute rip metric 170 subnets`
 Po wprowadzeniu komendy sprawdź, czy do routera **R3** dotarły informacje o trasach z RIP (powinny być oznaczone symbolami O E1 – OSPF External):
`R1#show ip route`
 Warto zwrócić uwagę na fakt, że informacje o trasach na linii **R2 -> R3** są już dalej propagowane przy pomocy OSPF, choć pochodzą z RIP. Otrzymały też nową wartość metryki: 170.
8. Konfigurowanie redystrybucji w kierunku RIP -> OSPF:
`R2(config)#router rip`
`R2(config-router)# redistribute ospf 150 metric 11`
 gdzie 4 to identyfikator procesu OSPF.
 Po wprowadzeniu komendy sprawdź, czy do routera **R1** dotarły informacje o trasach z OSPF (powinny być oznaczone po prostu symbolem R, gdyż RIP nie wspiera markowania tras):
`R1#show ip route`
 Analogicznie - informacje o trasach na linii **R2 -> R1** są propagowane przy pomocy RIP, choć pochodzą z OSPF. Wartość metryki dla RIP musiała zostać zredukowana (gdyż max=15 przeskoków)
 Uwagi:
 - Redystrybucja z RIP do OSPF wymaga podania słowa *subnets* w komendzie IOS. W innym wypadku będą propagowane wyłącznie sieci typu *classfull*, czyli takie, gdzie maska sieci zgadza się z klasą literową adresacji IP sieci (RIP w wariantcie 1 nie wspiera VLSM, jest protokołem routowania *classfull*).

- W przypadku redystrybucji do RIP z innego protokołu konwersja metryki trasy jest konieczna – trasy RIP markowane są liczbą przeskoków. Maksymalna długość trasy wynosi 15.
9. Usuń z ruterów OSPF i uruchom w jego miejscu EIGRP. Po skonfigurowaniu EIGRP spróbuj analogicznie jak w poprzednim punkcie uruchomić i przetestować mechanizm redystrybucji tras na linii RIP <-> EIGRP.

Zadanie C: Tunele GRE odległych sieci wielosegmentowych IP

W sytuacji, gdy konieczne jest stworzenie spójnego rozproszonego systemu routowania dynamicznego IP (na przykład rozlokowanego w wielu budynkach łączonych przez Internet) możliwe jest zastosowanie tunelowania. Tunele GRE (*General Routing Encapsulation*) są realizowane z użyciem specjalnych interfejsów wirtualnych (o nazwie *Tunnel*) dostarczających funkcjonalność warstwy 3 ISO OSI (więc posiadających adresy IP). Tunel może być prowadzony przez inne routery (najczęściej w Internecie) aż do swojego przeciwległego końca (na przykład w innym budynku).

1. Zbuduj instalację złożoną z trzech ruterów, połączonych jak na poniższym rysunku. Routery **R1** i **R3** z rysunku będą uczestniczyły w systemie routowania dynamicznego. Router **R2** nie będzie w nim uczestniczył (symuluje on obszar sieci Internet, w której nie można dokonywać zmian). Routery R1 i R3 będą zawierały interfejsy *Tunnel* (końce tunelu GRE).



Uwaga: Łącze oznaczone na rysunku jako *TUNEL GRE* nie jest łączem fizycznym (nie będzie to kabel poprowadzony pomiędzy routerami)

2. Skonfiguruj adresację interfejsów fizycznych ruterów R1, R2, R3, zgodnie z ogólnymi zasadami np.:

```

R1(config)# interface FastEthernet0/0
R1(config-if)# ip address 200.200.200.1 255.255.255.0
R2(config)# interface FastEthernet0/0
R2(config-if)# ip address 200.200.200.2 255.255.255.0
R2(config)# interface FastEthernet0/1
R2(config-if)# ip address 200.200.201.2 255.255.255.0
R3(config)# interface FastEthernet0/0
  
```

R3(config-if)# ip address 200.200.201.1 255.255.255.0

3. W ruterach **R1** i **R3** wprowadź mechanizm rutowania umożliwiający komunikację pomiędzy 200.200.200.1 i 200.200.201.1 (w symulowanym Internecie, nad którym będzie prowadzony tunel GRE), np.:

R1(config)#ip route 200.200.201.0 255.255.255.0 200.200.200.2

R3(config)#ip route 200.200.200.0 255.255.255.0 200.200.201.2

4. W ruterach **R1** i **R3** zdefiniuj tunel GRE (uwzględniając na poprawne określenie przeciwnych adresów końców tunelu):

R1(config)#interface Tunnel 0

R1(config-if)#tunnel source FastEthernet0/0

R1(config-if)#ip address 192.168.5.1 255.255.255.0

R1(config-if)#tunnel destination 200.200.201.1

R3(config)#interface Tunnel 0

R3(config-if)#tunnel source FastEthernet0/0

R3(config-if)#ip address 192.168.5.2 255.255.255.0

R3(config-if)#tunnel destination 200.200.200.1

Po odczekaniu czasu potrzebnego na zestawienie tunelu GRE - sprawdź jego działanie i stan:

R1#ping 192.168.5.2

R1#show interfaces tunnel 0

identyfikując w otrzymanym raporcie adresy IP lokalnego i zdalnego końca tunelu oraz wartości liczników datagramów przesłanych przez tunel.

5. W ruterach **R1** i **R3** zdefiniuj interfejsy loopback (symulujące istnienie sieci łączonych tunelem), np.:

R1(config)#interface Loopback 0

R1(config-if)#ip address 192.168.0.1 255.255.255.0

R3(config)#interface Loopback 0

R3(config-if)#ip address 192.168.1.1 255.255.255.0

6. W ruterach R1 i R3 uruchom wybrany system rutowania dynamicznego (w przykładzie: OSPF) i zarejestruj w nim sieci bezpośrednio podłączone:

R1(config)#router ospf 1

R1(config-router)#network 192.168.0.0 0.0.0.255 area 0

R1(config-router)#network 192.168.5.0 0.0.0.255 area 0

R3(config)#router ospf 1

R3(config-router)#network 192.168.1.0 0.0.0.255 area 0

R3(config-router)#network 192.168.5.0 0.0.0.255 area 0

Uwaga: W przykładzie zarejestruj wyłącznie sieć stanowiącą tunel oraz sieć powiązaną interfejsem loopback (system rutowania dynamicznego używa tunelu, a nie łącza fizycznego pomiędzy ruterami, więc sieci 200.200.200.0/24 i 200.200.201.0/24 nie są przedmiotem przetwarzania).

Aby ułatwić diagnostykę OSPF - podaj rozkaz wystawiania na konsolę informacji o zmianach stanu sąsiadów OSPF, np.:

R1(config-router)#log-adjacency-changes

7. Sprawdź (*ping*, *traceroute*, *show ip route ospf*, *show ip ospf neighbors*) funkcjonowanie systemu rutowania w tunelu wykazując, iż faktycznie rutowanie prowadzone jest poprzez tunel, a nie przez łącze fizyczne.

8. W celu utrzymania w tunelu transmisji z fragmentacją konieczna jest zmiana parametrów MTU (Maximum Transmission Unit) dla protokołów IP i TCP używanych w tunelu (tunelowanie generuje dodatkowe datagramy nagłówki w procesie enkapsulacji), np.:

```
R1(config)#interface Tunnel 0
```

```
R1(config-if)#ip mtu 1460
```

```
R1(config-if)#ip tcp adjust-mss 1430
```

```
R3(config)#interface Tunnel 0
```

```
R3(config-if)#ip mtu 1460
```

```
R3(config-if)#ip tcp adjust-mss 1430
```

gdzie *mss* to *maximum segment size*.

Uwaga!: Powyższe wartości w po obydwu stronach tunelu muszą być ustalone identycznie.