

Laboratorium 5.2

Protokół PIM Dense Mode

Wstęp

W tym laboratorium będziemy konfigurować oraz monitorować protokół PIM Dense Mode w celu obserwacji jego możliwości. Poznamy podstawowe mechanizmy takie jak RPF, timery protokołu. Przedstawione zostaną podstawy monitoringu oraz wiele narzędzi i mechanizmów przydatnych przy rozwiązywaniu problemów związanych z transmisją multicast.

Wprowadzenie

Protokół PIM DM reprezentuje grupę protokołów wykorzystujących model „push” (ang. „Push” Model). Z założenia, PIM DM stosuje się w przypadkach, których członkowie są gęsto rozmieszczeni w sieci. W celu dostarczenia pakietów do odbiorców, zastosowano koncepcję zalewania (ang. flooding) danymi sieci.

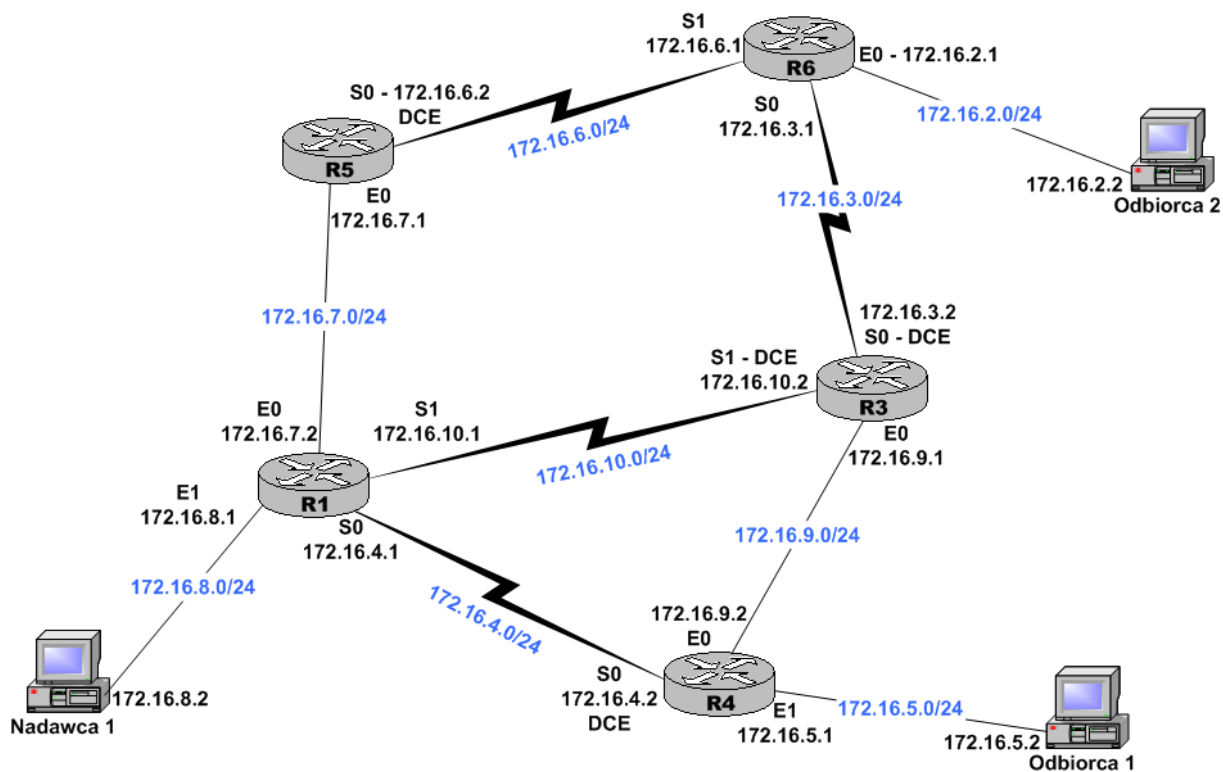
Po wstępnym zalewaniu, gałęzie nie posiadające aktywnych członków grupy wysyłają w kierunku źródła komunikat o odłączeniu (ang. Prune). Taki pakiet posiada licznik, który określa jego czas ważności, standardowo wynosi on 3 minuty. Po upływie tego czasu dane są ponownie przesyłane na ten port.

PIM DM inicjuje stan zalewania w momencie, gdy źródło rozpoczyna wysyłanie danych.

W protokole PIM DM nie istnieje żaden wbudowany mechanizm pozwalający na określenie topologii sieci.

Komunikaty graft są wykorzystywane do zredukowania opóźnień związanych z dołączaniem uprzednio usuniętych gałęzi drzewa źródłowego (ang. Source Tree). Zdarzenie takie ma miejsce w przypadku, gdy host przyłącza się do grupy po tym jak ruter wysłał już komunikat Prune o odcięciu tego segmentu. Wykorzystanie komunikatu graft powoduje, że nowy członek grupy nie musi czekać trzech minut na cykliczne zalewanie zezwalające mu na otrzymywanie ruchu multicast. Poprzednio usunięta gałąź, w której znajduje się host jest natychmiast przyłączana z powrotem.

Zdarzenie, w którym dwa routery rozsyłają ruch multicast (S,G) do wspólnej sieci wielodostępowej LAN powoduje powielenie tego ruchu. Tę niepożądaną sytuację można uniknąć za pomocą mechanizmu Assert. Dzięki niemu zostaje wybrany jeden ruter odpowiedzialny za dostarczanie danych do sieci, drugi natomiast zaprzestaje transmisji.



Rysunek 1 Konfiguracja sieci

2.1. Podstawy protokołu PIM Dense Mode

Temat : Tematem tego laboratorium jest przedstawienie podstawowych mechanizmów protokołu PIM Dense-Mode oraz obserwacja procesu tworzenia konfiguracji multicast na ruterach.



Lista wykorzystywanych komend

Komenda	Opis
<code>router ospf nr</code>	Włączenie protokołu OSPF
<code>ip multicast-routing</code>	Włączenie routingu multicast
<code>ip pim dense-mode</code>	Uruchomienie protokołu PIM DM
<code>show ip pim neighbors</code>	Wyświetlenie informacji o sąsiednich ruterach obsługujących PIM
<code>show ip mroute</code>	Wyświetlenie tablicy routingu multicast
<code>show ip rpf</code>	Wyświetlenie informacji o RPF
<code>show ip mroute Mount</code>	Wyświetlenie statystyk o ruchu grupowym
<code>ip igmp static-group adres</code>	Statyczny wpis grupy multicast na dany interfejsie

Zadanie 1

Należy skonfigurować routery i komputery zgodnie z przedstawioną powyżej konfiguracją oraz uruchomić protokoły OSPF i PIM-DM

Zadanie 2

Monitoring sieci z aktywnym źródłem multicast



Należy upewnić się, że nie są aktywni ani odbiorcy ani nadawca

Bardzo ważnym zadaniem dla każdego routera jest zapoznanie się z innymi routerami obsługującymi PIM DM. Informacje o wynikach tego procesu można wyświetlić za pomocą polecenia: *show ip pim neighbors*

Obraz po wykonaniu polecenia powinien być zbliżony do tego poniżej.

```
R3#show ip pim neighbors
```

PM Neighbor Table			
Neighbor Address	Interface	Uptime/Expires	Ver
172.16.9.2	Ethernet0/0	00:03:14/00:01:37	v2
172.16.3.1	Serial0/0.1	00:00:05/00:01:40	v2
172.16.10.1	Serial0/1.1	00:01:27/00:01:40	v2

W pierwszej kolumnie znajdują się adresy IP interfejsów routera, w drugiej typ danego interfejsu, w trzeciej czasy ważności informacji o sąsiadach i w czwartej wersja obsługiwanego protokołu PIM DM.

Kolejne ważne informacje można znaleźć w tablicy multicast, której wyświetlenie realizowane jest za pomocą polecenia *show ip mroute*.

```
R3#show ip mroute
```

```
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SET, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Advertised via MSDP, U - URD,
       I - Received Source Specific Host Report
```

```
Outgoing interface flags: H - Hardware switched
```

```
Timers: Uptime/Expires
```

```
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode
```

```
(*, 224.0.1.40), 00:00:11/00:00:00, RP 0.0.0.0, flags: DJCL
```

W tym przypadku znajduje się w tablicy tylko jeden wpis (*, 224.0.1.40), który powstaje w wyniku działania mechanizmu Auto-RP.

Uruchomić na komputerze Nadawca 1 aplikację multicast z adresem 224.1.2.3 (np. RAT – polecenie *rat 224.1.2.3/5008*). Następnie należy zaobserwować wpisy powstałe w tablicy multicast na routerze.

```

R3#show ip mroute 224.1.2.3
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SET, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Advertised via MSDP, U - URD,
       I - Received Source Specific Host Report
Outgoing interface flags: H - Hardware switched
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode
(*, 224.1.2.3), 00:00:28/00:02:59, RP 0.0.0.0, flags: D
  Incoming interface: Null, EPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    Serial1/1, Forward/Dense, 00:00:28/00:00:00
    Serial1/0, Forward/Dense, 00:00:28/00:00:00
    Ethernet0/0, Forward/Dense, 00:00:28/00:00:00

(172.16.8.2, 224.1.2.3), 00:00:28/00:02:33, flags: PTA
  Incoming interface: Serial1/1, RPF nbr 172.16.10.1
  Outgoing interface list:
    Ethernet0/0, Prune/Dense, 00:00:28/00:02:31
    Serial1/0, Prune/Dense, 00:00:28/00:02:33

```



Pytania kontrolne :

1. Dlaczego interfejsy w OIL (outgoing interfaces list) mają atrybut **prune** ?
2. W odwołaniu do pytania 1, czy interfejsy pozostaną one ciągle w takim stanie, wyjaśnić ?

Zadanie 3

Monitoring sieci z aktywnym źródłem i odbiorcami multicast



Wyłączyć interfejs szeregowy pomiędzy ruterami R3 i R6 na routerze R3. Kiedy połączenie zostanie zerwane uruchomić komputery Odbiorca 1 i Odbiorca 2 i dołączyć je do grupy 224.1.2.3.

Sprawdzić wpis dotyczący RPF w tablicy multicast za pomocą polecenia: *show ip rpf*

```

R4#show ip rpf 172.16.8.2
RPF information for Source (172.16.8.2)
  RPF interface: Serial0/0.1
  RPF neighbor: ? (172.16.4.1)
  RPF route/mask: 172.16.8.0/24
  RPF type: unicast (ospf 1)
  RPF recursion count: 0
  Doing distance-preferred lookups across tables

```

Skonfigurować statycznie wpis dla grupy 224.1.2.3 – polecenie *ip igmp static-group 224.1.2.3* na interfejsach ruterów:

- R4 – E0
- R1 – S0 i S1

Celem tego polecenia jest zasymulowanie odbiorców tej grupy na interfejsie Ethernet pomiędzy ruterami R4 i R3 i na portach szeregowych (S0 i S1) rutera R1 i w ten sposób zmusić je do wysyłania ruchu do tego segmentu sieci.

Wyświetlenie statystyk multicast – polecenie: *show ip mroute count*

```
R3#show ip mroute count
IP Multicast Statistics
3 routes using 1998 bytes of memory
2 groups, 0.50 average sources per group
Forwarding Counts: Pkt Gount/Pkts per second/Avg Pkt Size/Kilobits per second
Other counts: Total/RPF failed/Other drops(OIF-null, rate-limit etc)

Group: 224.0.1.40, Source count: 0, Group pkt count: 0
Group: 224.1.2.3, Source count: 1, Group pkt count: 2
Source: 172.16.8.2/32, Forwarding: 2/0/100/0, Other: 30/15/13
```



Pytania kontrolne :

3. Dlaczego przy wpisie *RPF check* widnieje status *failed* ?

2.2. Mechanizmy protokołu PIM DM

Temat : Przedstawienie szczegółów mechanizmów protokołu oraz zastosowania timerów przy pomocy narzędzi debugowania

Zadanie 1

Mechanizm PIM dołączania i odłączania gałęzi (Pruning and Grafting)

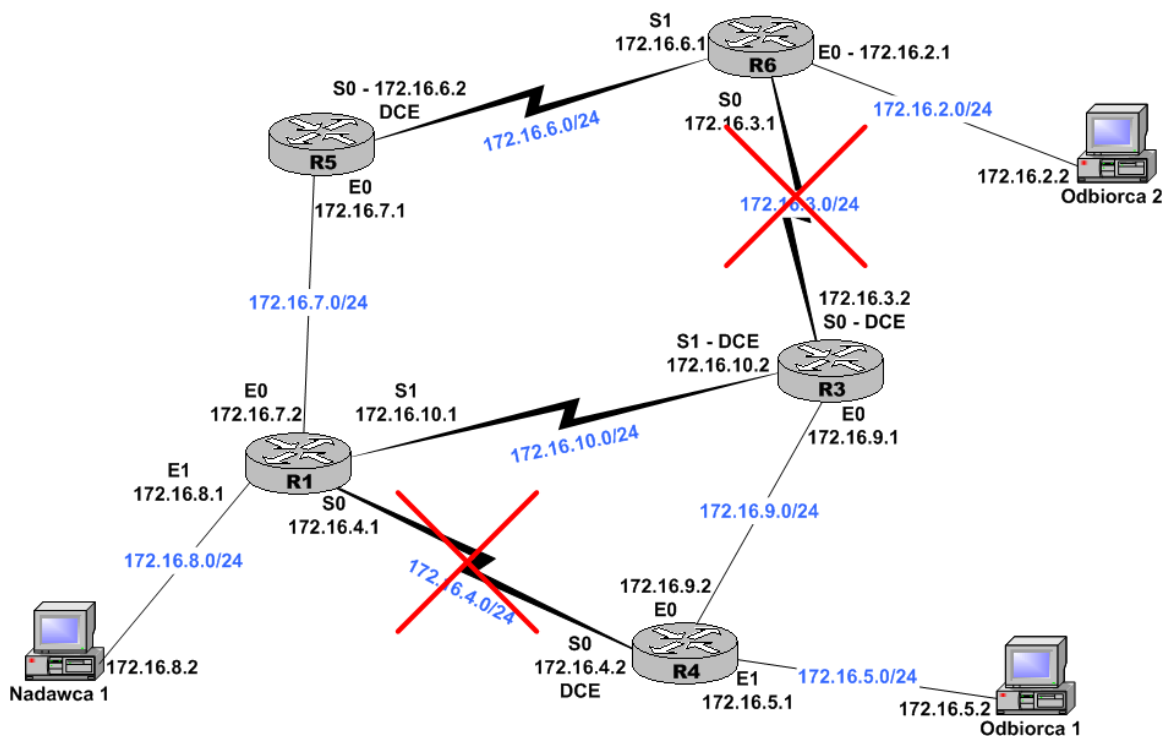


Przywrócić konfigurację do stanu początkowego, należy upewnić się, że wszystkie interfejsy są aktywne. Usunąć statyczne wpisy IGMP– polecenie *no ip igmp static-group 224.1.2.3* na interfejsach ruterów R4 i R1:



Upewnić się, że nadawca i odbiorcy grupy 224.1.2.3 są aktywni.
Wyłączyć interfejsy szeregowo R6 – R3 na R6 i R4 – R1 na R1.

Powoduje to utworzenie topologii wolnej od pętli, segmenty wyłączone na rysunku 2 są przekreślone.



Rysunek 2 Konfiguracja wolna od pętli



Włączyć debugowanie na wszystkich ruterach – polecenia: *debug ip pim* 224.1.2.3 i *debug ip mrouting* 224.1.2.3.

Wyświetlić informacje o wyjściach za pomocą polecenia *show debugging* na routerze R1.

```
R1#show debugging
IP multicast:
  IP multicast routing debugging is on for 224.1.2.3
  PIM debugging is on for 224.1.2.3

R1#show ip mroute 224.1.2.3
...part of the output omitted...
(*, 224.1.2.3), 00:07:09/00:02:59, RP 0.0.0.0, flags: D
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    Serial0/0.1, Forward/Dense, 00:07:09/00:00:00
    Serial0/0.2, Forward/Dense, 00:07:09/00:00:00
(172.16.8.2, 224.1.2.3), 00:07:09/00:03:28, flags:TA
  Incoming interface: Serial0/0.1, RPF nbr 172.16.6.2
  Outgoing interface list:
    Serial0/0.2, Forward/Dense, 00:07:09/00:00:00
```

Wyświetlona zostaje okresowo uaktualniana tablica routingu multicast z wpisami dla grupy skojarzonej z adresem 224.1.2.3 oraz interfejsy w stanie przesyłania (Forward)



Aktywować interfejsy szeregowo, pomiędzy routerami R6 – R3 i R4 – R1, które były wyłączone.

Obserwujemy powstały ruch na routerze R3.

```
R3#show debugging
IP multicast:
  IP multicast routing debugging is on for 224.1.2.3
  PIM debugging is on for 224.1.2.3

R3#
*Mar 1 00:53:12.303: PIM: Received v2 Join/Prune on Ethernet0 from 172.16.9.2
to us
*Mar1 00:53:12.307: PIM: Prune-list: <172.16.8.2/32, 224.1.2.3>
```

Pojawia się mnóstwo komunikatów, ponieważ następuje zmiana ścieżek w sieci. Dla przykładu przeanalizujemy kawałek powyższego kodu z rutera R3: Ruter R4 wysła wiadomość Prune do rutera R3, ponieważ R4 ma obecnie lepszą drogę do źródła (interfejs szeregowy S0) i nie potrzebuje już korzystać ze ścieżki prowadzącej przez ruter R3.



Wyłączyć interfejs szeregowy pomiędzy R1 – R4:

Obserwujemy ruch na routerze R3:

```
R3#
*Mar 1 00:53:12.303: PIM: Received v2 Graft on Ethernet0 from 172.16.9.2
*Mar 1 00:53:12.303: PIM: Join-list: (172.16.8.2/32, 224.1.2.3)
*Mar 1 00:53:12.303: PIM: Add Ethernet0/0.0.0.0 to (172.16.8.2/32,
224.1.2.3),
Group 224.1.2.3: 172.16.8.2/32
```

Wśród licznych komunikatów można wyodrębnić informacje o dołączaniu nowych gałęzi i budowaniu nowych ścieżek. Powyżej zostały przedstawione przykładowe linijki. Ruter R4 wysła wiadomość Graft do rutera R3, z powodu utracenia najkrótszej ścieżki do źródła. W ten sposób budowana jest nowa ścieżka do nadawcy.



Pytania kontrolne :

4. Ile minie czasu od momentu zmian w sieci do czasu wysłania przez rutery pierwszych wiadomości protokołu PIM o zmianach w drzewie multicast ?
5. Co się dzieje w przypadku gdy **Prune Timer** zliczy do zera ?

Zadanie 2

Timery w tablicy multicast.

Przywrócić konfigurację do stanu początkowego, upewnić się, że wszystkie interfejsy są aktywne. Wyłączyć debugowanie za pomocą poleceń - *no debug ip pim 224.1.2.3* i *no debug ip mrouting 224.1.2.3*.

Wyświetlić informację o ruchu multicast.

```
R4#show ip mroute 224.1.2.3
```

```
...part of the output omitted...
(*, 224.1.2.3), 01:10:47/00:02:59, RP 0.0.0.0, flags: DJCL
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
  Serial0/0.1, Forward/Dense, 00:00:50/00:00:00
  FastEthernet0/0, Forward/Dense, 01:10:47/00:00:00
(172.16.8.2, 224.1.2.3), 00:00:12/00:02:59, flags: CLT&
Incoming interface: Serial0/0.1, RPF nbr 172.16.4.1
Outgoing interface list:
  FastEthernet0/0, Prune/Dense, 00:00:12/00:00:00
```



Zwrócić uwagę na czasy (pogrubiony wpis).

Zatrzymujemy nadawcę i obydwu odbiorców. Sprawdzamy ponownie tablicę multicast dla adresu 224.1.2.3 i zwracamy uwagę ponownie na czasy.

```
R4#show ip mroute 224.1.2.3
```

```
...part of the output omitted...
(*, 224.1.2.3), 01:14:53/00:02:59, RP 0.0.0.0, flags: DJC
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
  Serial0/0.1, Forward/Dense, 00:04:56/00:00:00
  FastEthernet0/0, Forward/Dense, 01:14:53/00:00:00
(172.16.8.2, 224.1.2.3), 00:04:18/00:02:47, flags: CTA
Incoming interface: Serial0/0.1, RPF nbr 172.16.4.1
Outgoing interface list:
  FastEthernet0/0, Prune/Dense, 00:04:18/00:00:00
```

Pierwszy timer (S,G) (źródło/grupa) zaczyna odliczanie od 00:03:00 do zera. Kiedy dojdzie do zera wpis jest usuwany i kolejny timer (*,G) zaczyna zliczać do zera, co pokazane zostało poniżej.

```
R4#show ip mroute 224.1.2.3
```

```
...part of the output omitted...
(*, 224.1.2.3), 01:18:50/00:02:18, RP 0.0.0.0, flags: DJC
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list:
  Serial1/0, Forward/Dense, 00:08:53/00:00:00
  FastEthernet0/0, Forward/Dense, 01:18:50/00:00:00
```

Ostateczne usunięcie wpisów z tablicy multicast potwierdza komunikat *Group 224.1.2.3 not found*.

```
R4#show ip mroute 224.1.2.3
```

```
Group 224.1.2.3 not found
```

Zadanie 3

Mechanizm PIM Assert

Na interfejsie Ethernet pomiędzy ruterami R3 i R4 dokonać statycznego wpisu IGMP dla grupy 224.1.2.3 używając polecenia *ip igmp static-group 224.1.2.3*. Zapewnia to, że obydwa routery będą przysyłać pakiety do tego samego segmentu. Zmienić parametr OSPF COST na szeregowym interfejsie pomiędzy ruterami R3 i R1, ustalić jego wartość na 1500 za pomocą polecenia *ip ospf cost 1500* na routerze R3.

Włączyć debugowanie PIM dla grupy 224.1.2.3 na wszystkich ruterach i zaobserwować powstałą aktywność na łączach.



Uruchomić nadawcę.

Otrzymany rezultat powinien być zbliżony do tego poniżej:

```
R3#show debugging
IP multicast:
  PIM debugging is on for 224.1.2.3
R3#
*MAR 1 00:53:12.307: PIM: Send v2 Assert on Ethernet0/0 for 224.1.2.3, source
172.16.8.2, metric [110/1510]
*MAR 1 00:53:12.309: PIM: Assert metric to source 172.16.8.2 is [110/1510]
*MAR 1 00:53:12.315: PIM: We win, our metric [110/1510]
*MAR 1 00:53:12.318: PIM: (172.16.8.2/32, 224.1.2.3) oif Ethernet0/0 in Forward
state
*MAR 1 00:53:12.322: PIM: Received v2 Assert on Ethernet0/0 from 172.16.9.2
*MAR 1 00:53:12.326: PIM: Assert metric to source 172.16.8.2 is [110/1572]
*MAR 1 00:53:12.334: PIM: We win, our metric [110/1510]
*MAR 1 00:53:12.335: PIM: (172.16.8.2/32, 224.1.2.3) oif Ethernet0/0 in Forward state
*MAR 1 00:53:12.342: PIM: Send v2 Assert on Ethernet0/0 for 224.1.2.3, source
172.16.8.2, metric [110/1510]
*MAR 1 00:53:12.349: PIM: Assert metric to source 172.16.8.2 is [110/1510]
*MAR 1 00:53:12.352: PIM: We win, our metric [110/1510]
*MAR 1 00:53:12.356: PIM: (172.16.8.2/32, 224.1.2.3) oif Ethernet0/0 in Forward
state
```

Powodem dla którego ruter R3 został wybrany do przesyłania pakietów ze źródła, jest lepsza (niższa) metryka unicast OSPF do źródła 172.16.8.2. Mechanizm PIM Assert posługuje się pakietami PIM Assert w celu wyboru jednego rutera przesyłającego pakiety do danego segmentu. Można porównać metryki na obydwu ruterach wykorzystując polecenie *show ip route*.

```
R3#show ip route
...part of the output omitted...
  172.16.0.0/24 is subnetted, 9 subnets
    172.16.8.0[110/1510]via 172.16.10.1,00:01:35,Serial0/0.2

R4#show ip route
...part of the output omitted...
  172.16.0.0/24 is subnetted, 9 subnets
    172.16.8.0[110/1572]via 172.16.4.1,00:02:56, Serial0/0.1
```

Usunąć wpis *ip ospf cost 1500* na interfejsie szeregowym pomiędzy ruterami R1 i R3. Wyczyścić tablice rozsyłania grupowego na ruterach R3 i R4 w celu ponownego uruchomienia mechanizmu Assert, polecenie *clear ip mroute*.

Zaobserwować ponownie przebieg wyboru trasy pakietów multicast.

```
R3#
*MAR 1 00:55:19.456: PIM: Send v2 Assert on Ethernet0/0 for 224.1.2.3, source
172.16.8.2, metric [110/1572]
*MAR 1 00:55:19.461: PIM: Assert metric to source 172.16.8.2 is [110/1572]
*MAR 1 00:55:19.461: PIM: We win, our metric [110/1572]
*MAR 1 00:55:19.461: PIM: (172.16.8.2/32, 224.1.2.3) oif Ethernet0/0 in Forward state
*MAR 1 00:55:19.461: PIM: Received v2 Assert on Ethernet0/0 from 172.16.9.2
*MAR 1 00:55:19.461: PIM: Assert metric to source 172.16.8.2 is [110/1572]
*MAR 1 00:55:19.461: PIM: We lose, our metric [110/1572]
*MAR 1 00:55:19.461: PIM: Prune EthemetO/0/224.1.2.3 from (172.16.8.2/32, 224.1.2.3)
```

W tym przypadku widać, że ruter R3 został odrzucony przy wyborze ścieżki i droga dostarczania wiedzy przez routery R1 i R4 do odbiorcy.



Pytania kontrolne :

6. Na jakiej podstawie wybierany jest „zwycięzca” przy mechanizmie **Assert** ?
7. Jaki mechanizm (kryterium) pomocniczy jest stosowany jeżeli „zwycięzca” nie może być wybrany w podstawowy sposób ?
8. Jeżeli nadawca jest aktywny, zauważmy, że mechanizm Assert powtarza się co 3 minuty, dlaczego ?