



Inżynieria ruchowa w sieciach MPLS

MPLS-TE – możliwości i konfiguracja



Łukasz Bromirski
lbromirski@cisco.com

Kraków, 09/2008



Agenda

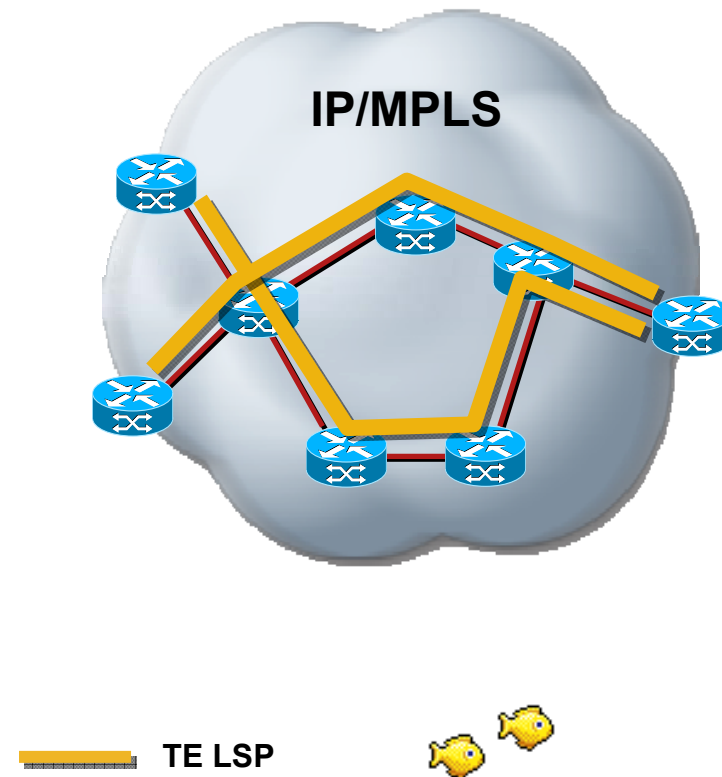
- Parę słów o technologii
- Możliwości MPLS TE
 - optymalizacja dostępnego pasma
 - trasy zapasowe
 - MPLS TE a kwestie QoS
 - MPLS TE w ujęciu międzydomenowym

Parę słów o technologii

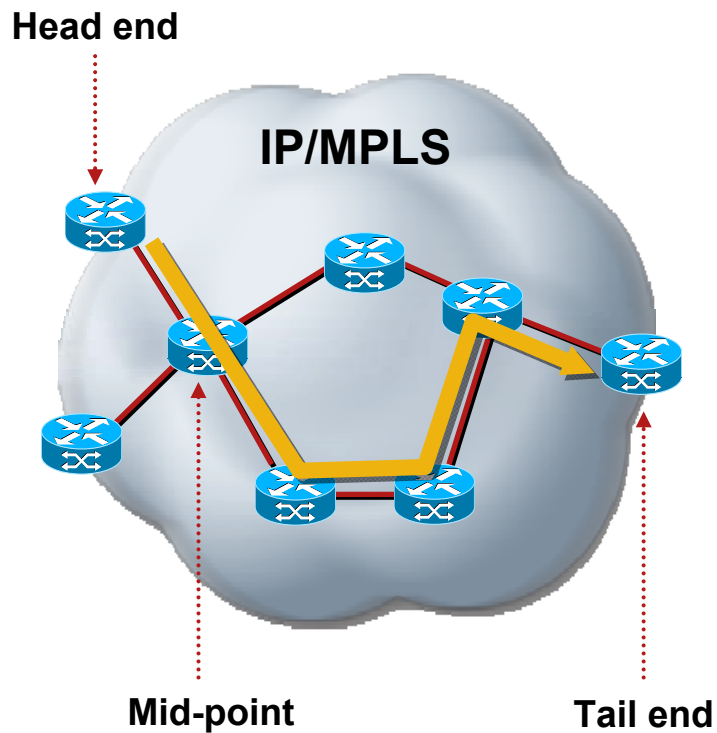


MPLS Traffic Engineering

- Wprowadza do routingu w sieci MPLS koncepcję **routingu wg. polityki**
- MPLS TE obsługuje również mechanizmy routingu zgodnie z nałożonymi ograniczeniami (ang. **constrained-based routing**) oraz **kontrolę administracyjną i mechanizmy ochrony tras**
- Rozszerzenia w protokołach IGP (**ISIS i OSPF**) pozwalają **rozgłosić atrybuty połączeń**, a **RSVP-TE – ustanowić LSP**



Jak MPLS TE działa?

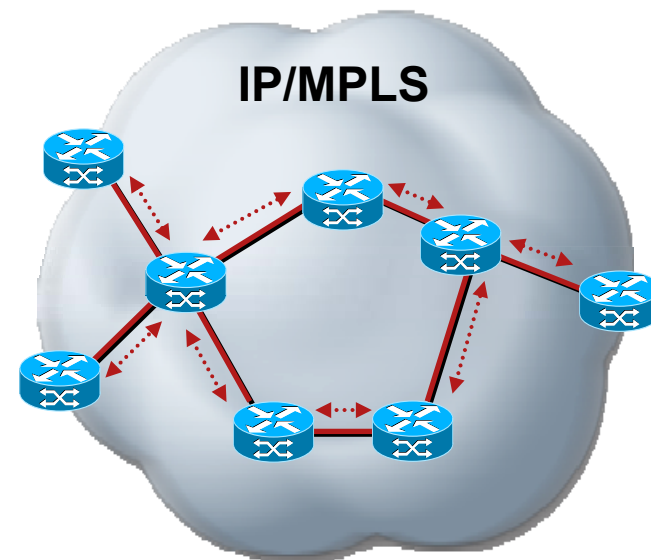


- Dystrybucja informacji o łączach*
 - ISIS-TE
 - OSPF-TE
- Wyliczenie ścieżki (CSPF)*
- Ustanowienie ścieżki (RSVP-TE)
- Przekazywanie ruchu do tunelu
 - auto-route
 - routing statyczny
 - PBR
 - CBTS
 - Forwarding Adjacency
 - wybór tunelu wprost

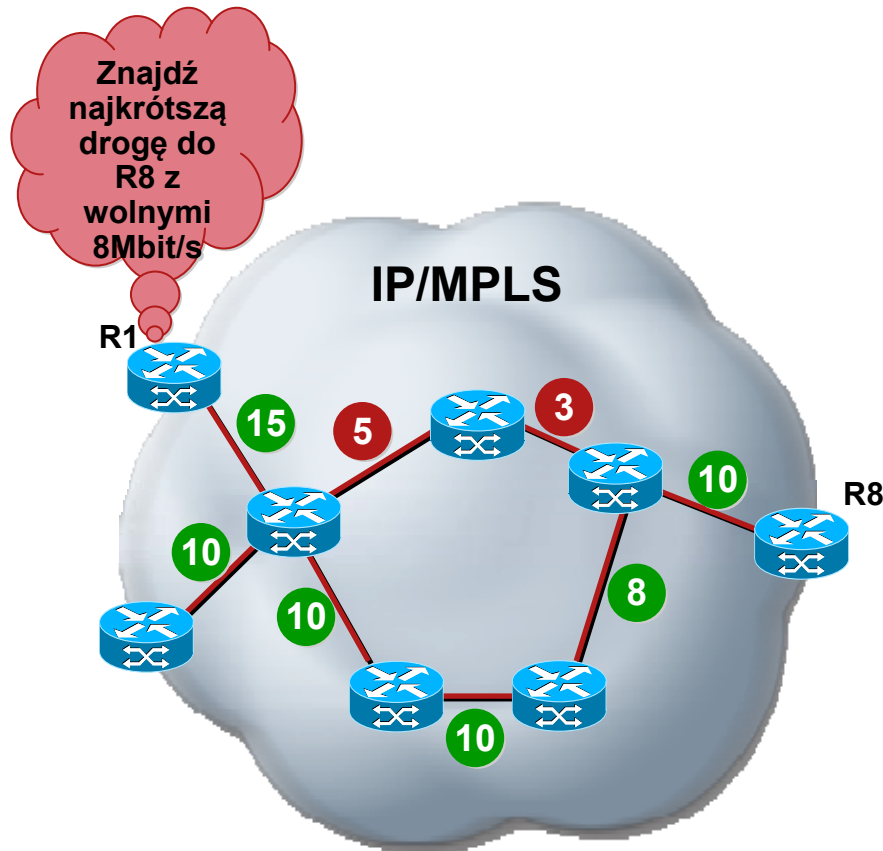
* Opcjonalnie

Dystrybucja informacji o połączeniach

- Dodatkowe charakterystyki łącza
 - Adres interfejsu i sąsiada
 - Fizyczne pasmo
 - Maksymalne rezerwowalne pasmo
 - Niezarezerwowane pasmo (do 8 priorytetów)
 - Metryka TE
 - Grupa administracyjna (flagi atrybutów)
- IS-IS lub OSPF rozgłaszają informacje o łączach w ramach sieci
- Węzły uczestniczące w inżynierii ruchowej budują bazę topologii
 - nie jest to wymagane jeśli ścieżki liczone są w trybie off-line



Wyliczenie ścieżki

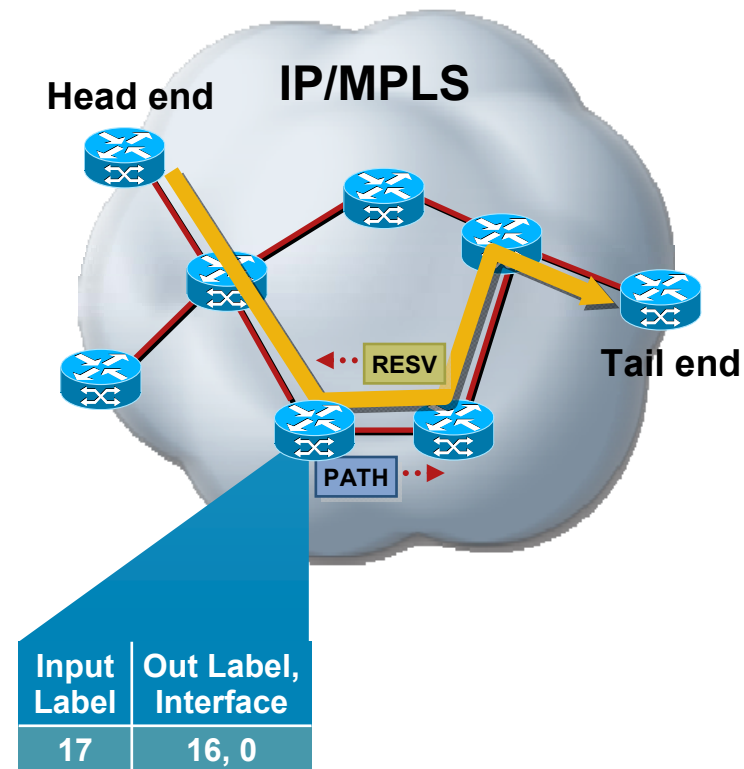


- Łącze bez potrzebnego pasma
- Łącze z wystarczającym pasmem

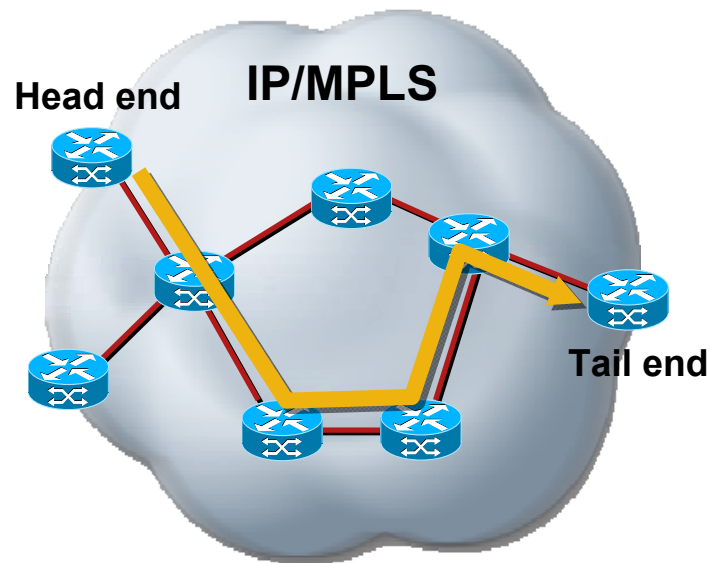
- Węzły TE mogą wykonywać routing z założonymi ograniczeniami
- Ograniczenia i baza topologii stają się danymi wejściowymi do algorytmu wyliczenia ścieżki
- Algorytm SPF ignoruje trasy nie spełniające ograniczeń
- Po znalezieniu ścieżki tunel może zostać zbudowany (ścieżka zarezerwowana)

Sygnalizacja TE LSP

- Tunel sygnalizowany jest przez RSVP z rozszerzeniami TE
- Stan rezerwacji utrzymywany jest wiadomościami PATH (downstream) i RESV (upstream)
- Nowe obiekty RSVP:
 - LABEL_REQUEST (PATH)
 - LABEL (RESV)
 - EXPLICIT_ROUTE
 - RECORD_ROUTE (PATH/RESV)
 - SESSION_ATTRIBUTE (PATH)
- LFIB jest uzupełniany etykietami RSVP



Wybór ruchu



- Ruch może trafić do tunelu MPLS TE na wiele sposobów:
 - Auto-route
 - Trasy statyczne
 - Policy Based Routing
 - Forward Adjacency
 - Wybór tunelu dla PWE
 - CBTS
- Wybór ścieżki jest niezależny od decyzji routingowej o skierowaniu ruchu do tunelu
- Ruch trafia do tunelu MPLS TE na head end i podróżuje do tail end

Konfiguracja MPLS TE z pomocą IS-IS

```
mpls traffic-eng tunnels
!  
interface POS0/1/0  
 ip address 172.16.0.0 255.255.255.254  
 ip router isis  
 mpls traffic-eng tunnels  
 mpls traffic-eng attribute-flags 0xF  
 mpls traffic-eng administrative-weight 20  
 ip rsvp bandwidth 100000  
!  
router isis  
 net 49.0001.1720.1625.5001.00  
 is-type level-2-only  
 metric-style wide  
 mpls traffic-eng router-id Loopback0  
 mpls traffic-eng level-2  
 passive-interface Loopback0  
!
```



Aktywowanie MPLS TE na tym węźle

Aktywowanie MPLS TE na interfejsie

Flagi atrybutów

Metryka TE

Maksymalne rezerwowalne pasmo

Włączenie szerokiej metryki i rozszerzeń TE (TE id, obszar dla którego odbywa się TE w IS-IS)

Konfiguracja MPLS TE z pomocą OSPF

```
mpls traffic-eng tunnels
!  
interface POS0/1/0  
 ip address 172.16.0.0 255.255.255.254  
 mpls traffic-eng tunnels  
 mpls traffic-eng attribute-flags 0xF  
 mpls traffic-eng administrative-weight 20  
 ip rsvp bandwidth 100000  
!  
router ospf 100  
 log-adjacency-changes  
 passive-interface Loopback0  
 network 172.16.0.0 0.0.255.255 area 0  
 mpls traffic-eng router-id Loopback0  
 mpls traffic-eng area 0  
!
```



Aktywowanie MPLS TE na tym węźle

Aktywowanie MPLS TE na interfejsie

Flagi atrybutów

Metryka TE

Maksymalne rezerwowalne pasmo

Włączenie rozszerzeń TE (TE id i obszar w którym realizowany jest TE)

Tunel MPLS TE – źródło (head-end)

```
interface Tunnell
  description FROM-ROUTER-TO-DST1
  ip unnumbered Loopback0
  tunnel destination 172.16.255.3
  tunnel mode mpls traffic-eng
  tunnel mpls traffic-eng priority 5 5
  tunnel mpls traffic-eng bandwidth 10000
  tunnel mpls traffic-eng affinity 0x0 mask 0xF
  tunnel mpls traffic-eng path-option 5 explicit name PATH1
  tunnel mpls traffic-eng path-option 10 dynamic
!
ip explicit-path name PATH1 enable
  next-address 172.16.0.1
  next-address 172.16.8.0
!
```



Docelowy host
(koniec tunelu)

Tunel TE
(domyślnie GRE)

Priorytety
konfiguracji/
utrzymania

Wymagane
pasmo

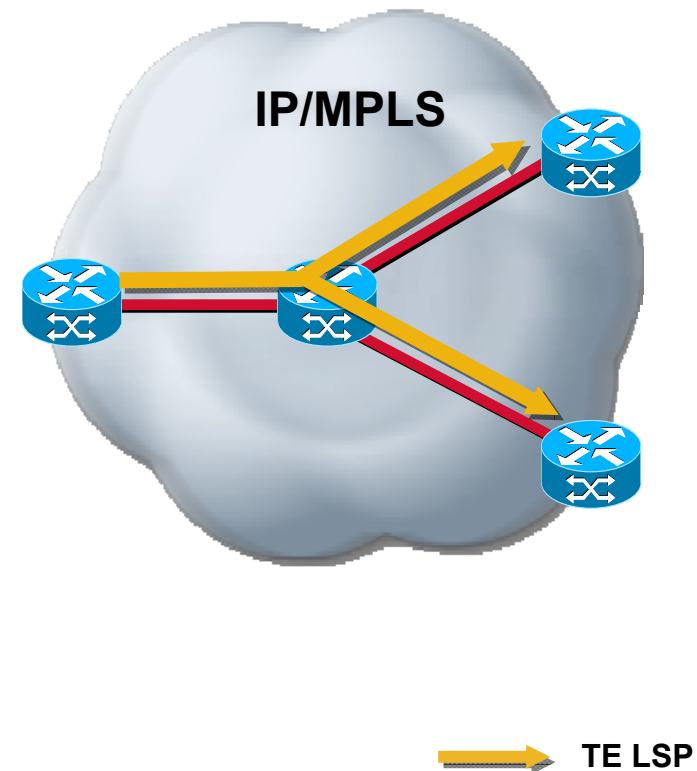
Consider links
with 0x0/0xF as
attribute flags

W pierwszej
kolejności
ścieżka wskazana

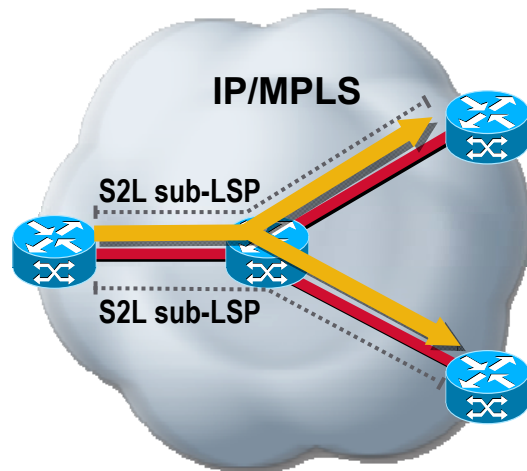
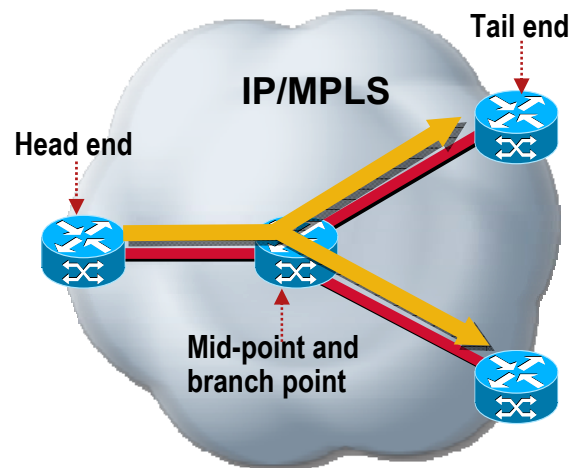
Definicja ścieżki
PATH1

Charakterystyka P2MP TE LSP

- Jednokierunkowe
- Routowane wprost wskazaną ścieżką
- Jeden head end, ale **jedno lub więcej** zakończeń
- **Dokładnie te same** charakterystyki (ograniczenia, ochrona) dla każdego miejsca docelowego



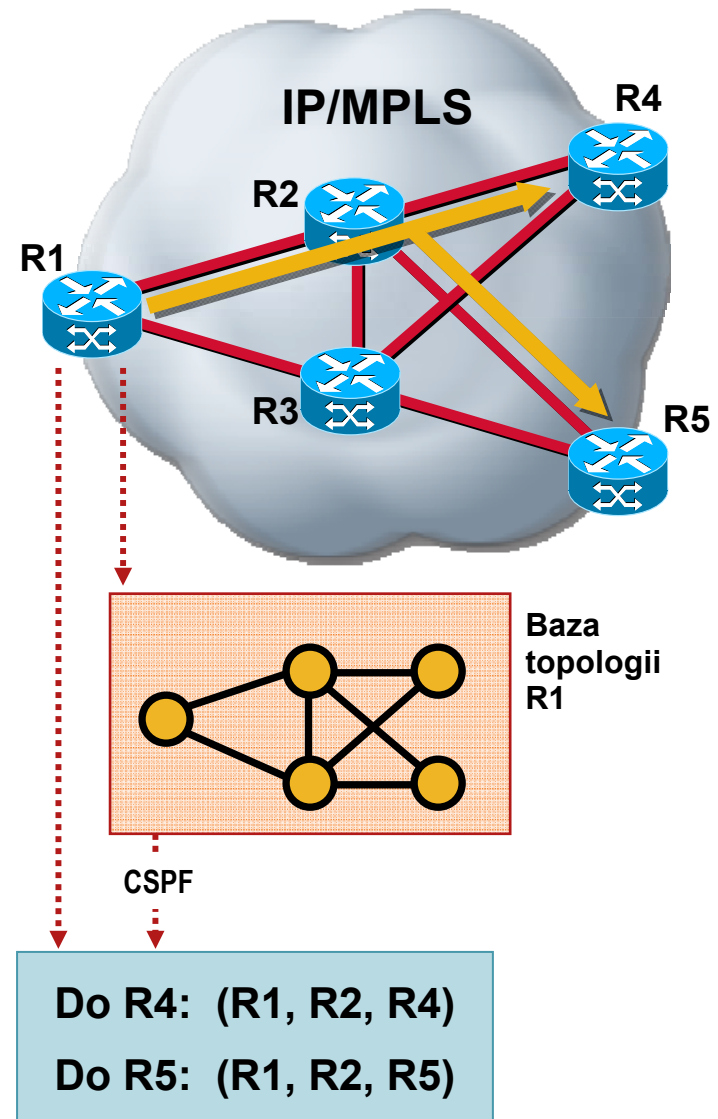
Terminologia P2MP TE LSP



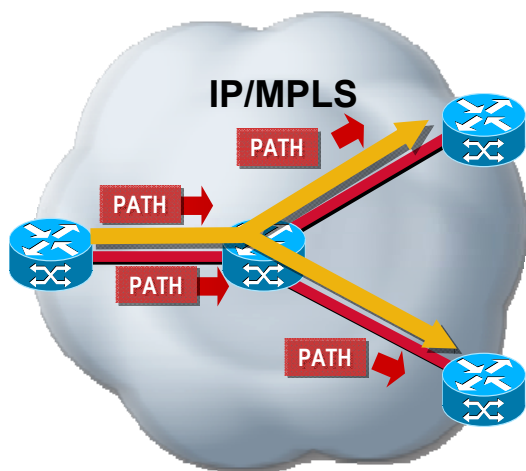
- **Head-end/źródło:** węzeł gdzie inicjowane jest sygnalizowanie LSP
- **Mid-point/punkt pośredni:** węzeł tranzytowy obsługujący sygnalizację LSP
- **Tail-end/cel:** węzeł gdzie kończy się sygnalizacja LSP
- **Branch point/gałąź:** węzeł na którym wykonywana jest replikacja
- **Source-to-leaf (S2L) sub-LSP:** segment P2MP TE LSP od źródła do jednego z liści

Wyliczenie ścieżki P2MP TE LSP

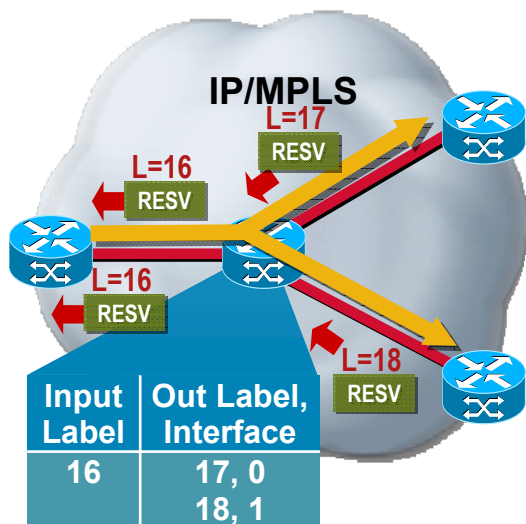
- CSPF dynamicznie znajduje odpowiednie drzewo – raz dla każdego miejsca docelowego
 - Baza topologii TE topology database i ograniczenia tunelu są wejściowymi parametrami do wyliczenia ścieżki
 - Ograniczenia mogą zawierać węzły włączone, wyłączone i **loose**
 - Te same ograniczenia dla wszystkich miejsc docelowych (pasmo, affinities, priorytety, etc.)
- Wyliczenie ścieżki zwraca konkretną trasę do każdego miejsca docelowego
- Nie ma zmian w rozszerzeniach OSPF/IS-IS TE



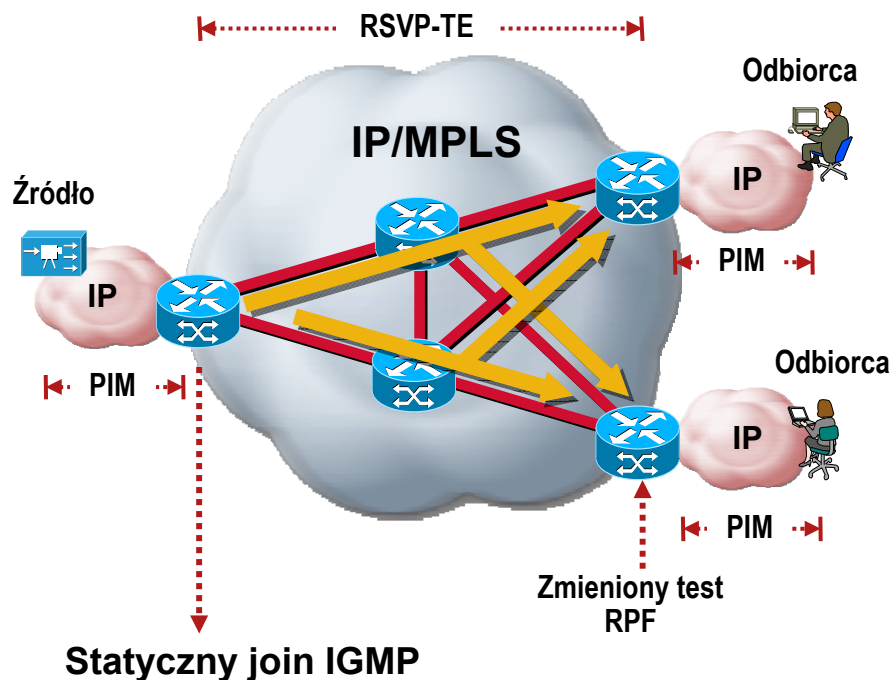
Sygnalizacja P2MP TE LSP



- Źródło wysyła unikalną wiadomość PATH dla każdego węzła docelowego
- LFIB wypełniany jest etykietami RSVP alokowanymi przez wiadomości RESV
- Stan multicast budowany przez ponowne użycie etykiet sub-LSP w węzłach pełniących rolę gałęzi



Wybór ruchu P2MP TE LSP



Tunel P2MP	Grupa Multicastowa
Tunnel1	(192.168.5.1, 232.0.0.1) (192.168.5.1, 232.0.0.1)
Tunnel2	(192.168.5.1, 232.0.0.3)

- Jedna lub więcej grup IP multicast mapowane na tunel
- Grupy mapowane przez statyczny IGMP join
- PIM na zewnątrz sieci MPLS
- Zmodyfikowany wyjściowy test RPF dla TE LSP i źródła tunelu
- Węzeł wyjściowy może potraktować TE LSP jako wirtualny interfejs na potrzeby testu RPF

Konfiguracja tunelu P2MP u źródła

```
mpls traffic-eng destination list name P2MP-LIST-DST1
ip 172.16.255.1 path-option 10 explicit name PATH1
ip 172.16.255.2 path-option 10 dynamic
ip 172.16.255.3 path-option 10 dynamic
ip 172.16.255.4 path-option 10 dynamic
```

!

```
interface Tunnell
description FROM-ROUTER-TO-LIST-DST1
ip unnumbered Loopback0
ip pim sparse-mode
```

```
ip igmp static-group 232.0.0.1 source 192.168.5.1
```

```
ip igmp static-group 232.0.0.2 source 192.168.5.1
```

```
tunnel mode mpls traffic-eng point-to-multipoint
```

```
tunnel destination list mpls traffic-eng name P2MP-LIST-DST1
```

```
tunnel mpls traffic-eng priority 7 7
```

```
tunnel mpls traffic-eng bandwidth 1000
```

!



Lista celów z **jedną** path-option per cel

Grupy multicastowe mapowane na tunel

Tunel TE P2MP

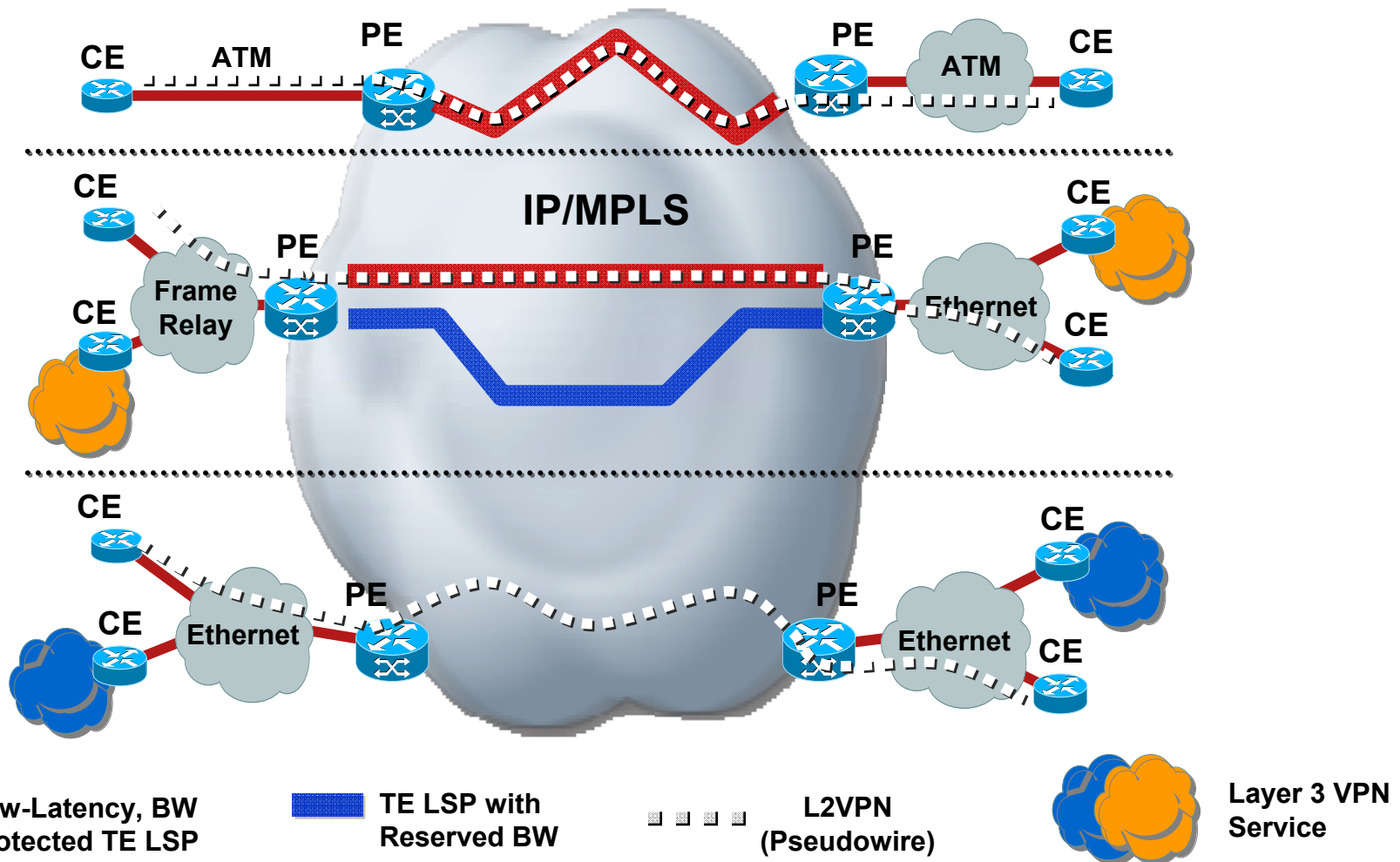
Lista celów

Priorytety setup/hold

Zapotrzebowanie na pasmo

MPLS TE i L2/L3VPN

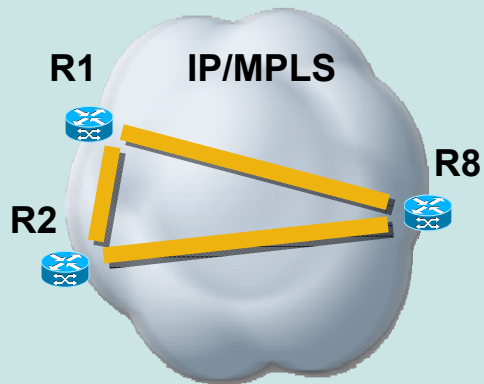
TE LSPs zapewniają transport dla innych usług



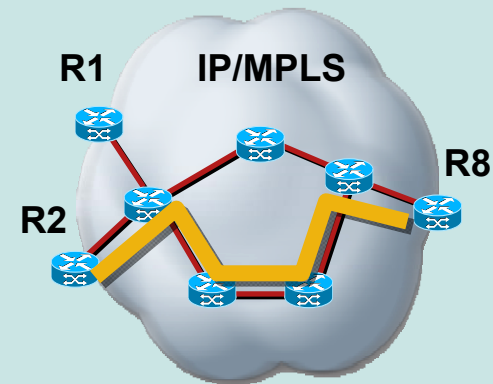
Modele wdrożeniowe MPLS TE

Optymalizacja pasma

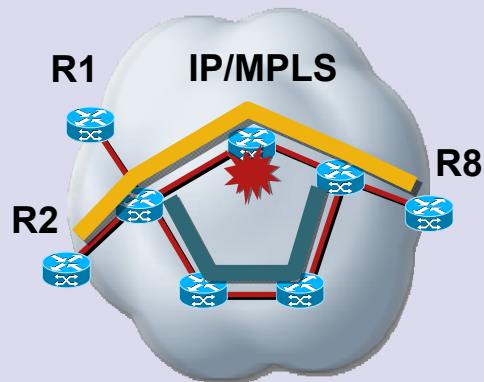
Strategiczna



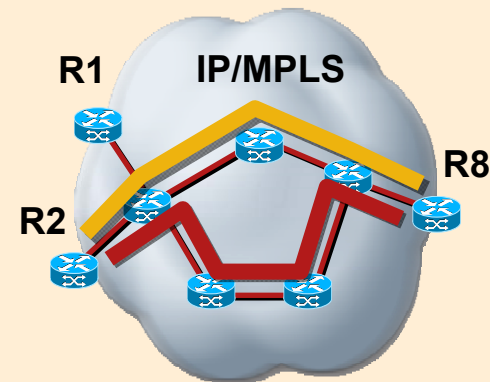
Taktyczna



Ochrona



SLA punkt-punkt



Możliwości MPLS TE:

Optymalizacja pasma

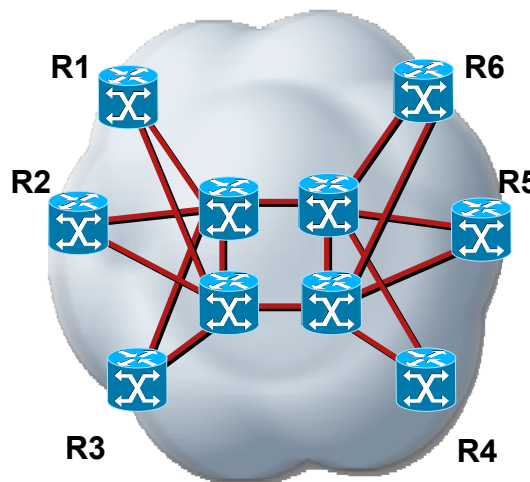


Optymalizacja pasma - strategiczna

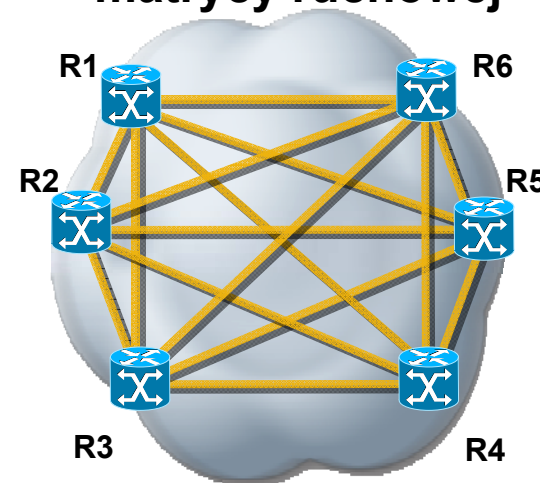
Matryca ruchowa

	R1	R2	R3	R4	R5	R6
R1	4	7	1	5	4	5
R2	2	2	4	7	2	3
R3	1	2	9	5	5	5
R4	9	1	4	1	3	1
R5	3	7	9	2	7	7
R6	6	3	5	4	9	12

Topologia fizyczna

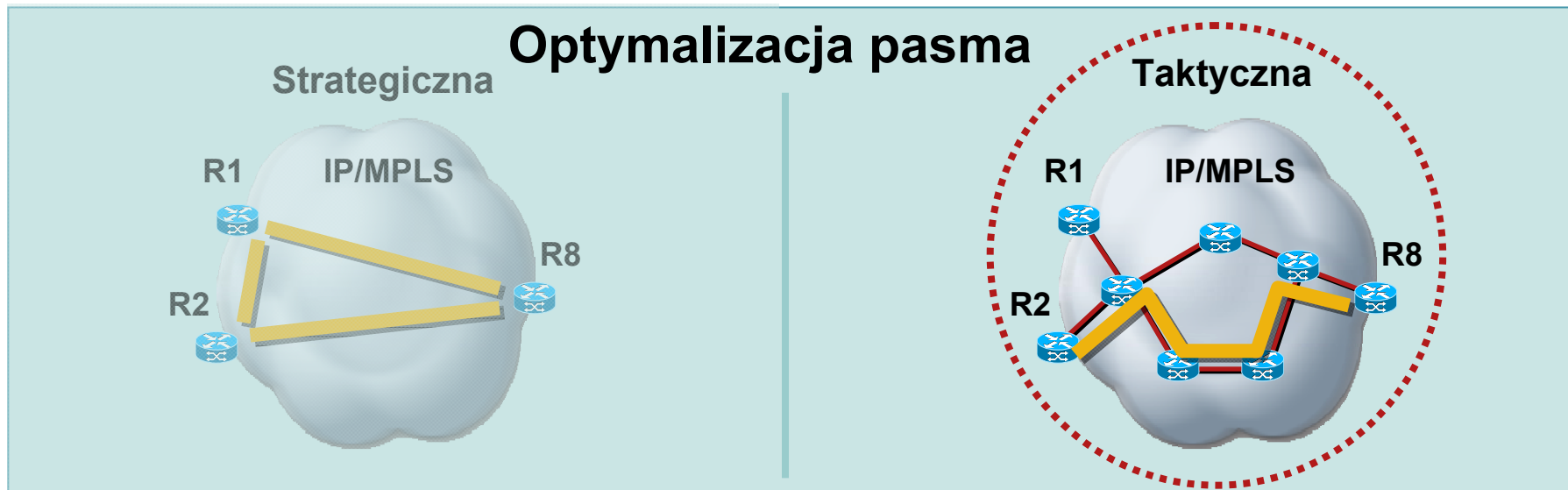


Siatka tuneli dla matrycy ruchowej



- Optymalizujemy topologię fizyczną w oparciu o matrycę ruchową
podstawowym celem jest uniknięcie przeciążenia bądź niedociążenia łączy
- Skutkuje dużą ilością tuneli
- Nie powinna skutkować ilością zestawionych sąsiedztw protokołów routingu

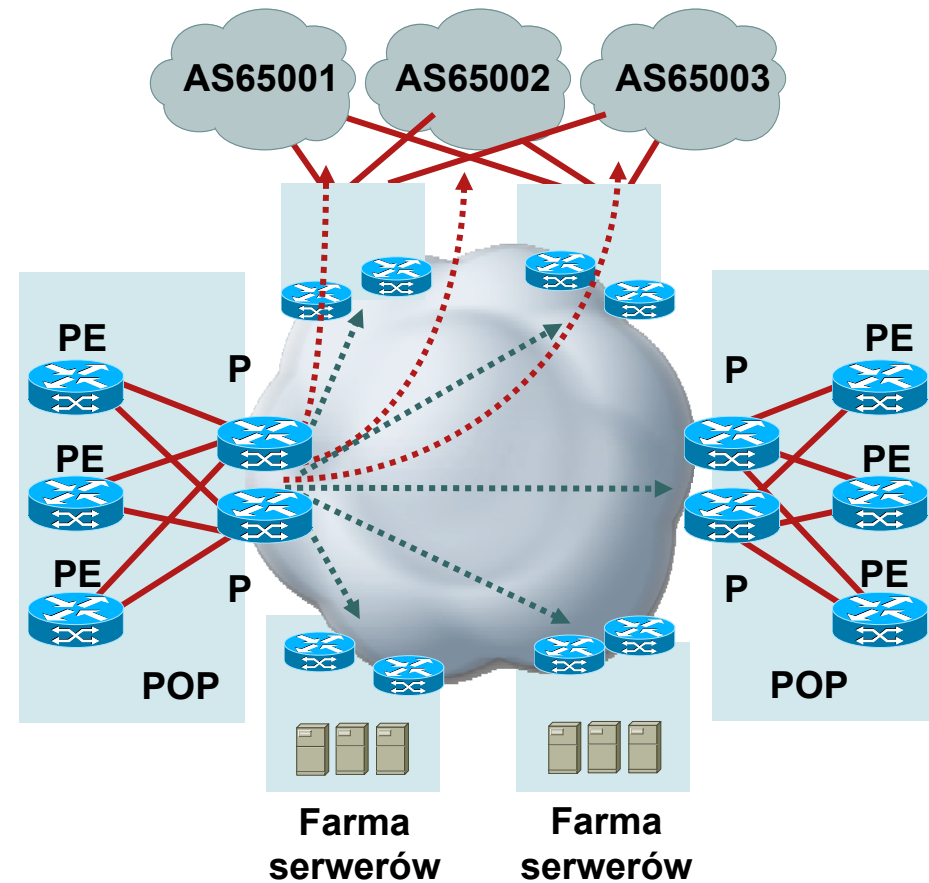
Optymalizacja pasma - taktyczna



- Tworzenie nowych tuneli po zidentyfikowaniu przeciążonych łącz
- W większości przypadków tunele dodawane do następnego cyklu rozbudowy sieci

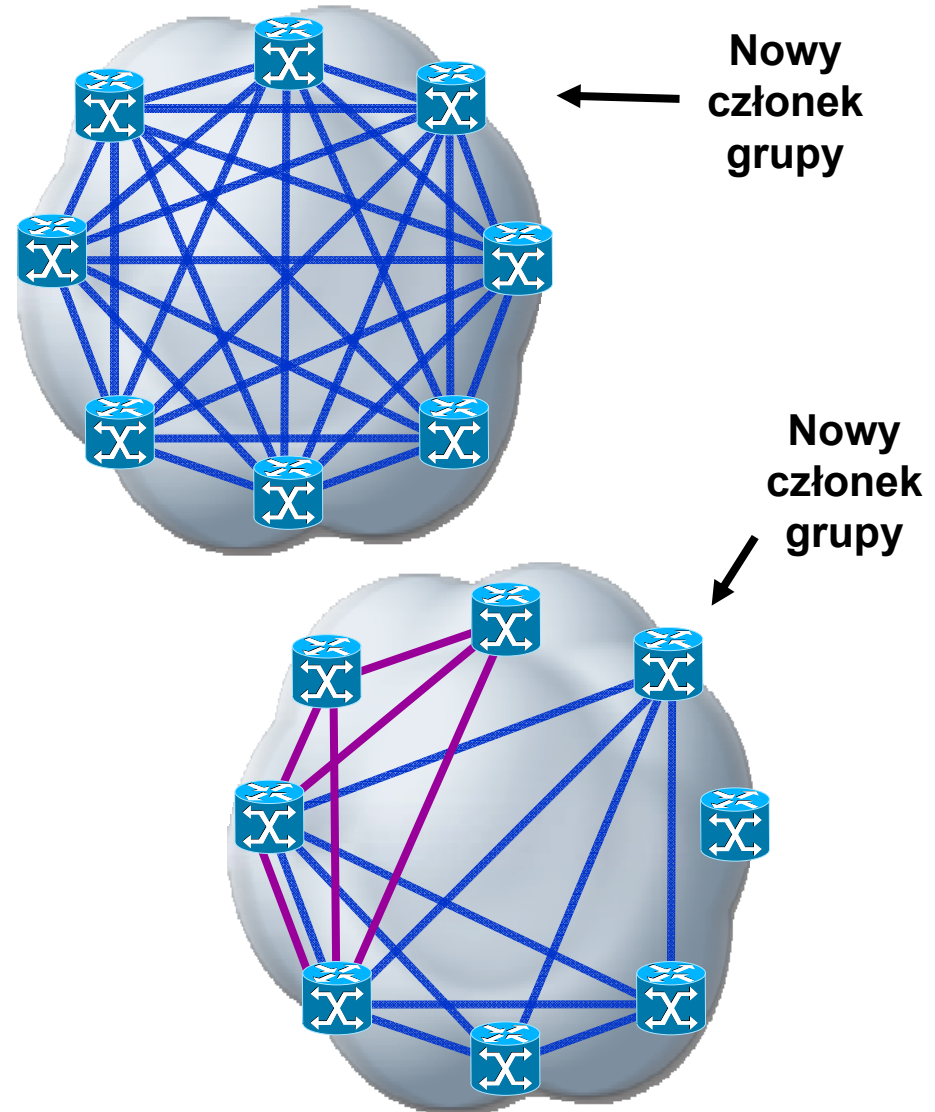
Tworzenie matrycy ruchowej

- Tunele bez ograniczeń
- Interface MIB
- MPLS LSR MIB
- NetFlow
 - NetFlow BGP Next Hop
 - MPLS-Aware NetFlow
 - Egress/Output NetFlow
- BGP policy accounting
 - Communities
 - AS path
 - prefix IP



Sieci kratowe - AutoTunnel

- Grupa sieci kratowych: LSR potrafiące automatycznie stworzyć kratę połączeń
- Członkostwo na podstawie
 - RouterID TE pasującego do ACLki
 - Rozgłoszenia grupy kratowej w protokole IGP
- Każdy z członków automatycznie tworzy tunel po wykryciu innego członka
 - z wzorca wspólnego dla wszystkich
- Poszczególne tunele nie są wyświetlane/zapisywane w konfiguracji routera



Konfiguracja kraty AutoTunnel

```
mpls traffic-eng tunnels
mpls traffic-eng auto-tunnel mesh
!
interface Auto-Templatel
 ip unnumbered Loopback0
 tunnel destination mesh-group 10
 tunnel mode mpls traffic-eng
 tunnel mpls traffic-eng autoroute announce
 tunnel mpls traffic-eng path-option 10 dynamic
 tunnel mpls traffic-eng auto-bw frequency 3600
!
router ospf 16
 log-adjacency-changes
 mpls traffic-eng router-id Loopback0
 mpls traffic-eng area 0
 mpls traffic-eng mesh-group 10 Loopback0 area 0
 passive-interface Loopback0
 network 172.16.0.0 0.0.255.255 area 0
!
```



Uruchomienie funkcjonalności

Wzorzec tunelu

Wzorzec klonowany dla każdego członka grupy 10

Do każdego członka grupy ścieżka wybierana dynamicznie

Rozgłoś przynależność do grupy 10 w obszarze 0

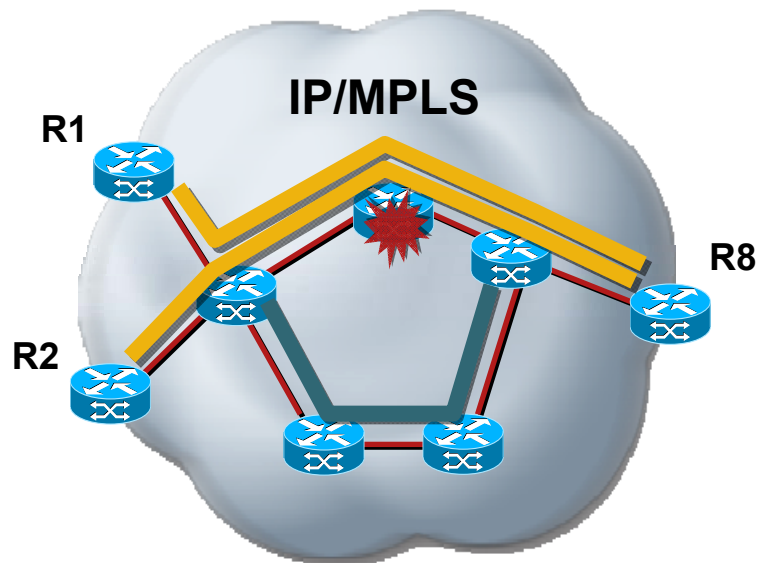
Możliwości MPLS TE:

Ochrona tuneli



Ochrona tuneli MPLS TE

Fast Re-Route (FRR)



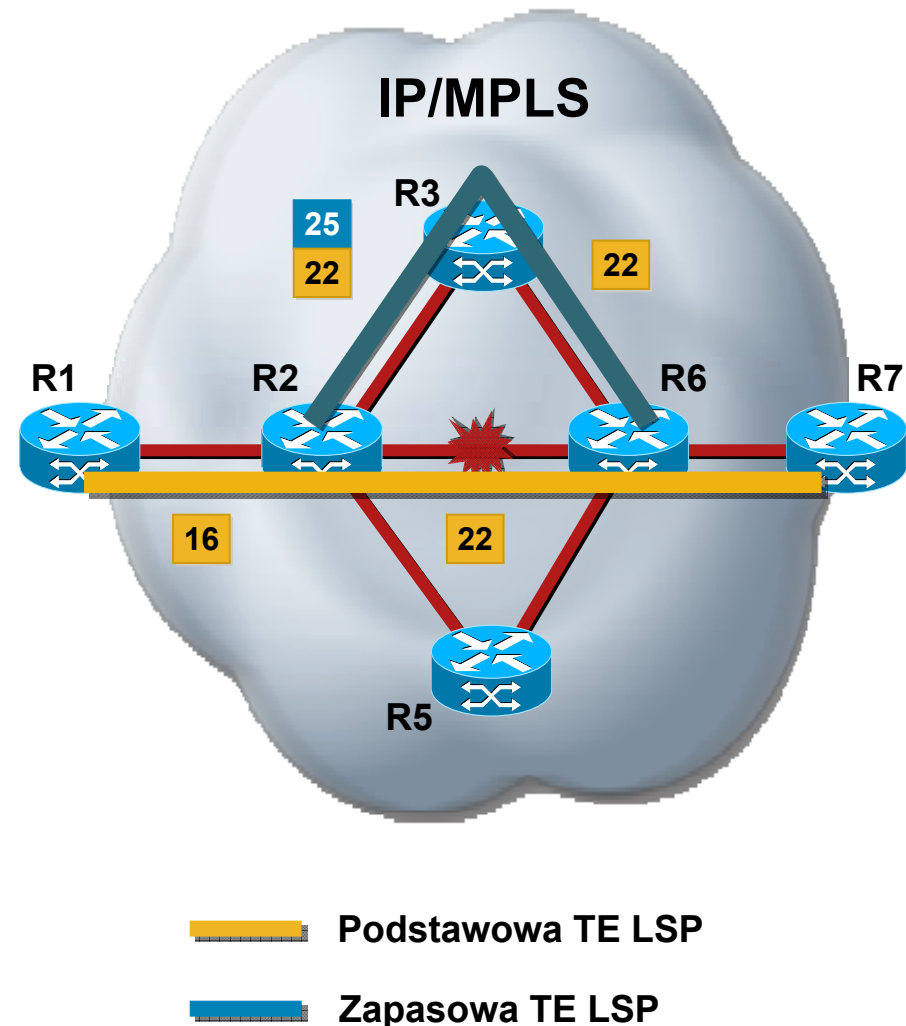
 Podstawowy TE LSP

 Zapasowy TE LSP

- Odzyskanie połączenia w czasie **poniżej sekundy** przy utracie łącza/węzła
- Skalowalna ochrona - 1:N – efektywna kosztowo w stosunku do ochrony 1:1
- Duża **granularność** ochrony
- Pozwala również **ochronić rezerwacje pasma**

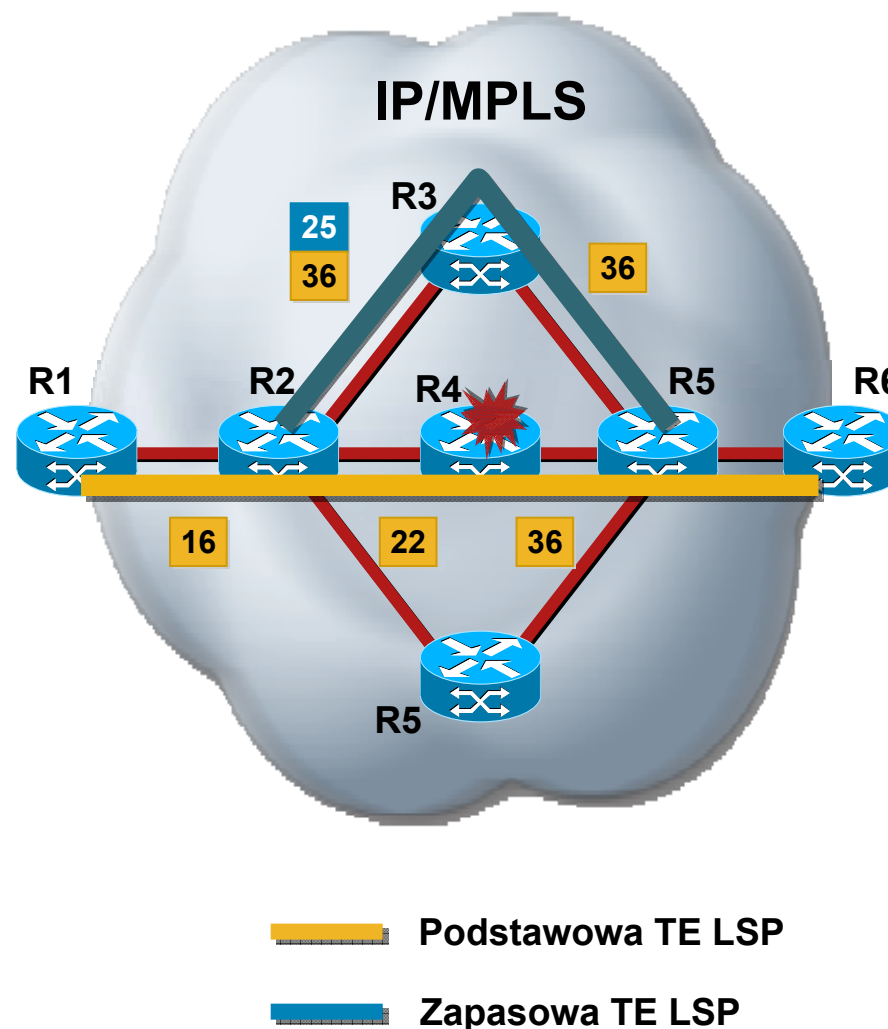
FRR – jak chroni łącze?

- Wymaga tunelu zapasowego ze wskazaniem next-hop (NHOP)
- Point of Local Repair (PLR) wykonuje podmianę etykiet na zapasową
- Tunel zapasowy kończy się na Punkcie Połączenia (MP) gdzie ruch trafia z powrotem do tunelu podstawowego
- Odzyskanie czasu poniżej ~50 ms



FRR – jak chroni węzeł?


- Wymaga tunelu zapasowego **next-next-hop** (NNHOP)
- Point of Local Repair (PLR) zamienia etykietę **next-hop** na etykietę tunelu zapasowego
- Tunel zapasowy kończy się na Punkcie Połączenia (MP) gdzie ruch trafia z powrotem do tunelu podstawowego
- Czas przywrócenia łączności zależy od czasu wykrycia awarii



Konfiguracja FRR

Tunel podstawowy


```
interface Tunnell
  description FROM-ROUTER-TO-DST1-FRR
  ip unnumbered Loopback0
  tunnel destination 172.16.255.2
  tunnel mode mpls traffic-eng
  tunnel mpls traffic-eng bandwidth 20000
  tunnel mpls traffic-eng path-option 10 dynamic
  tunnel mpls traffic-eng fast-reroute
!
```



Tunel ma być chroniony lokalnie

Tunel zapasowy

```
interface Tunnell
  description NNHOP-BACKUP
  ip unnumbered Loopback0
  tunnel destination 172.16.255.2
  tunnel mode mpls traffic-eng
  tunnel mpls traffic-eng path-option 10 explicit name PATH1
!
interface POS1/0/0
  ip address 172.16.192.5 255.255.255.254
  mpls traffic-eng tunnels
  mpls traffic-eng backup-path Tunnell
  ip rsvp bandwidth
!
```

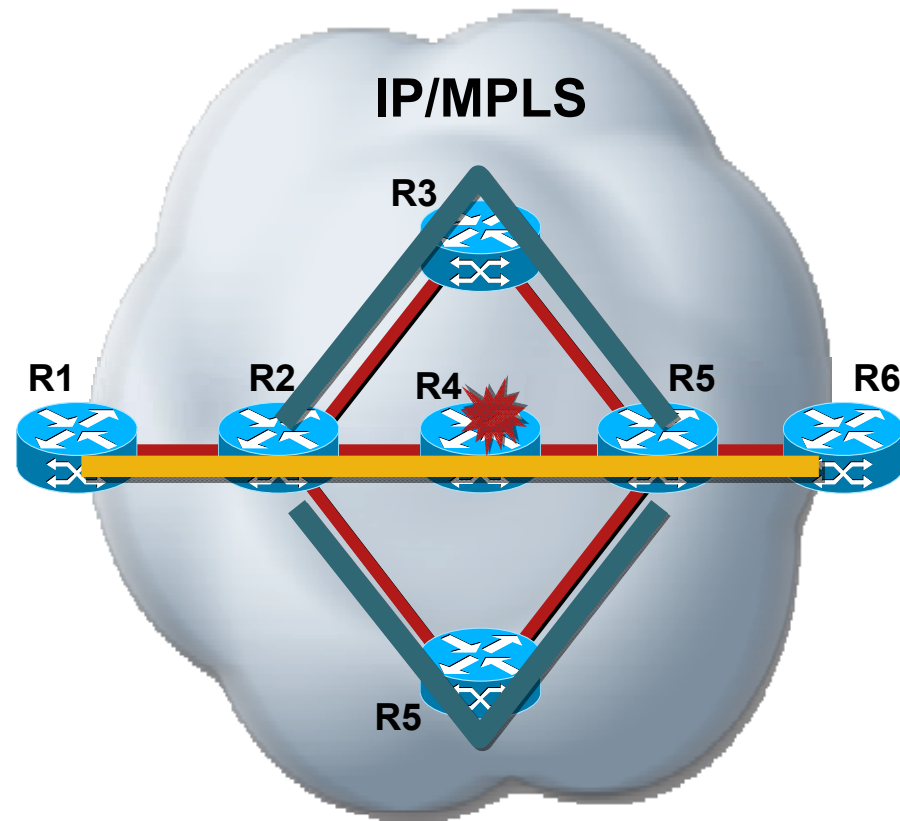


Tunel zapasowy wprost wskazuje na 172.16.255.2 z zerowym zapotrzebowaniem na pasmo

Użyj Tunnell jako zapasowego przez POS1/0/0

Ochrona pasma

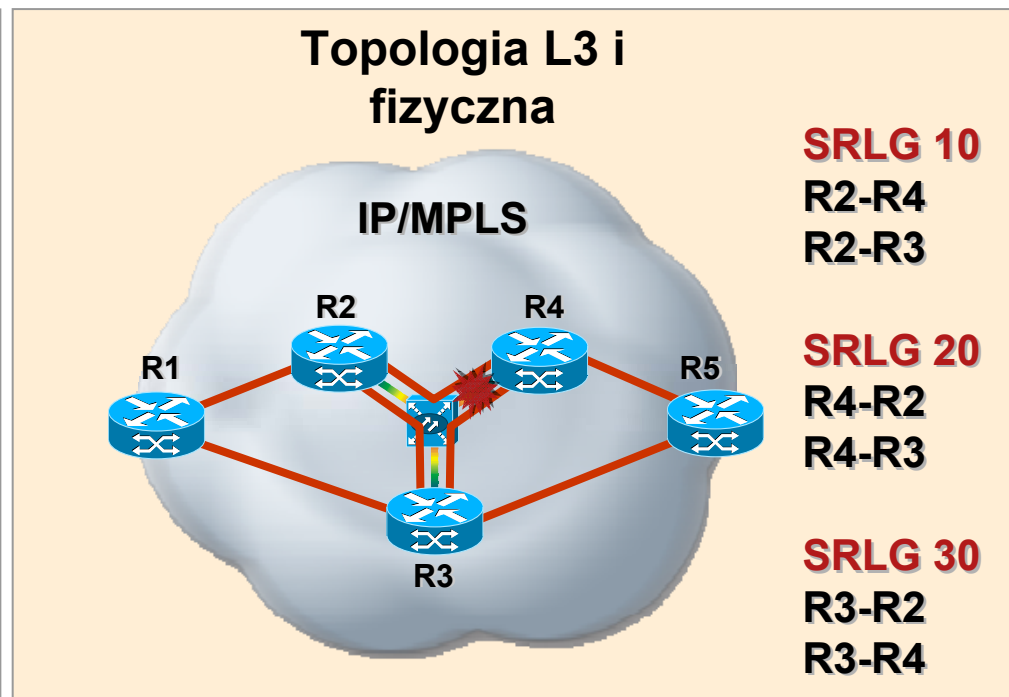
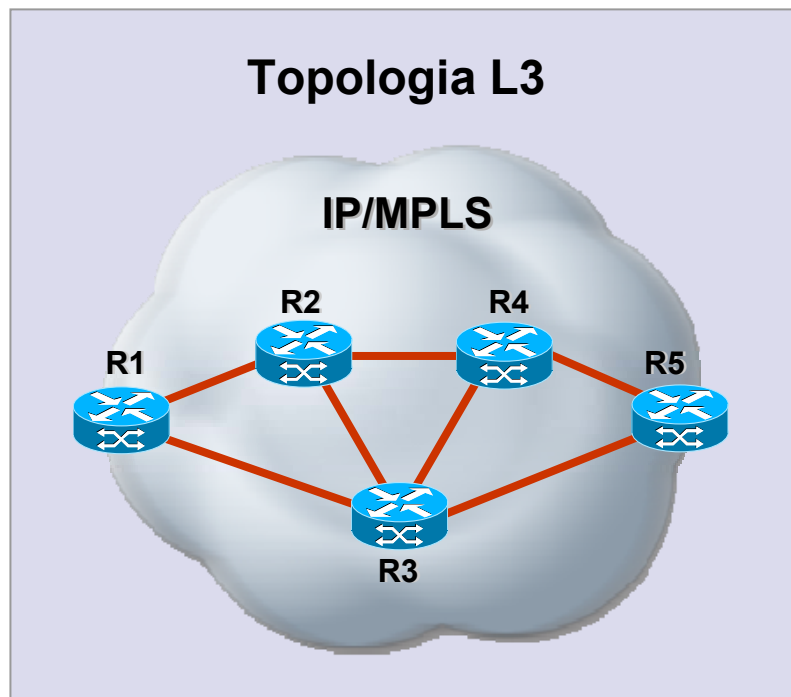
- Tunel zapasowy może mieć lub nie przypisanie wymaganego pasma
- PLR decyduje o wyborze najlepszego tunelu zapasowego na podstawie zestawu wymagań (nhop/nnhop, backup-bw, class-type, node-protection flag)



 Podstawowa TE LSP

 Zapasowa TE LSP

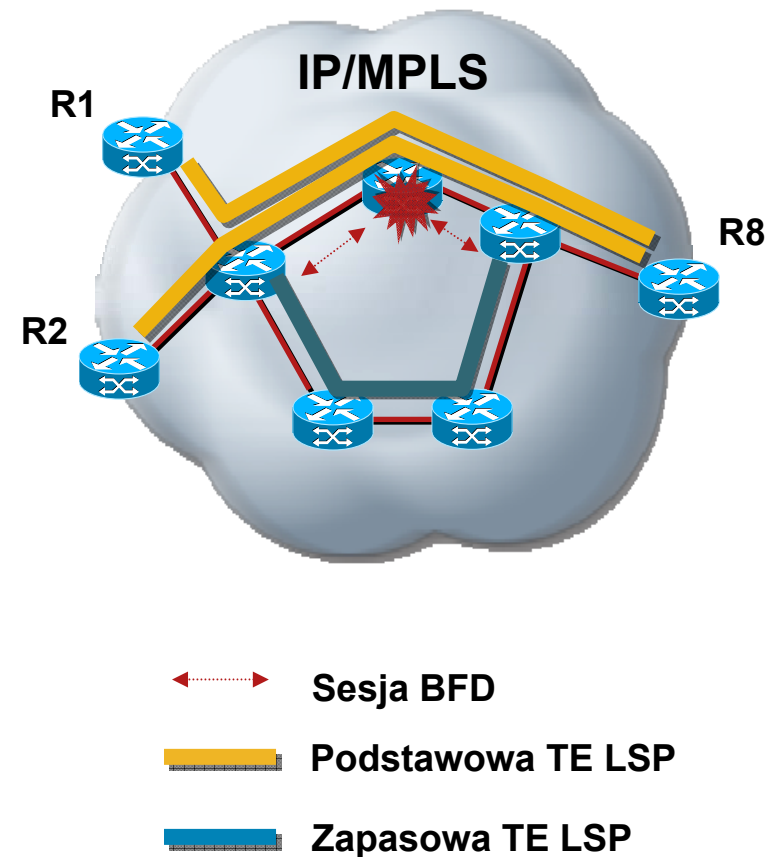
Shared Risk Link Group (SRLG)



- Niektóre połączenia logiczne mogą współdzielić infrastrukturę fizyczną
- Tunele należące do jednej SRLG mogą być wykluczane z tworzenia połączeń zapasowych
- Członkostwo w SRLG protokoły IS-IS i OSPF rozgłaszają za pomocą osobnych atrybutów łącza

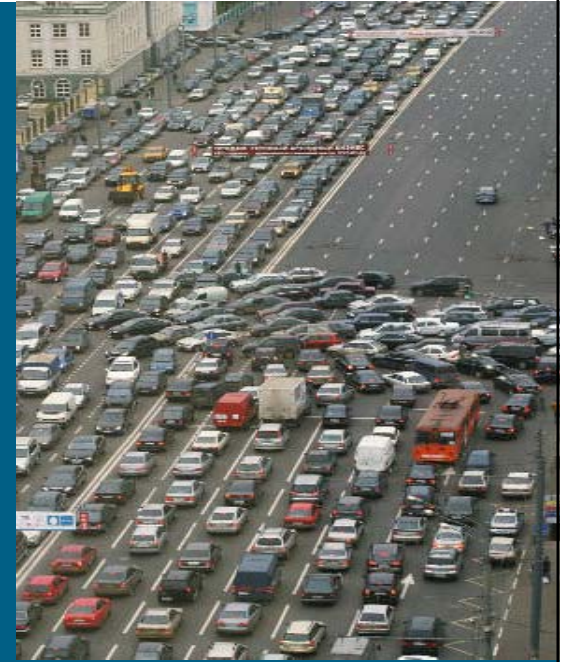
BFD dla FRR

- FRR opiera się na możliwości szybkiego wykrycia PLR
- Niektóre problemy mogą nie objawić się w postaci alarmu na łączy lub statusu interfejsu
- BFD zapewnia 'lekkie' rozwiązanie dla problemu wykrycia osiągalności sąsiada

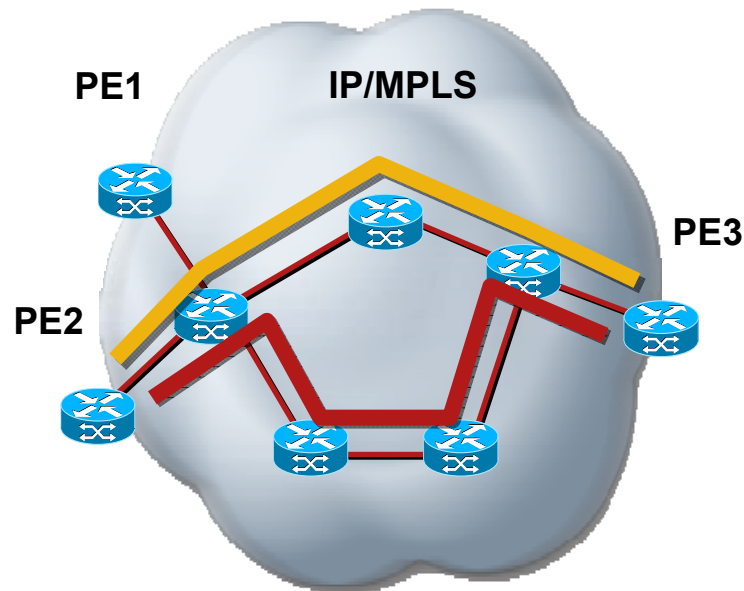


Możliwości MPLS TE:

Mechanizmy QoS



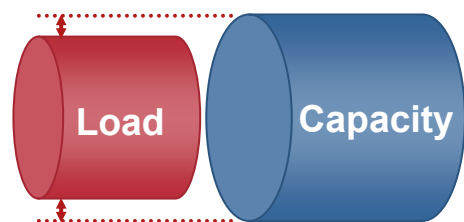
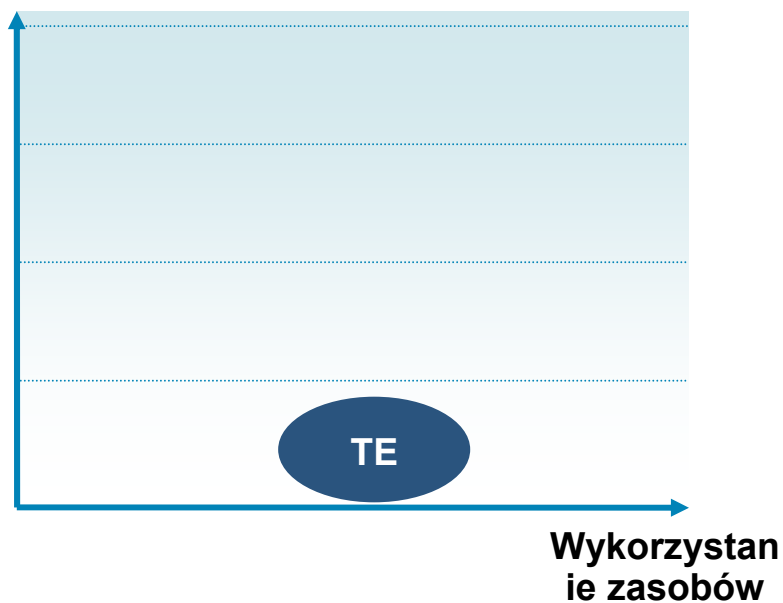
QoS w czy dla MPLS TE?



- SLA punkt-punkt
- Kontrola administracyjna
- Integracja z DiffServ
- Zwiększona kontrola nad routingiem – pozwoli zoptymalizować pracę sieci

Sieć MPLS TE

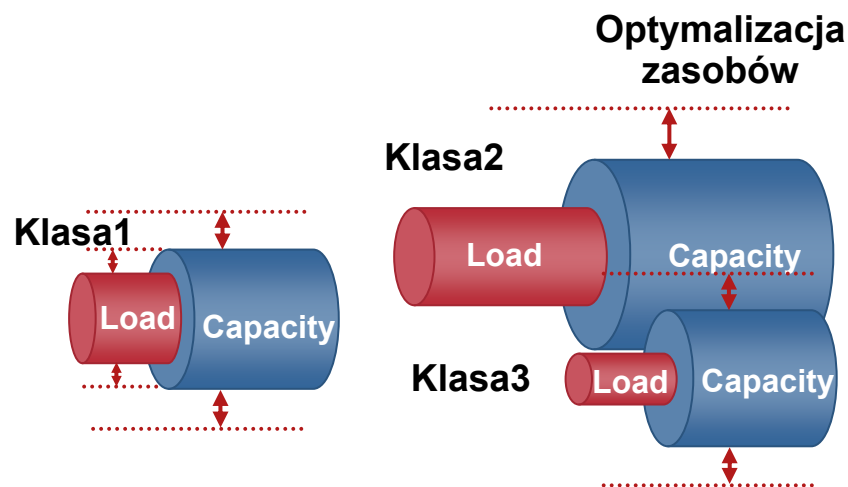
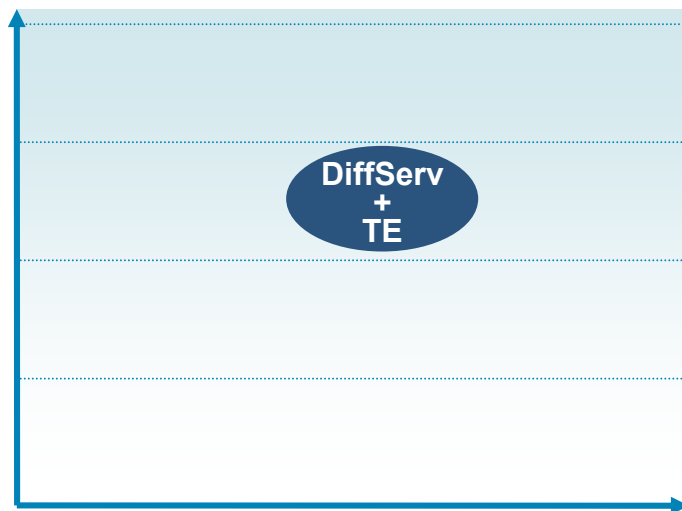
Zróżnicowanie usług



- Dobre rozwiązanie jeśli:
 - Nie wymaga się żadnego zróżnicowania
 - Wymagana jest optymalizacja
- Pełna siatka lub tunele budowane selektywnie by uchronić sieć przed nadsubskrypcją
- Dopasowanie obciążenia łącza do jego możliwości

Sieć z MPLS DiffServ i MPLS TE

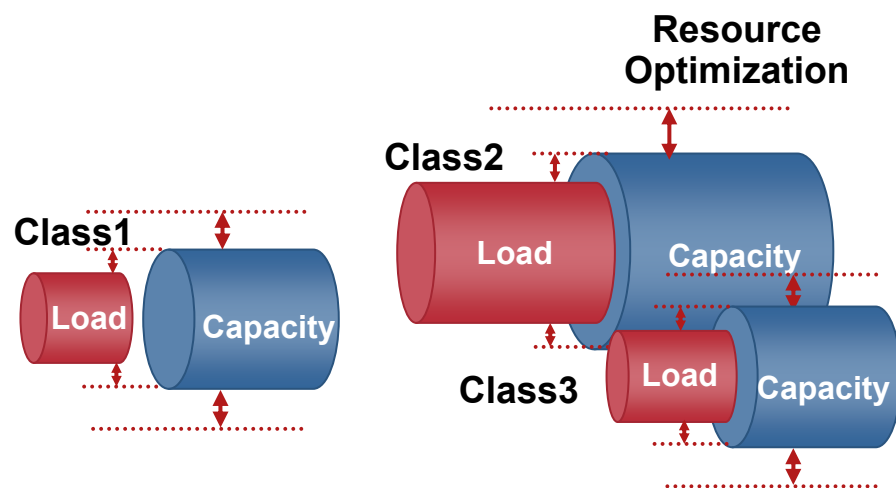
Zróżnicowanie usług



- Dobrze rozwiązanie gdy:
 - Wymagane jest zróżnicowanie oferowanych usług...
 - ...i możliwość optymalizacji
- Dopasowanie klasy pojemności do oczekiwanego obciążenia
- Dopasuj obciążenie klasy do faktycznej pojemności klasy
- Ewentualnie, dopasuj obciążenie łącza do faktycznej jego przepustowości

Sieć z MPLS DiffServ i MPLS DS-TE

Service Differentiation



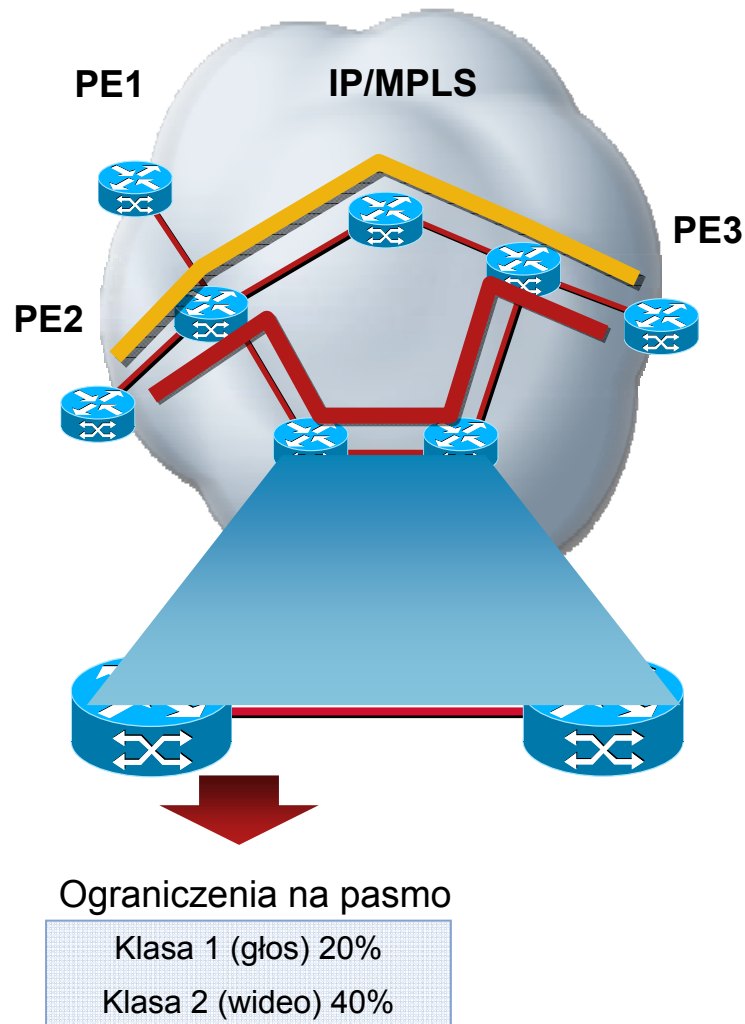
- Dobrze rozwiązanie gdy:

Wymagane jest duże zróżnicowanie usług

...i bardzo dokładna optymalizacja

- Dopasowanie **klasy** pojemności do oczekiwanego obciążenia
- Dopasuj obciążenie **klasy** do faktycznej pojemności **klasy**

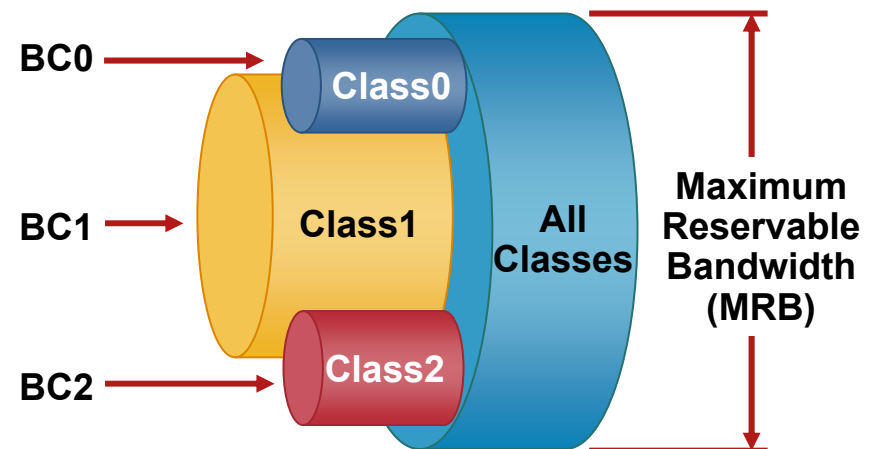
DiffServ-Aware TE



- IS-IS lub OSPF rozgłaszają informacje o łączach
- Dla każdej klasy dostępne jest niezarezerwowane pasmo na każdym z połączeń
- Za pomocą nowego obiektu RSVP (CLASSTYPE) węzły zarządzają pasmem w zakresie ograniczeń
- Dostępne są dwa modele
 - Maximum Allocation Model (MAM)
 - Russian Doll Model (RDM)
- Unikalna definicja klas i model oparty o ograniczenia wdrożony w całej sieci
- W obecnej implementacji Cisco dostępne są dwie klasy

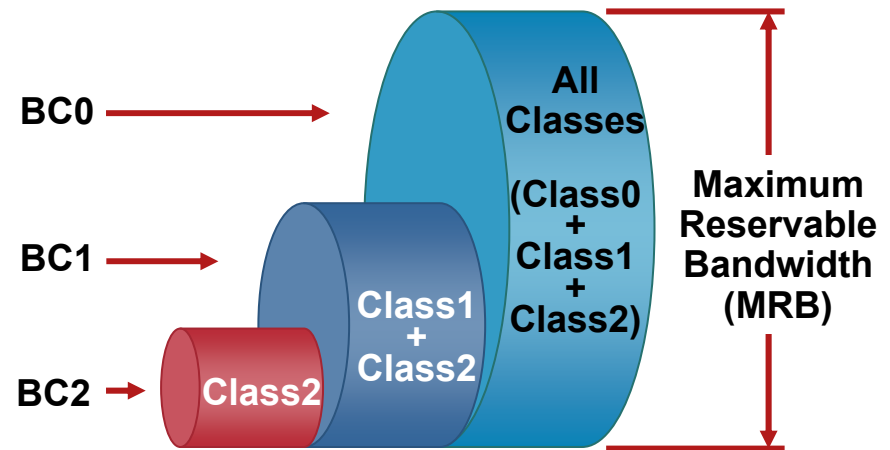
Maximum Allocation Model (MAM)

- Pula pasma (BW) dotyczy jednej klasy
- Suma dostępnych pul może przekroczyć MRB
- Suma zarezerwowanych BW nie może przekroczyć MRB
- Obecna implementacja wspiera jednocześnie dwie klasy - BC0 i BC1

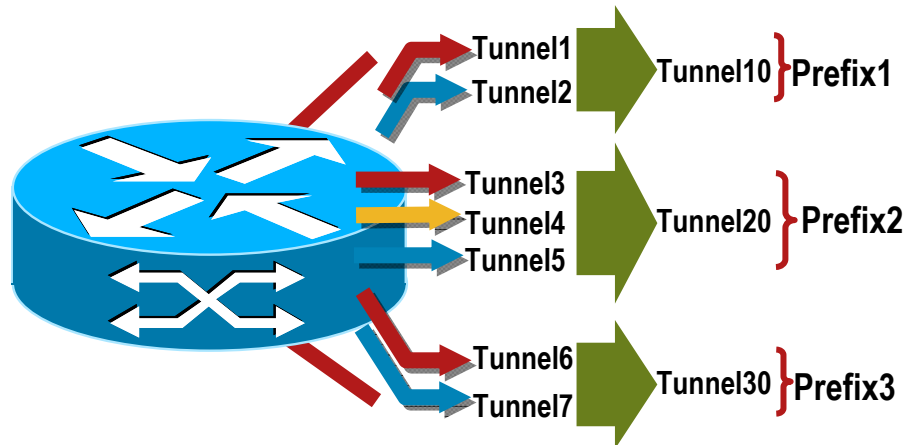


Russian Dolls Model (RDM)

- Pula BW dotyczy jednej lub wielu klas
- Globalna pula BW (BC0) równa się MRB
- BC0..BCn używane do liczenia niezarezerwowanego BW dla klasy n
- Obecna implementacja wspiera jednocześnie dwie klasy - BC0 i BC1

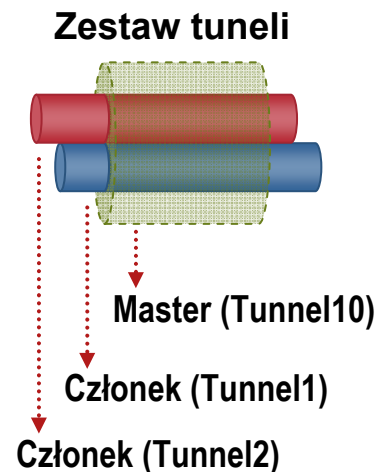


Wybór tunelu na podstawie klasy: CBTS



FIB

Prefix1	Tunnel10
Prefix2	Tunnel20
Prefix3	Tunnel30



- Wybór tunelu na podstawie pola EXP pomiędzy **wieloma tunelami** do **tego samego węzła docelowego**
- Lokalny mechanizm po stronie początku tunelu (nie wymaga rozszerzeń w istniejących IGP)
- Na głównym tunelu skonfigurowane są kryteria wyboru tunelu spośród dostępnych – każdy z członków zestawu zawiera wartości pola EXP ruchu który ma przetransmitować
- CBTS obsługuje ruch VRF, IP-MPLS i MPLS-MPLS

Konfiguracja CBTS

```
interface Tunnel1
 ip unnumbered Loopback0
 tunnel destination 172.16.255.2
 tunnel mode mpls traffic-eng
 tunnel mpls traffic-eng bandwidth 50000 class-type 1
 tunnel mpls traffic-eng path-option 10 dynamic
 tunnel mpls traffic-eng exp 5
!
interface Tunnel2
 ip unnumbered Loopback0
 tunnel destination 172.16.255.2
 tunnel mode mpls traffic-eng
 tunnel mpls traffic-eng bandwidth 100000 class-type 0
 tunnel mpls traffic-eng path-option 10 dynamic
 tunnel mpls traffic-eng exp default
!
interface Tunnel10
 ip unnumbered Loopback0
 tunnel destination 172.16.255.2
 tunnel mode mpls traffic-eng
 tunnel mpls traffic-eng exp-bundle master
 tunnel mpls traffic-eng exp-bundle member Tunnel1
 tunnel mpls traffic-eng exp-bundle member Tunnel2
!
ip route 192.168.0.0 255.255.255.0 Tunnel10
!
```



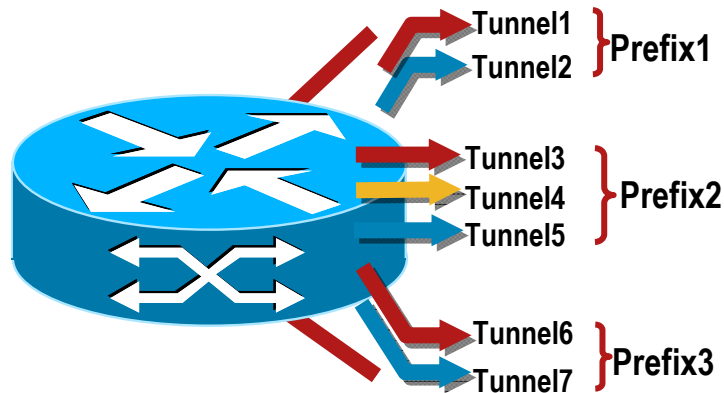
**Tunnel1
przenosi pakiety
z MPLS EXP 5**

**Tunnel2
przenosi pakiety
z MPLS EXP
innym niż 5**

**Tunnel10
zdefiniowany
jako master dla
Tunnel2 i
Tunnel1**

**CBTS
wykonywany na
192.168.0.0/24
przez Tunnel10**

Wybór tunelu według polityki: PBTS



FIB

Prefix1, exp 5	tunnel-te1
Prefix1, *	tunnel-te2
Prefix2, exp 5	tunnel-te3
Prefix2, exp 2	tunnel-te4
Prefix2, *	tunnel-te5
Prefix3, exp 5	tunnel-te6
Prefix3, *	tunnel-te7

- Wybór tunelu na podstawie pola EXP pomiędzy **wieloma tunelami** do **tego samego węzła docelowego**
- Lokalny mechanizm po stronie początku tunelu (nie wymaga rozszerzeń w istniejących IGP)
- Tunele skonfigurowane przez `policy-class` z **jedną** wartością pola EXP ruchu, który mają przerosić
- Tunel bez `policy-class` pracuje jako domyślny
- CBTS obsługuje ruch VRF, IP-MPLS i MPLS-MPLS

Konfiguracja PBTS (Cisco IOS XR)

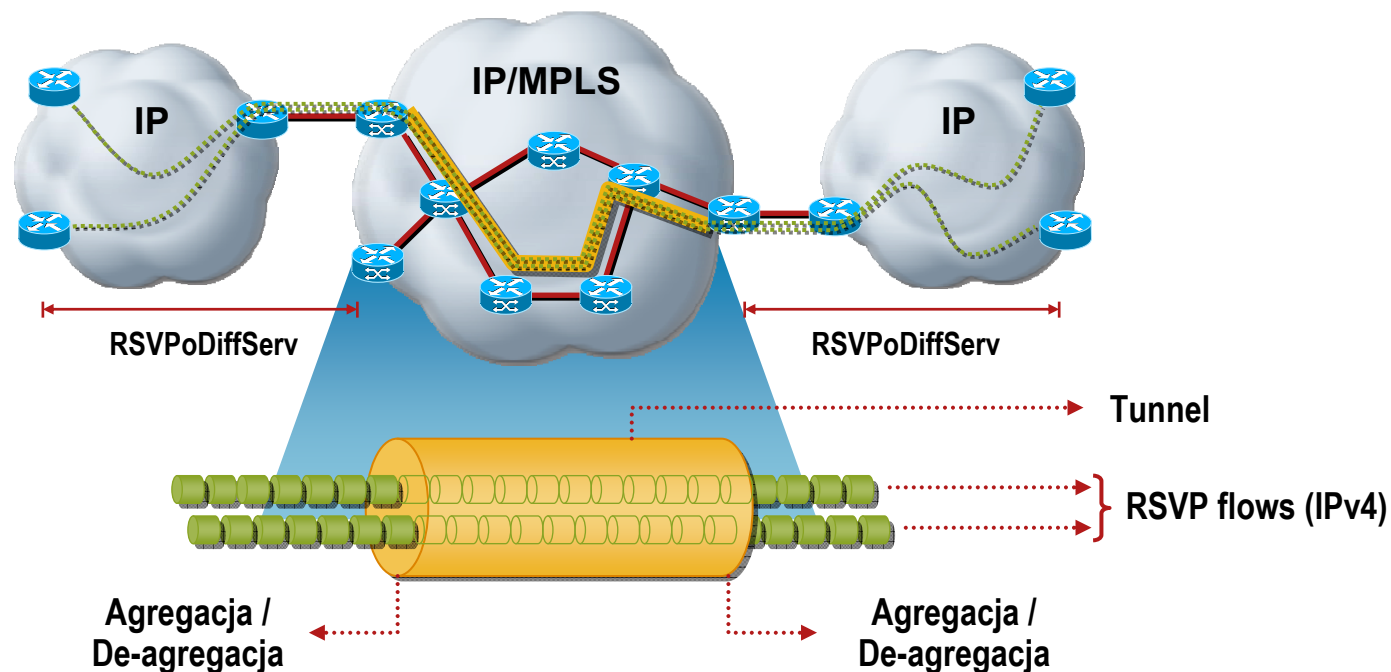
```
interface tunnel-te1
  ipv4 unnumbered Loopback0
  autoroute announce
  signalled-bandwidth 10000
  destination 172.16.255.2
  policy-class 5
  path-option 10 explicit name PATH1
  path-option 20 dynamic
!
interface tunnel-te2
  ipv4 unnumbered Loopback0
  autoroute announce
  signalled-bandwidth 50000
  destination 172.16.255.2
  path-option 10 explicit name PATH2
  path-option 20 dynamic
!
```



**tunnel-te1
przenosi pakiety
z MPLS EXP 5**

**tunnel-te2
przenosi pakiety
z MPLS EXP
innym niż 5
(domyślny)**

Mechanizmy Admission Control



- Tunel agreguje potoki RSVP (IPv4)
- Brak stanu per-flow w forwarding plane (tylko DiffServ) i control plane (w sieci MPLS TE)
- Rozszerzenia w RSVP zapewniają kontrolę całościową (Receiver Proxy, Sender Notification, Fast Local Repair)

Konfiguracja Admission Control

```
interface Tunnell
  ip unnumbered Loopback0
  tunnel destination 172.16.255.2
  tunnel mode mpls traffic-eng
  tunnel mpls traffic-eng autoroute announce
  tunnel mpls traffic-eng priority 7 7
  tunnel mpls traffic-eng bandwidth 100000
  tunnel mpls traffic-eng path-option 10 dynamic
  ip rsvp policy local default
  maximum senders 200
  maximum bandwidth single 1000
  forward all
  ip rsvp bandwidth 100000
!
interface GigabitEthernet3/3/0
  ip address 192.168.0.1 255.255.255.254
  service-policy output OUT-POLICY
  ip rsvp bandwidth percent 10
  ip rsvp listener outbound reply
  ip rsvp data-packet classification none
  ip rsvp resource-provider none
!
ip rsvp qos
!
```



Pasmo

Lokalna polityka RSVP (200 flows max, 1Mbps per flow max)

Maksymalne pasmo do zarezerwowania

Polityka QoS interfejsu (DiffServ)

Maksymalne pasmo do zarezerwowania

Włączenie RSVP receiver proxy

Brak klasyfikacji flow RSVP

Brak kolejkowania flow RSVP

Globalne aktywowanie per-flow RSVP

Możliwości MPLS TE:

Inżynieria ruchowa
pomiędzy domenami



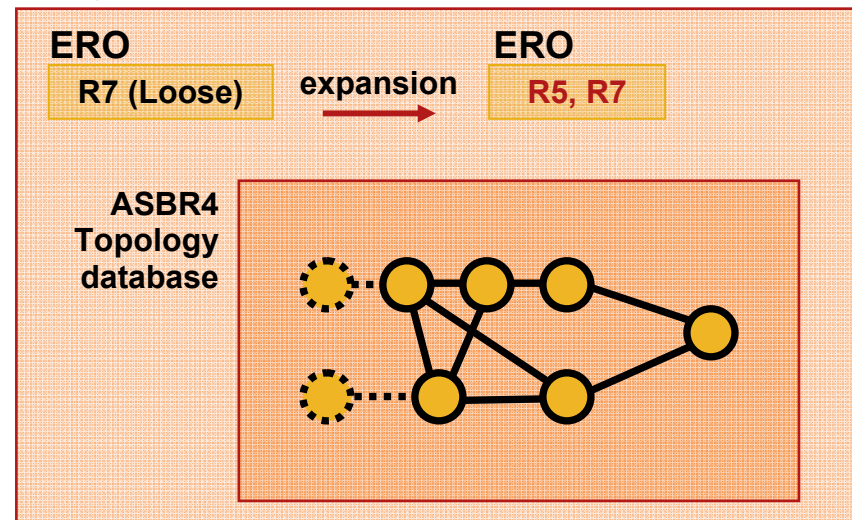
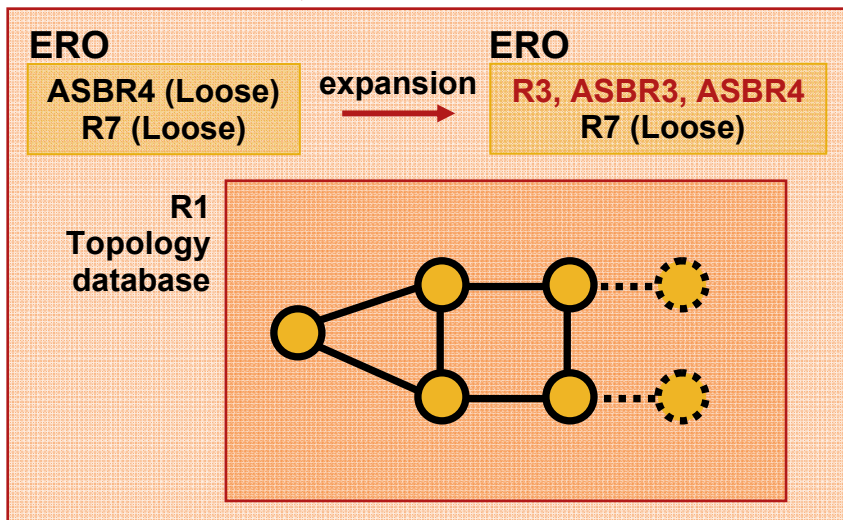
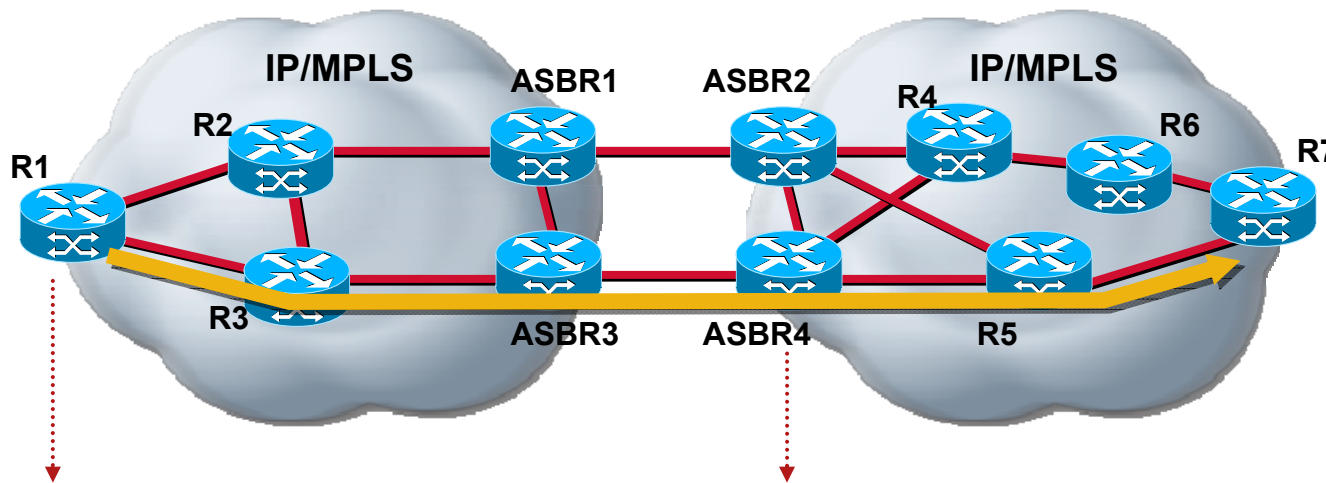
Wprowadzenie

- Domena zdefiniowana jako obszar IGP lub system autonomiczny
- Źródło tunelu nie ma informacji o pełnej topologii sieci prowadzącej do końca tunelu
- Dwa sposoby na wyliczenie trasy:
 - per-domena (ERO loose-hop expansion)
 - dystrybuowana (Path Computation Element)

Tunel MPLS TE liczony per domena





ERO loose-hop expansion

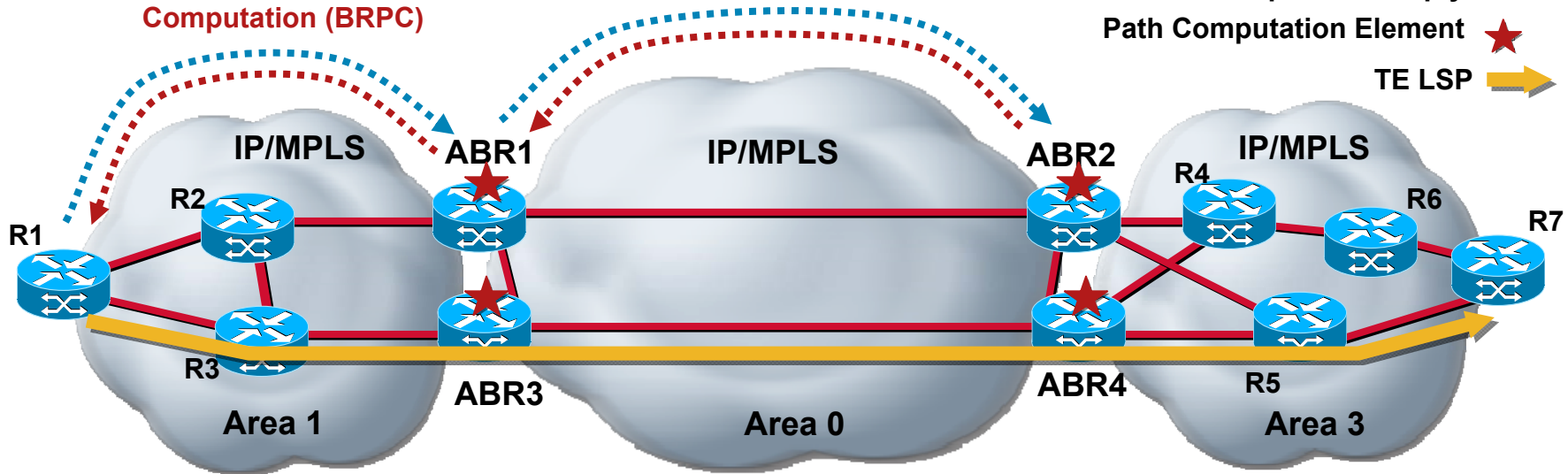
 Inter-AS TE LSP



Tunnel MPLS TE per-element Path Computation Element

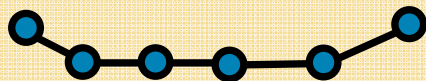
Backward Recursive PCE-based
Computation (BRPC)

Path Computation Request 
 Path Computation Reply 
 Path Computation Element 
 TE LSP 

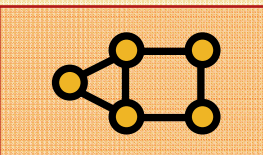


R1

Path (cost 500):
R3, ABR3, ABR4, R5, R7



R1
Topology
database



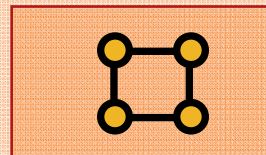
ABR1

Path1 (cost 400): ABR1, ABR2, R4, R6 R7

Path2 (cost 300): ABR3, ABR4, R5, R7



ABR1
Topology
database
(area 0)



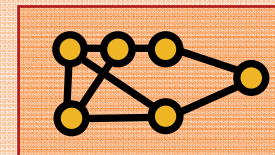
ABR2

Path1 (cost 300): ABR2, R4, R6 R7

Path2 (cost 200): ABR4, R5, R7



ABR2
Topology
database
(area 3)



Konfiguracja PCE (Cisco IOS XR)

Źródło tunelu

```
interface tunnel-te1
  description FROM-ROUTER-TO-DST2
  ipv4 unnumbered Loopback0
  destination 172.16.255.1
  path-option 10 dynamic pce
!
router static
  address-family ipv4 unicast
    172.16.255.1/32 tunnel-te1
!
!
```



Użyj wykrytych PCE do wyliczenia trasy

Statyczne mapowanie trasy na tunnel-te1

PCE

```
mpls traffic-eng
  pce deadtimer 30
  pce address ipv4 172.16.255.129
  pce keepalive 10
!
```

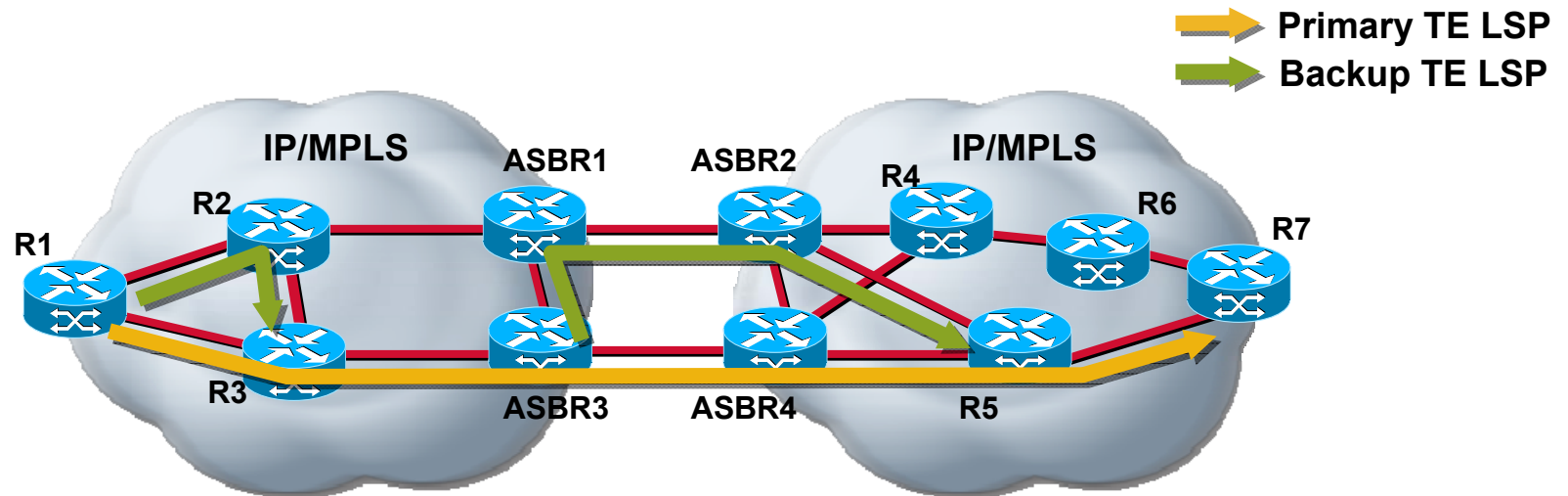


Zignoruj sąsiada jeśli nie odpowie na keepalive po 30 sekundach

Rozgłoś atrybut PCE pod IP 172.16.255.129

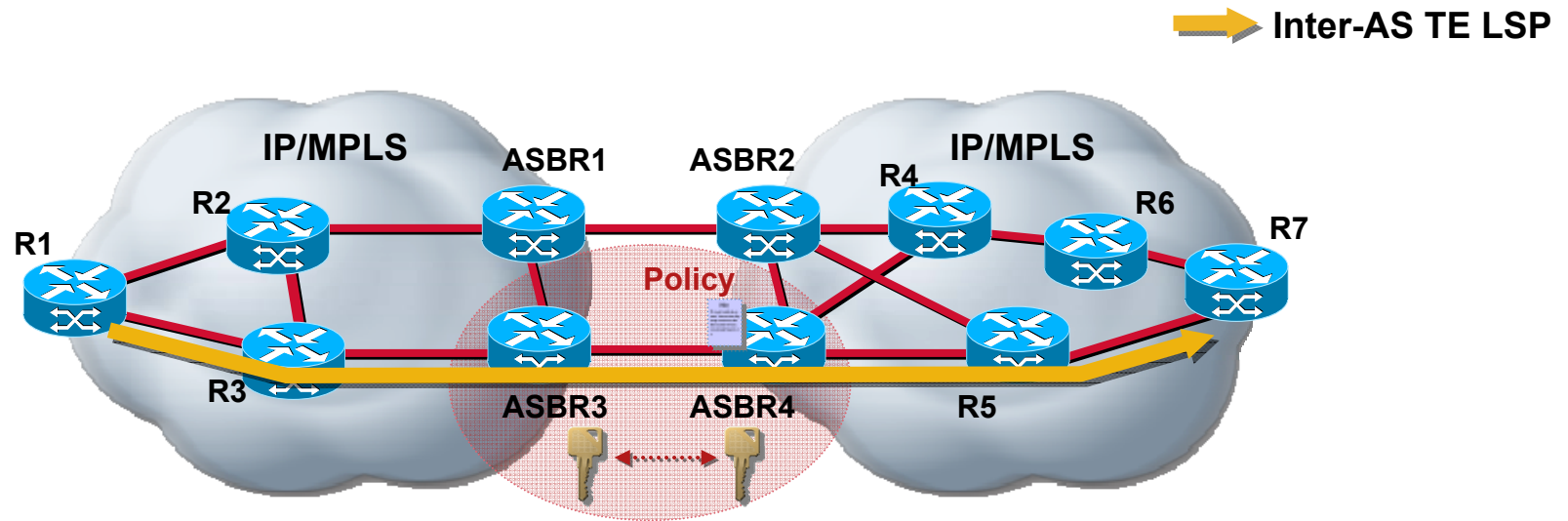
Wyślij pakiet keepalive co 10 sekund

Inter-Domain TE – Fast Re-Route



- Taka sama konfiguracja jak w topologii z jedną domeną
- Wymagane jest wsparcie dla podobiektu NodeID aby chronić ABR/ASBR
- NodeID umożliwia PLR wybranie/wykrycie MP

Inter-Domain TE – uwierzytelnianie




- Uzgodnienia międzydomenowe mogą podlegać kontroli tożsamości i ograniczeniu żądań

ASBR może przeprowadzić uwierzytelnienie ruchu RSVP (MD5/SHA1)

ASBR może wymusić lokalną politykę dla Inter-AS TE LSPs (np. Ograniczyć pasmo, typy wiadomości, sposób ochrony)

Konfiguracja tuneli pomiędzy AS

```
mpls traffic-eng tunnels
!
interface Tunnel1
 ip unnumbered Loopback0
 no ip directed-broadcast
 tunnel destination 172.31.255.5
 tunnel mode mpls traffic-eng
 tunnel mpls traffic-eng priority 7 7
 tunnel mpls traffic-eng bandwidth 1000
 tunnel mpls traffic-eng path-option 10 explicit name LOOSE-PATH
!
ip route 172.31.255.5 255.255.255.255 Tunnel1
!
ip explicit-path name LOOSE-PATH enable
 next-address loose 172.24.255.1
 next-address loose 172.31.255.1
!
```



Wybór trasy „luźno” zdefiniowanej

Statyczne mapowanie ruchu na Tunnel1

Lista **ASBR** jako „luźna” ścieżka

Konfiguracja tuneli pomiędzy AS (ASBR)

```
mpls traffic-eng tunnels
!
key chain A-ASBR1-key
  key 1
    key-string 7 151E0E18092F222A
!
interface Serial1/0
  ip address 192.168.0.1 255.255.255.252
  mpls traffic-eng tunnels
  mpls traffic-eng passive-interface nbr-te-id 172.16.255.4 nbr-igp-id ospf 172.16.255.4
  ip rsvp bandwidth
  ip rsvp authentication key-chain A-ASBR1-key
  ip rsvp authentication type sha-1
  ip rsvp authentication
!
router bgp 65024
  no synchronization
  bgp log-neighbor-changes
  neighbor 172.24.255.3 remote-as 65024
  neighbor 172.24.255.3 update-source Loopback0
  neighbor 192.168.0.2 remote-as 65016
  no auto-summary
!
ip rsvp policy local origin-as 65016
  no fast-reroute
  maximum bandwidth single 10000
  forward all
!
```



Klucz
uwierzytelniają
cy

Dodanie
połączenia
ASBR do
topologii TE

Uwierzytleni
e RSVP

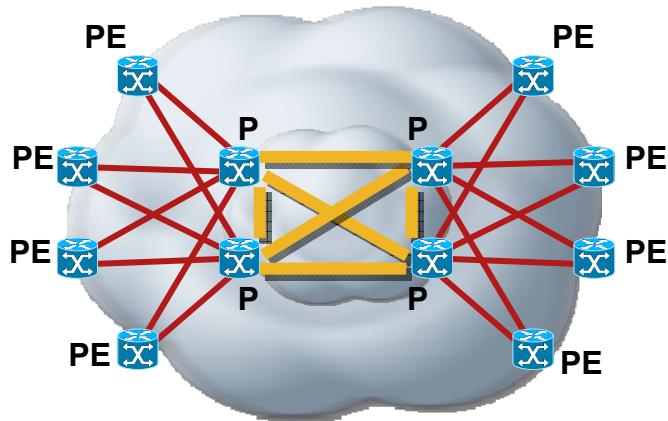
Obsługujemy
sygnalizację
RSVP z
AS65016
jeśli nie
żądata FRR i
10M lub
mniej pasma

Podsumowanie



Jak daleko powinny sięgać tunele?

12 TE LSP



- **Tunele P-to-P**

Wymagają tuneli IP lub LDP ponad tunelami TE aby przenieść ruch VPN

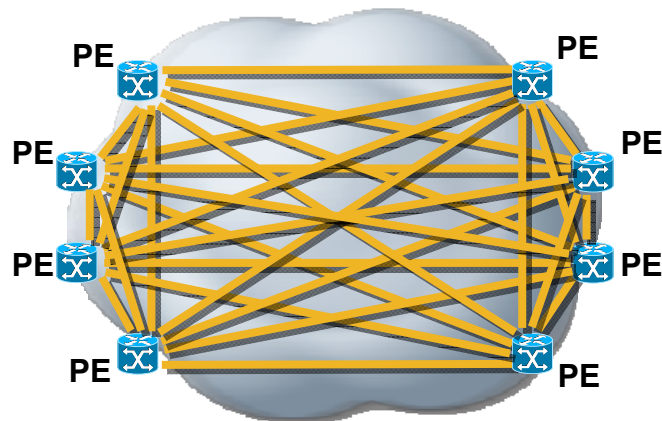
Mniejsza ilość TE LSP

- **Tunele PE-to-PE**

Większa kontrola nad routowanym ruchem

Większa ilość TE LSP

56 TE LSP



MPLS TE na agregacjach portów



- Różne platformy wspierają różne rodzaje agregacji portów
 - Ethernet
 - POS
 - Multilink PPP
- Agregacje pojawiają się jak pojedyncze połączenie w bazie topologii
- Te same reguły jeśli chodzi o rozlewanie informacji o stanie łącza
- Obsługiwane jest LSP preemption jeśli pasmo agregacji staje się niewystarczające (awarie składników fizycznych)
- Konfigurowywalna minimalna ilość połączeń by utrzymać agregację
- Awaria agregacji może spowodować wyzwolenie FRR

MPLS TE na agregacji GE

```
interface Port-channel1
 ip address 172.16.0.0 255.255.255.254
 mpls traffic-eng tunnels
 mpls traffic-eng attribute-flags 0xF
 mpls traffic-eng administrative-weight 20
 ip rsvp bandwidth percent 100
!
interface GigabitEthernet2/0/0
 no ip address
 channel-protocol lacp
 channel-group 1 mode active
!
interface GigabitEthernet2/0/1
 no ip address
 channel-protocol lacp
 channel-group 1 mode active
!
```



Aktywowanie MPLS TE

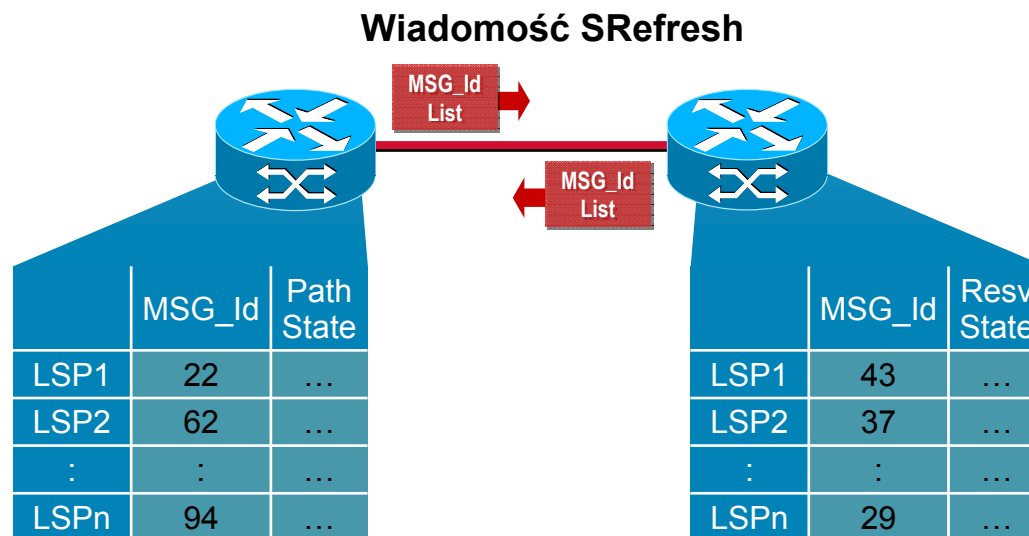
Metryka TE

Maksymalne rezerwowalne pasmo (100% sumarycznego pasma agregacji)

LACP jako protokół negocjacji agregacji

LACP jako protokół negocjacji agregacji

Skalowanie sygnalizacji



- Identyfikator wiadomości (MSG_Id) skojarzony ze stanem PATH/RESV
- Wiadomość Summary Refresh (SRefresh) wysyłana aby odświeżyć stan rezerwacji
- SRefresh zastępuje tylko wiadomości PATH_RESV

Pytania?





Per-VRF Tunnel Selection

```
ip vrf RED
  rd 65172:2
  route-target export 65172:2
  route-target import 65172:2
  bgp next-hop Loopback1
!
interface Loopback0
  ip address 172.16.255.1 255.255.255.255
!
interface Loopback1
  ip address 172.16.255.101 255.255.255.255
!
interface Tunnell
  description FROM-ROUTER-VRF-TO-DST1
  ip unnumbered Loopback0
  tunnel destination 172.16.255.2
  tunnel mode mpls traffic-eng
  tunnel mpls traffic-eng path-option 10 dynamic
!
ip route 172.16.255.102 255.255.255.255 Tunnell
```



**Loopback1
advertised as next
hop for VRF RED**

**Remote next hop
mapped to Tunnell**