



Wykład 4:



Cisco | Networking Academy®
Mind Wide Open™



Wykład 4

- 4.1 Podstawowe pojęcia dotyczące Spanning Tree
- 4.2 Odmiany protokołu Spanning Tree
- 4.3 Konfiguracja Spanning Tree
- 4.4 Podstawowe pojęcia dotyczące agregacji łączy
- 4.5 Konfiguracja agregacji łączy
- 4.6 Konfiguracja HSRP

4.1 Podstawowe pojęcia dotyczące Spanning Tree





Cele Spanning Tree

Nadmiarowość w warstwie 1 i 2 modelu OSI

Kilka połączeń kablowych pomiędzy przełącznikami.

- Zapewniają fizyczną nadmiarowość w przełączanej sieci.
- Zwiększa to niezawodność i dostępność sieci.
- Umożliwia użytkownikom dostęp do zasobów sieciowych, pomimo przerwania jednej ścieżki.

Rzeczy, które należy brać pod uwagę przy implementacji nadmiarowości:

- **Niestabilność bazy adresów MAC** - niestabilność zawartości tablicy adresów MAC może być powodowana odbieraniem kopii tej samej ramki na różnych portach przełącznika. Przekazywanie danych może zostać zakłócone, jeśli przełącznik pochłania swoje zasoby, próbując poradzić sobie z niestabilnością tablicy adresów MAC.
- **Burze rozgłoszeniowe** - bez jakichś procesów umożliwiających unikanie zapętleń każdy przełącznik może zalewać sieć rozgłoszeniami bez końca. Sytuacja taka jest najczęściej nazywana burzą rozgłoszeń.
- **Wielokrotna transmisja ramki** - wiele kopii tych samych ramek jednostkowych może być dostarczanych do stacji docelowej. Szereg protokołów jest przystosowanych do odbierania tylko jednej kopii każdej transmisji. Wiele kopii tej samej ramki może powodować nieodwracalne błędy.



Cele Spanning Tree

Problemy z nadmiarowością w warstwie 1: Niestabilność tablicy MAC

- Ramki Ethernet nie mają atrybutu time to live (TTL).
 - Ramki kontynuują rozchodzenie się pomiędzy przełącznikami bez końca, aż do momentu kiedy połączenie jest uszkodzone, co przerywa pętlę.
 - Skutkuje to niestabilnością tablicy MAC.
 - Może się pojawić w przypadku przesyłania ramek rozgłoszeniowych.
- Jeśli istnieje więcej niż jedna ścieżka przesłania ramki, może pojawić się niekończąca się pętla.
 - Kiedy pojawia się pętla, możliwym jest, że tablica adresów MAC na przełączniku będzie się ciągle zmieniać na podstawie uaktualnień pochodzących z ramek rozgłoszeniowych, co spowoduje niestabilność tablicy MAC.



Cele Spanning Tree

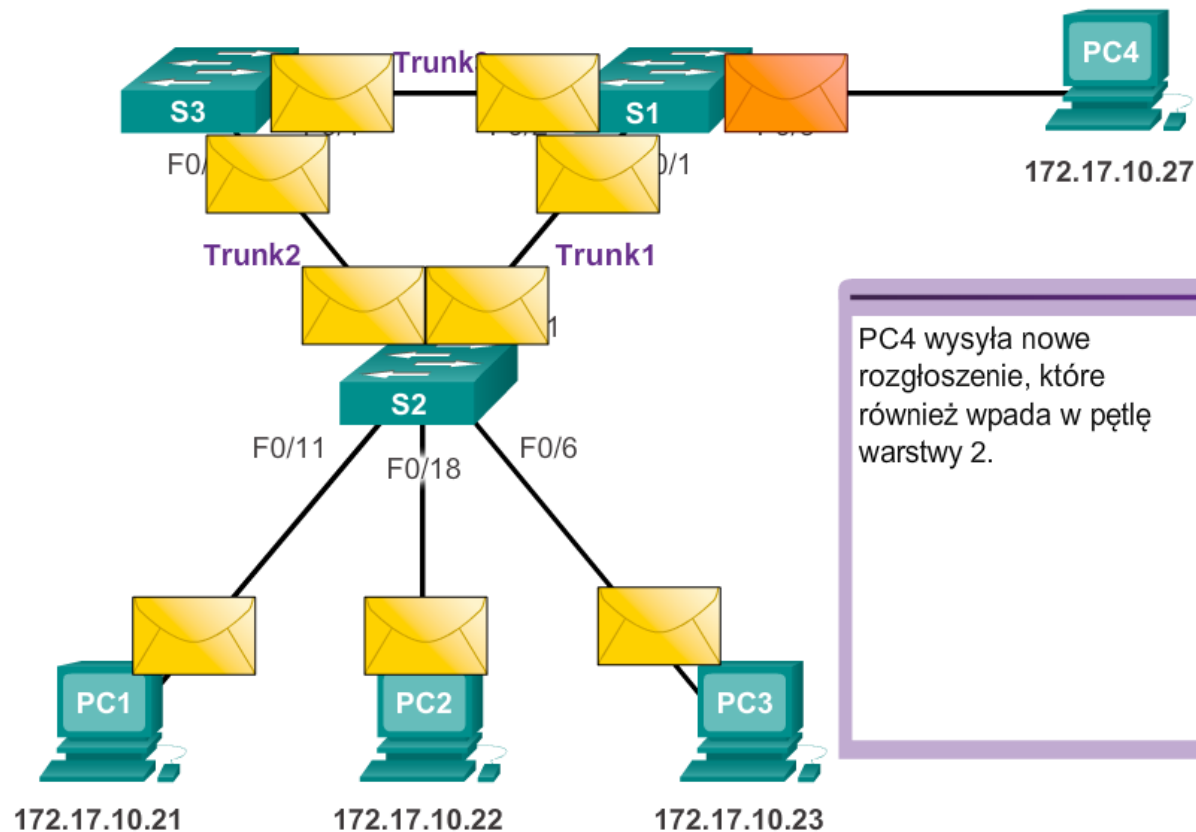
Problemy z nadmiarowością w warstwie 1: Burza rozgłoszeniowa

- Burza rozgłoszeniowa (ang. broadcast storm) ma miejsce, gdy liczba ramek rozgłoszeniowych, które zostały złapane w pętlę na poziomie warstwy 2, jest tak duża, że następuje pełne wykorzystanie dostępnej szerokości pasma. Znany jest również jako odmowa usługi.
- Burza rozgłoszeniowa jest nieunikniona w sieci z fizycznymi pętlami i z wyłączonym protokołem STP.
 - Im więcej urządzeń wysyła rozgłoszenia przez sieć, tym więcej ruchu może wpaść w pętlę, powodując zużycie coraz większych zasobów.
 - To w efekcie stwarza burzę rozgłoszeniową, która powoduje awarię sieci.



Cele Spanning Tree

Problemy z nadmiarowością w warstwie 1: Burza rozgłoszeniowa





Cele Spanning Tree

Problemy z nadmiarowością w warstwie 1: Powielone ramki unicast

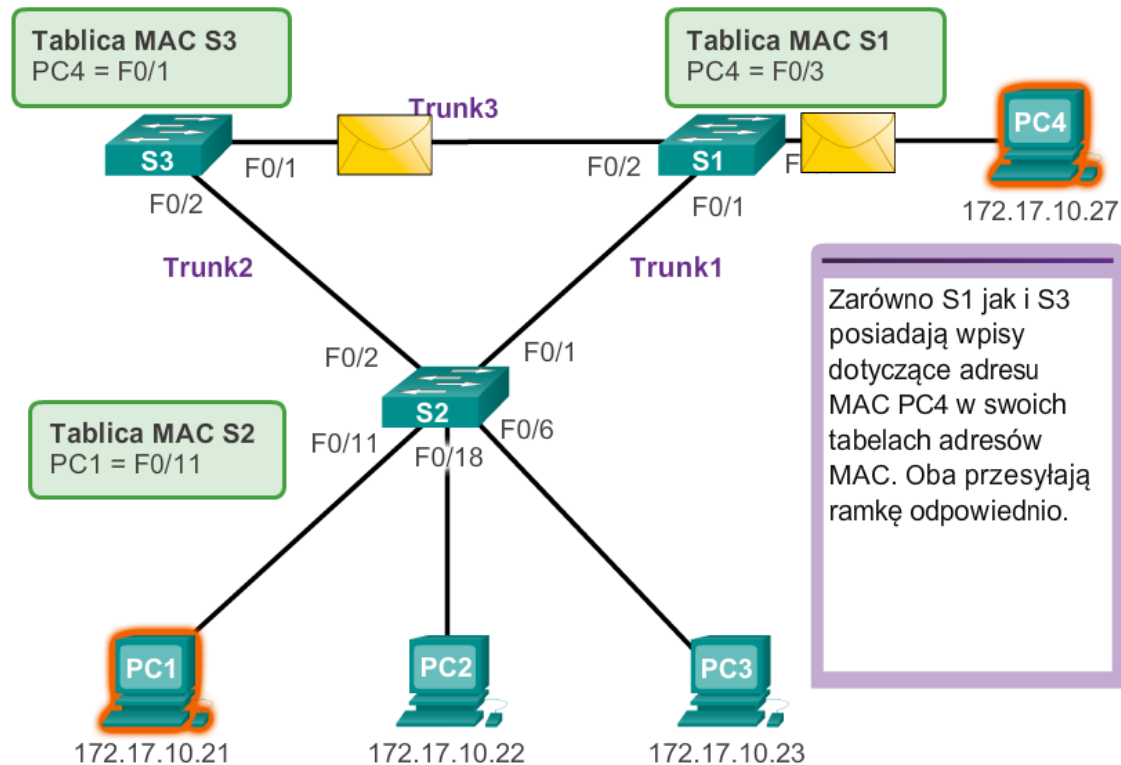
- Ramki typu unicast wysłane na zapętloną sieć mogą powodować pojawienie się powielonych ramek na urządzeniu docelowym.
- Większość protokołów warstw górnych nie jest zaprojektowana pod kątem wykrywania ani radzenia sobie z powielonymi transmisjami.
- Protokoły warstwy 2, takie jak Ethernet, nie mają mechanizmu służącego do wykrywania i eliminowania krążących bez końca ramek.



Cele Spanning Tree

Problemy z nadmiarowością w warstwie 1: Powielone ramki unicast

Duplikat ramki jednostkowej





Działanie STP

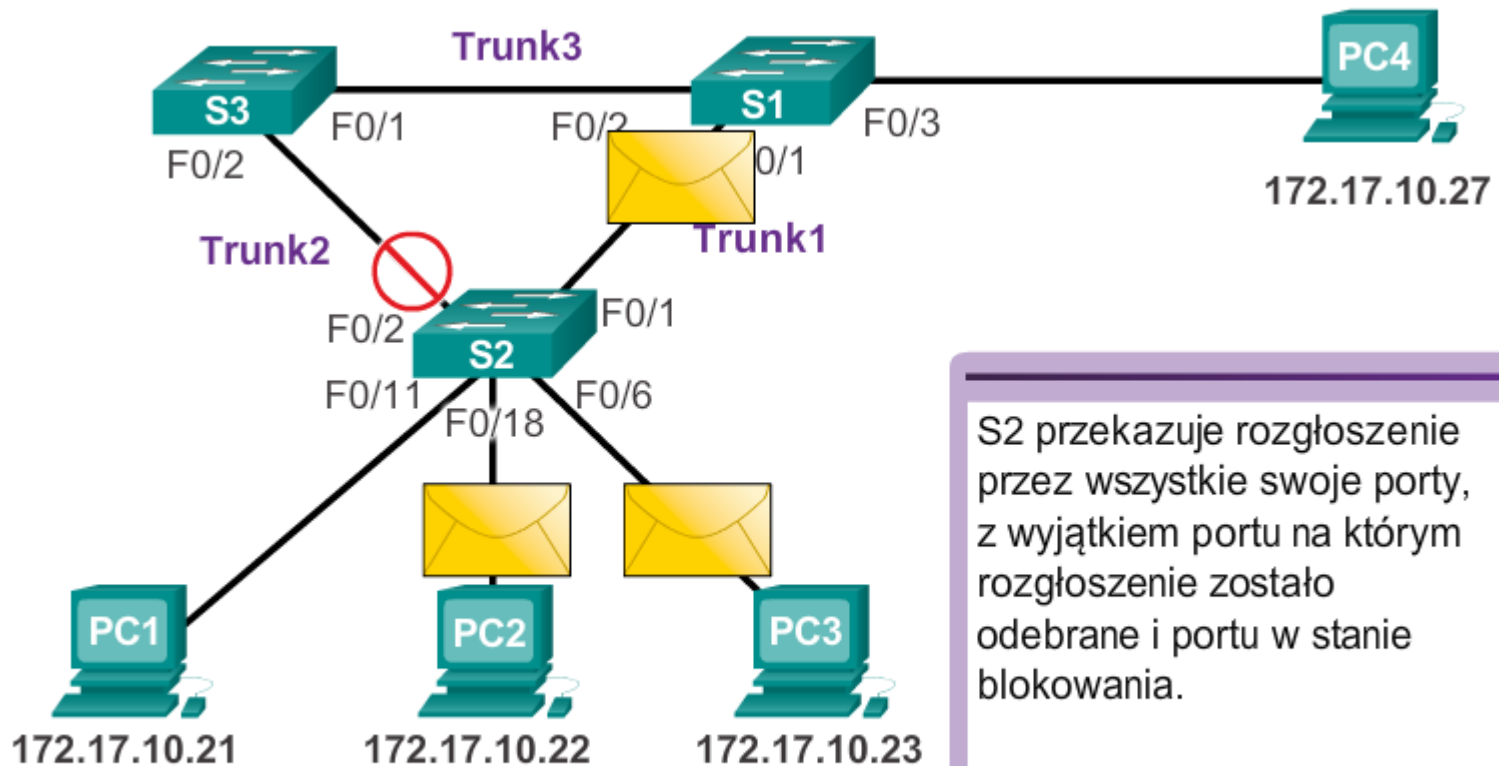
Algorytm spanning tree: Wprowadzenie

- Zadaniem protokołu STP jest zapewnienie tylko jednej logicznej ścieżki pomiędzy sieciami docelowymi, poprzez zablokowanie nadmiarowych połączeń.
- Port uważany jest za zablokowany, kiedy dane użytkownika nie mogą zostać odebrane lub wysłane z portu. Nie dotyczy to komunikatów BPDU (bridge protocol data unit), używanych przez STP do zapobiegania pętlom.
- Fizyczne ścieżki dalej istnieją aby zapewnić nadmiarowość, ale są one wyłączone w celu wyeliminowania możliwości pojawienia się pętli.
- Jeśli ścieżka okaże się potrzebna, w razie wystąpienia awarii kabla sieciowego lub przełącznika, to protokół STP ponownie obliczy ścieżki i odblokuje porty niezbędne do uaktywnienia ścieżki.



Działanie STP

Algorytm spanning tree: Wprowadzenie

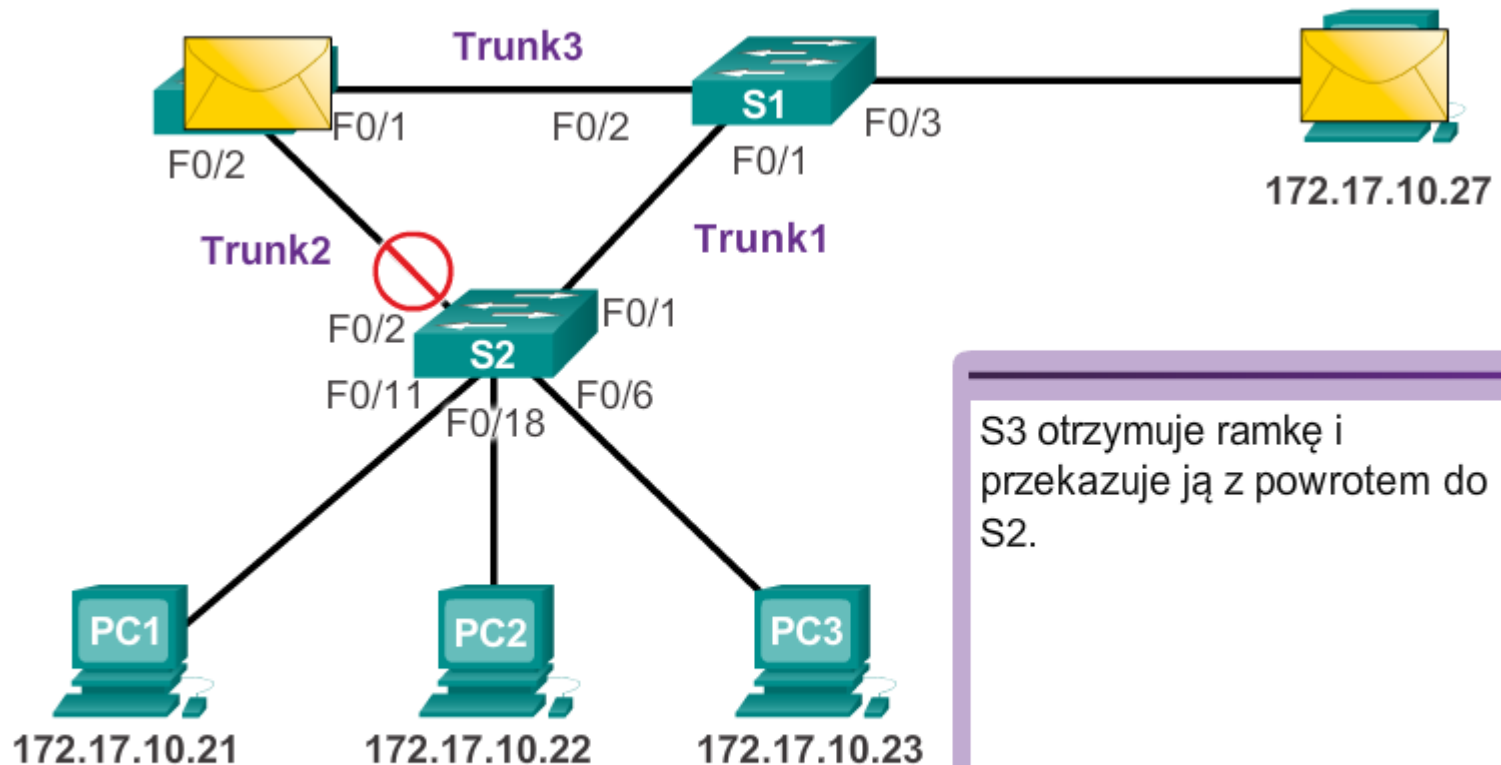


S2 przekazuje rozgłoszenie przez wszystkie swoje porty, z wyjątkiem portu na którym rozgłoszenie zostało odebrane i portu w stanie blokowania.



Działanie STP

Algorytm spanning tree: Wprowadzenie

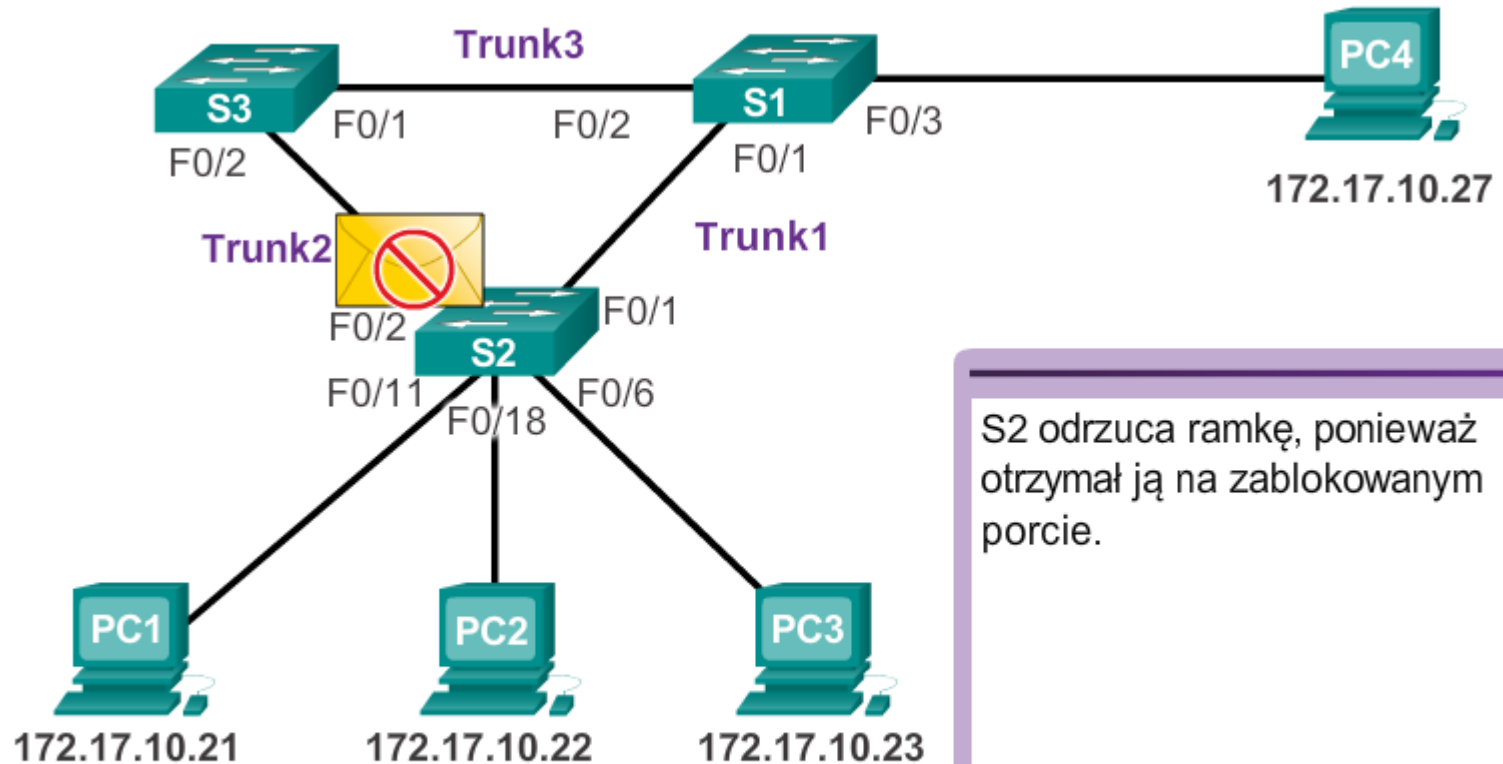


S3 otrzymuje ramkę i przekazuje ją z powrotem do S2.



Działanie STP

Algorytm spanning tree: Wprowadzenie

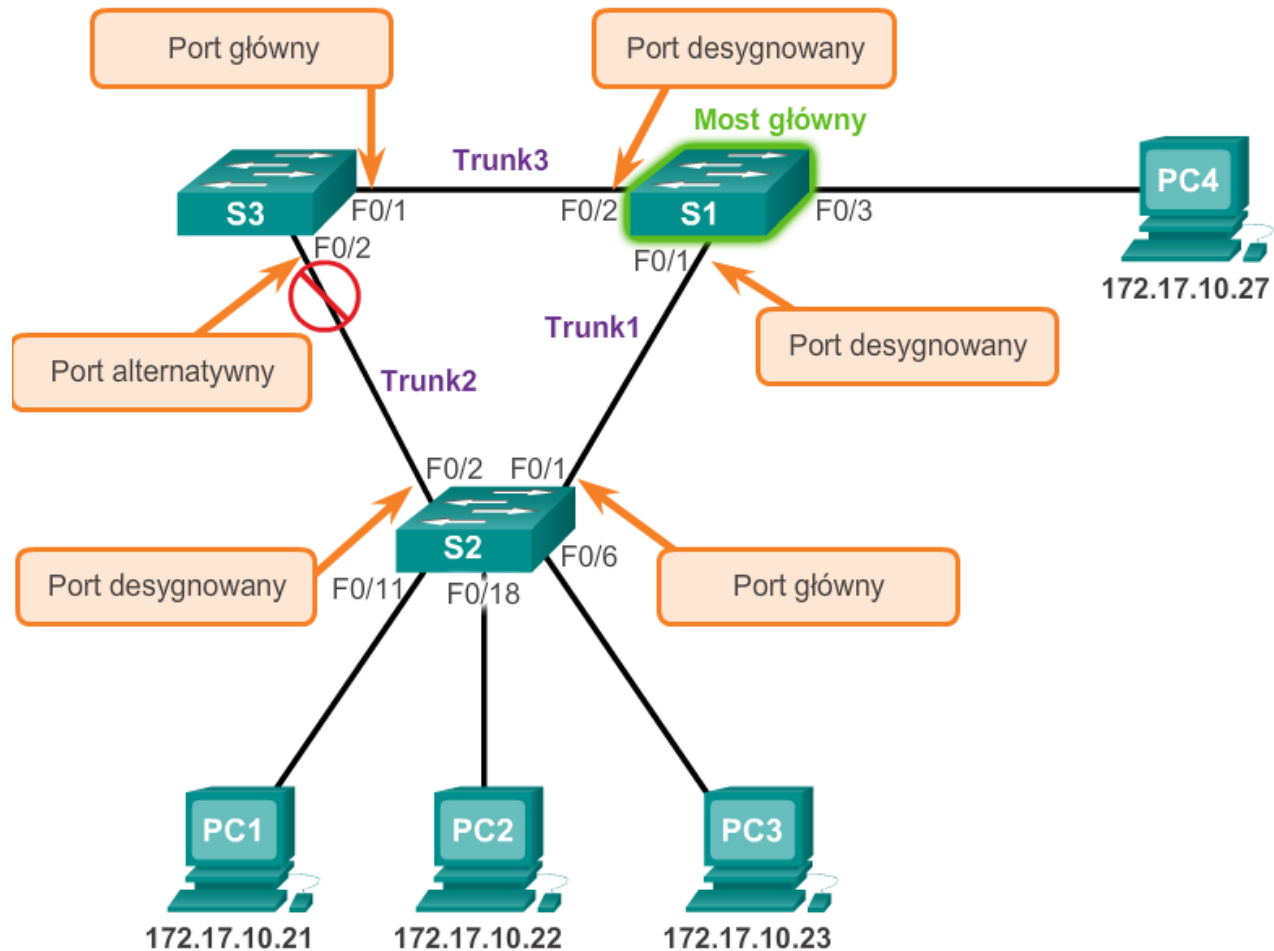


S2 odrzuca ramkę, ponieważ otrzymał ją na zablokowanym porcie.



Działanie STP

Algorytm spanning tree: Role portu

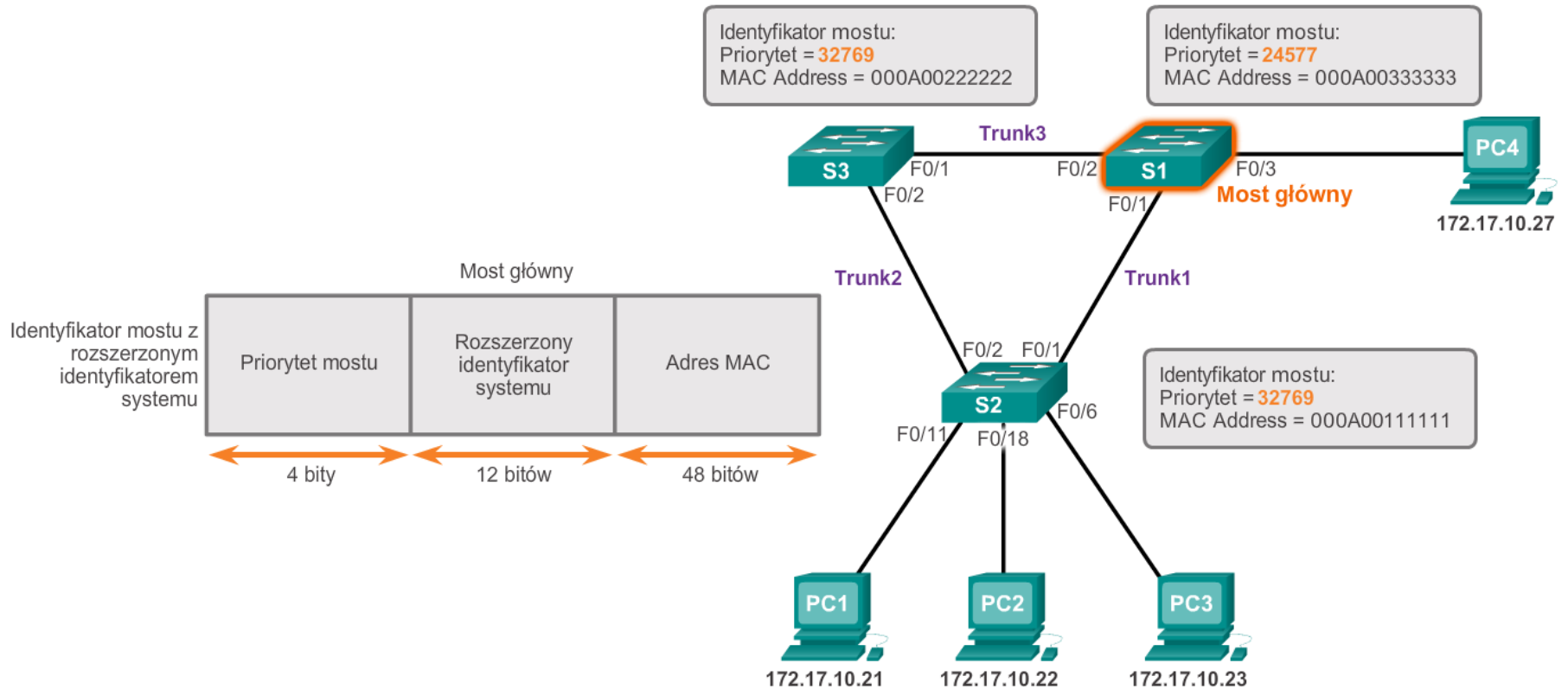




Działanie STP

Algorytm spanning tree: Most główny

Most główny





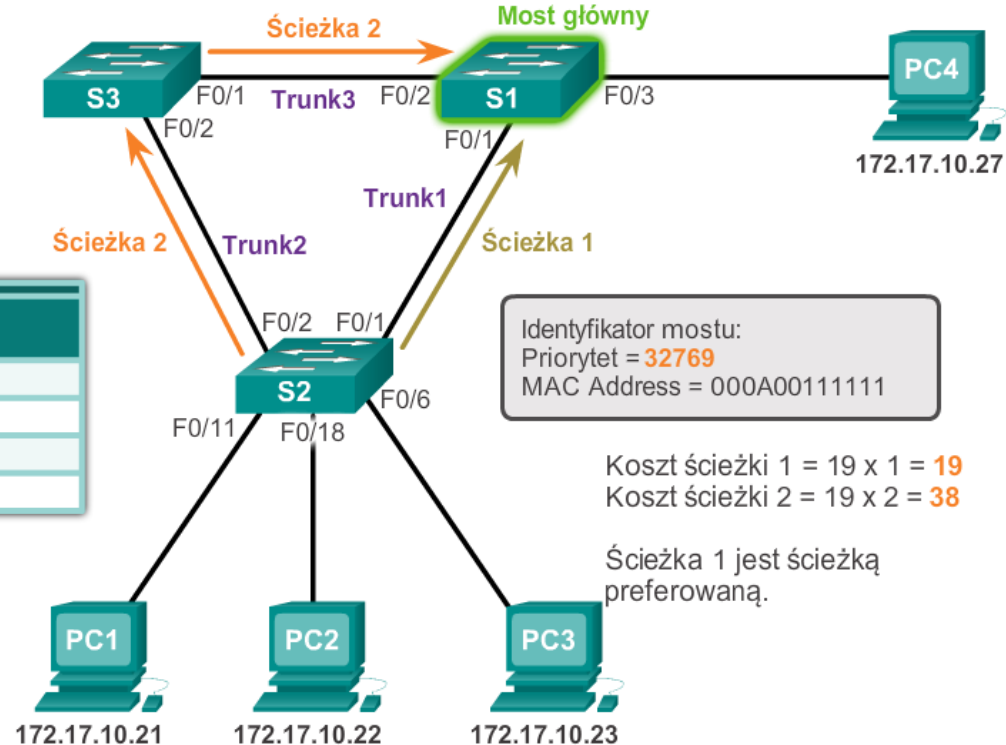
Działanie STP

Algorytm spanning tree: Koszt ścieżki

| Szybkość łącza | Koszt (Uaktualniona specyfikacja IEEE) | Koszt (Pierwotna specyfikacja IEEE) |
|----------------|--|-------------------------------------|
| 10 Gb/s | 2 | 1 |
| 1 Gb/s | 4 | 1 |
| 100 Mb/s | 19 | 10 |
| 10 Mb/s | 100 | 100 |

Identyfikator mostu:
 Priorytet = **32769**
 MAC Address = 000A00222222

Identyfikator mostu:
 Priorytet = **24577**
 MAC Address = 000A00333333





Działanie STP

Format ramki BPDU 802.1D

```

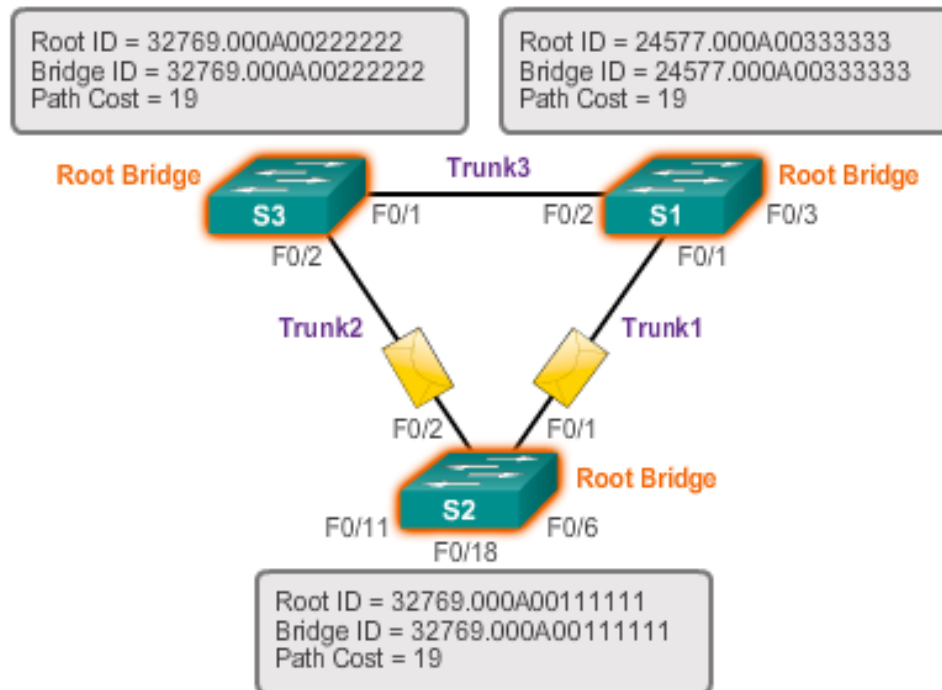
+ Frame 1 (60 bytes on wire, 60 bytes captured)
- IEEE 802.3 Ethernet
  + Destination: Spanning-tree-(for-bridges)_00 (01:80:c2:00:00:00)
  + Source: Cisco_9e:93:03 (00:19:aa:9e:93:03)
    Length: 38
    Trailer: 000000000000000000
  + Logical-Link Control
  - Spanning Tree Protocol
    Protocol Identifier: spanning tree protocol (0x0000)
    Protocol Version Identifier: Spanning Tree (0)
    BPDU Type: Configuration (0x00)
  + BPDU flags: 0x01 (Topology Change)
    Root Identifier: 24577 / 00:19:aa:9e:93:00
    Root Path Cost: 0
    Bridge Identifier: 24577 / 00:19:aa:9e:93:00
    Port identifier: 0x8003
    Message Age: 0
    Max Age: 20
    Hello Time: 2
    Forward Delay: 15
  
```



Działanie STP

Rozsyłanie i przetwarzanie ramek BPDU

The BPDU Process

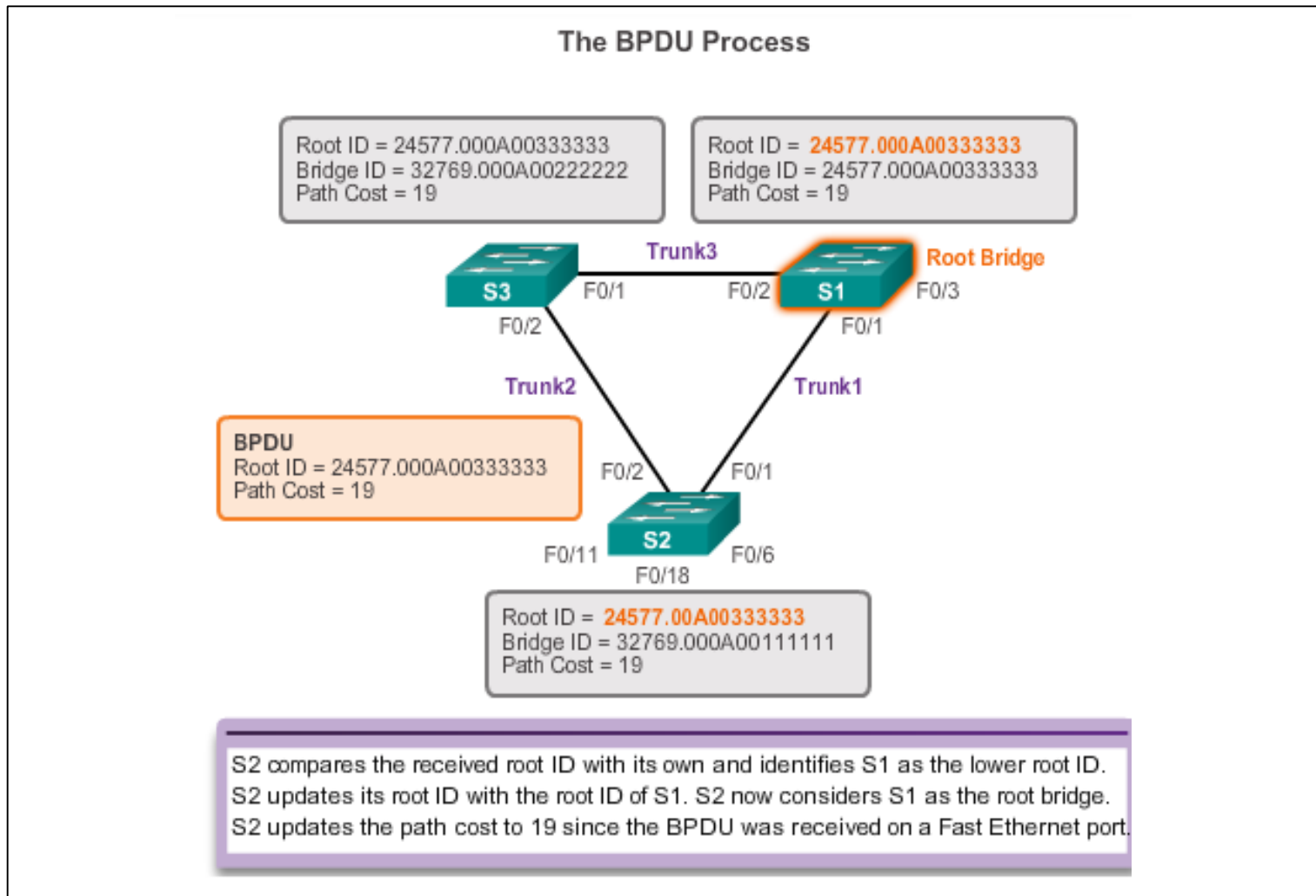


S2 forwards BPDU frames out of all switch ports. The BPDU frame contains the bridge ID and the root ID of S2 indicating that it is the root bridge.



Działanie STP

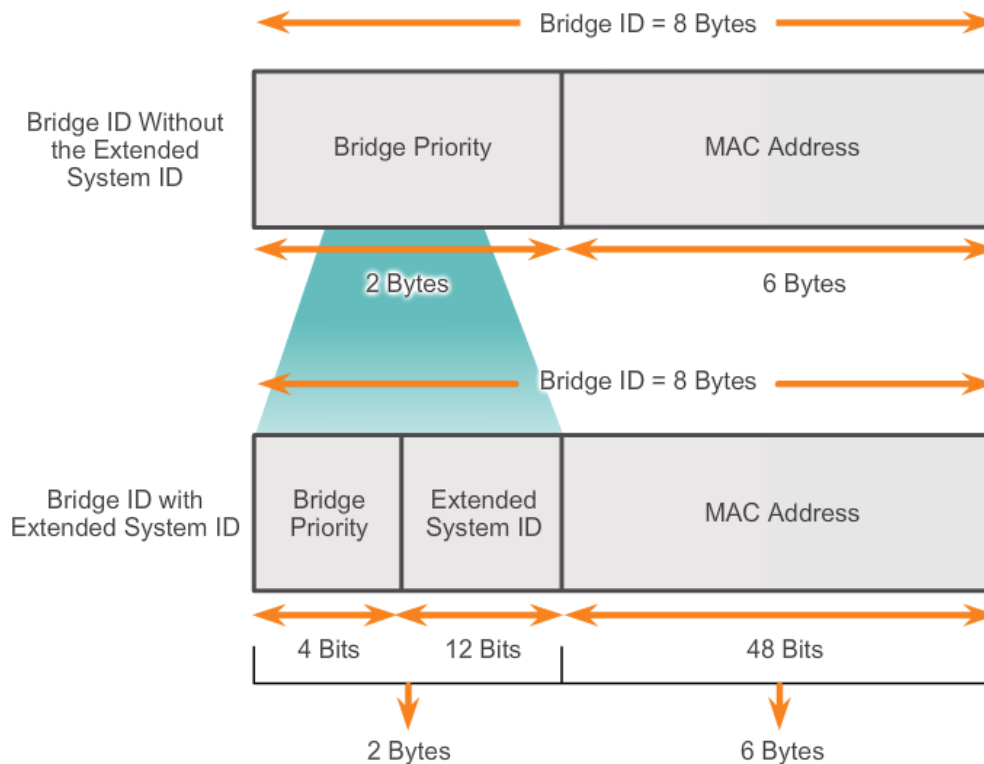
Rozsyłanie i przetwarzanie ramek BPDU





Działanie STP

Rozszerzony identyfikator systemu

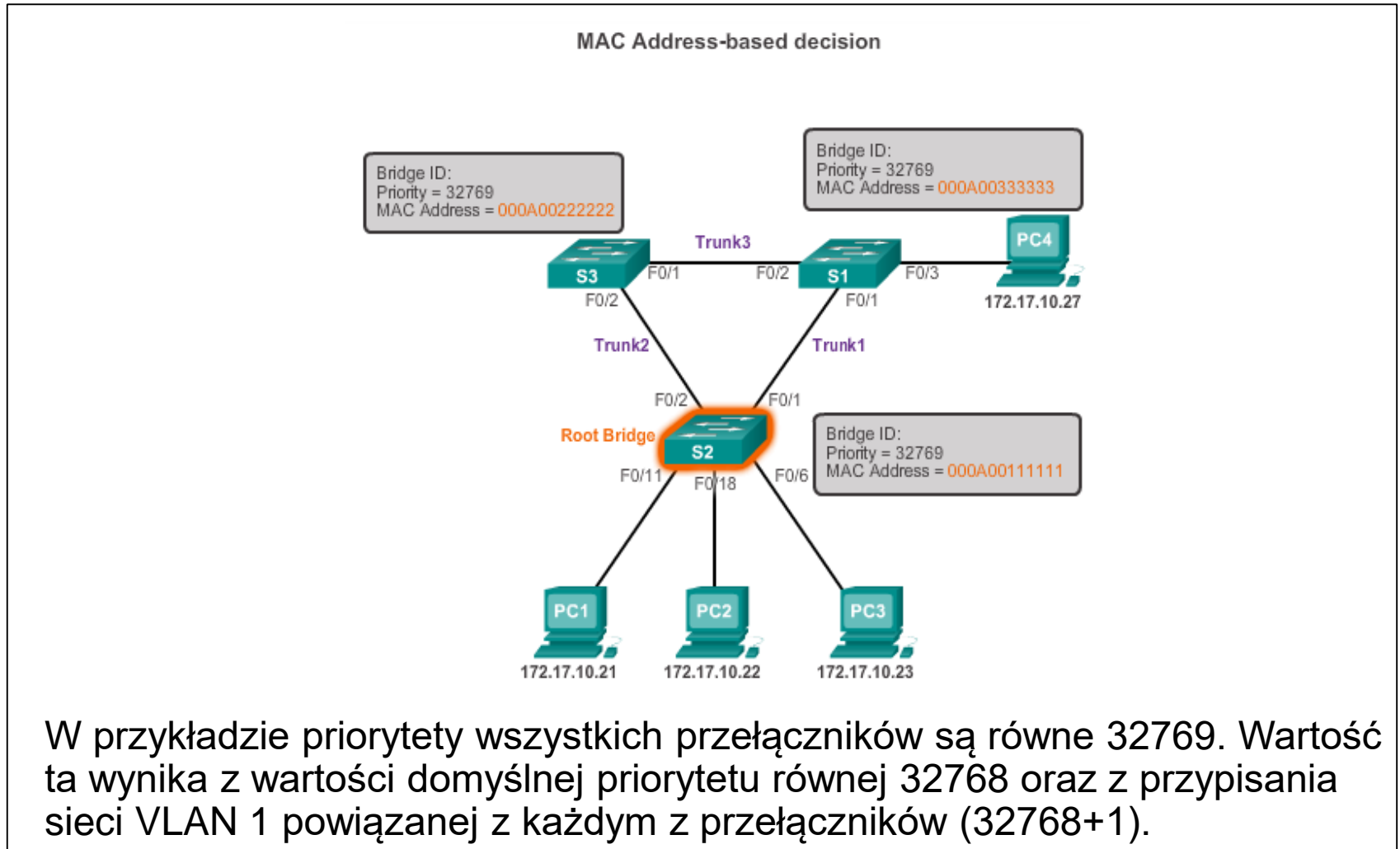


STP zostało rozszerzone w celu obsługi sieci VLAN, co wymagało dołączenia do ramki BPDU identyfikatora VLAN w postaci rozszerzonego identyfikatora systemu



Działanie STP

Rozszerzony identyfikator systemu



4.2 Odmiiany protokołu Spanning Tree





Omówienie

Lista protokołów Spanning Tree

- STP lub inaczej IEEE 802.1D-1998
- PVST+
- IEEE 802.1D-2004
- Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP) czy inaczej IEEE 802.1w
- Rapid PVST+
- Multiple Spanning Tree Protocol (MSTP) czy inaczej IEEE 802.1s



Omówienie STP

Charakterystyka protokołów Spanning Tree

| Protokół | Standard | Potrzebne zasoby | Konwergencja | Obliczanie drzewa |
|-------------|---------------|---------------------|--------------|----------------------|
| STP | 802.1D | Niski | Wolny | Wszystkie sieci VLAN |
| PVST+ | Cisco | Wysoki | Wolny | Na VLAN |
| RSTP | 802.1w | Medium transmisyjne | Szybki | Wszystkie sieci VLAN |
| Rapid PVST+ | Cisco | Bardzo wysoki | Szybki | Na VLAN |
| MSTP | 802.1s, Cisco | Średni lub wysoki | Szybki | Na interfejs |



PVST+

Omówienie PVST+

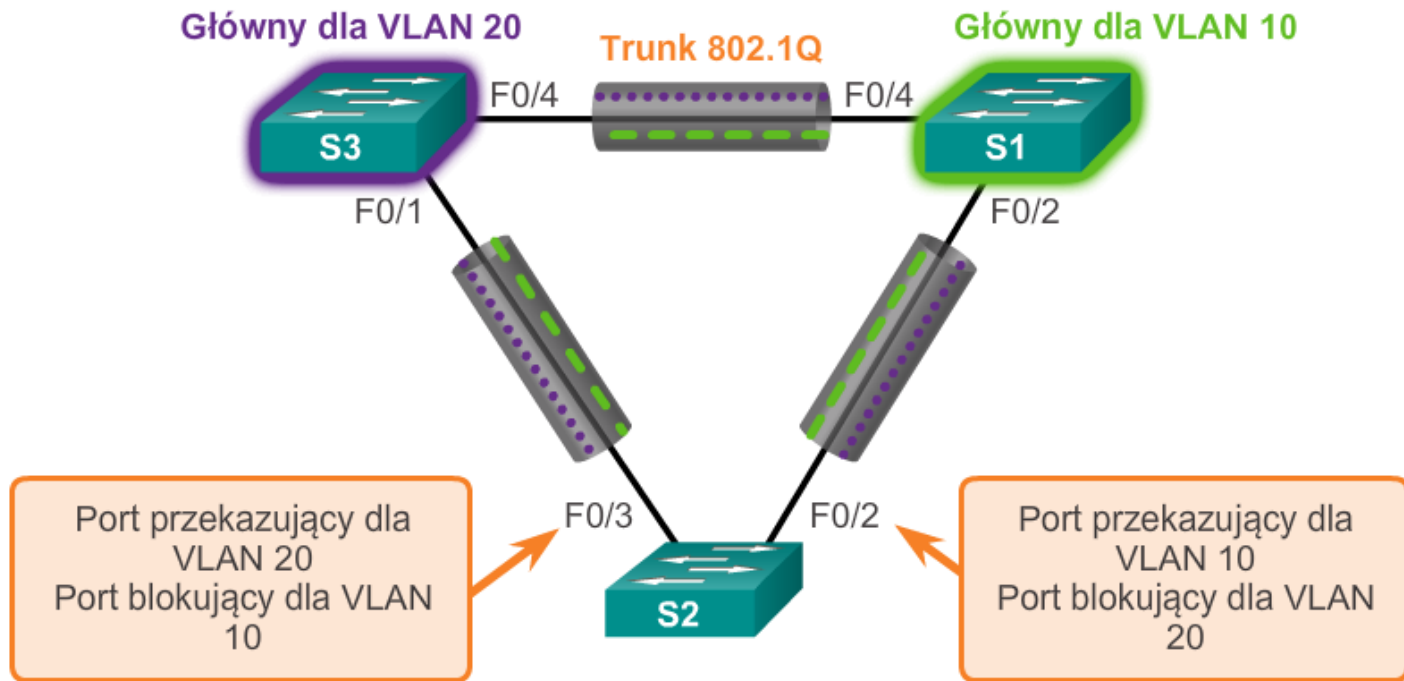
Sieć wykorzystująca protokół PVST+ posiada następujące cechy:

- W sieci może działać wiele niezależnych instancji protokołu IEEE 802.1D STP, osobno dla każdej sieci VLAN.
- Może skutkować optymalnym równoważeniem obciążenia.
- Jedna instancja spanning-tree utrzymywana dla każdej sieci VLAN może oznaczać znaczącą stratę cykli CPU dla wszystkich przełączników w sieci. A dodatkowo zużycie przepustowości, która jest używana przez każdą instancję do wysyłania swoich ramek BPDU.



PVST+

Omówienie PVST+



VLAN 10 - - - - -

VLAN 20



PVST+

Stany portów a działanie PVST+

W STP definiuje się pięć stanów portów:

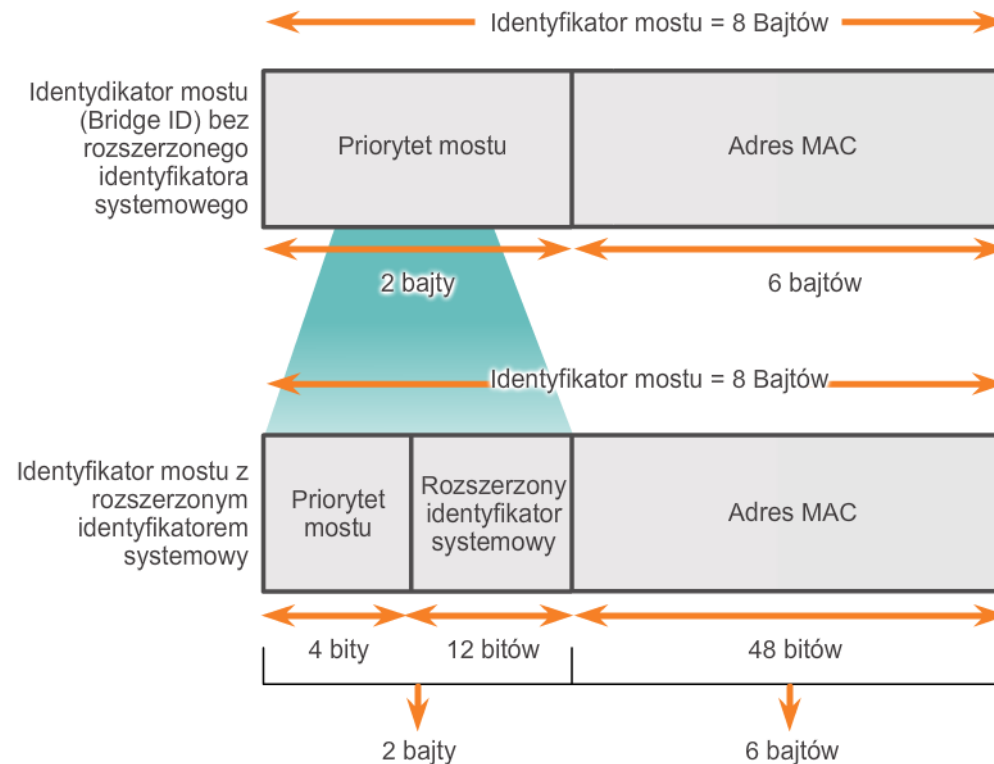
| | Stan portu | | | | |
|---|------------|---------------|-------------|---------------|-----------|
| Działanie dozwolone | Blokowanie | Nasłuchiwanie | Uczenie się | Przekazywanie | Wyłączony |
| Może odbierać i przetwarzać ramki BPDU | TAK | TAK | TAK | TAK | NIE |
| Może przekazywać ramki danych otrzymane na interfejsie | NIE | NIE | NIE | TAK | NIE |
| Może przekazywać ramki danych przełączane z innego interfejsu | NIE | NIE | NIE | TAK | NIE |
| Może uczyć się adresów MAC | NIE | NIE | TAK | TAK | NIE |



PVST+

Rozszerzony identyfikator systemu a działanie PVST+

- W środowisku PVST+ rozszerzony identyfikator przełącznika zapewnia, że wszystkie przełączniki mają unikalne BID dla każdej sieci VLAN.
- Na przykład dla sieci VLAN 2 domyślny BID miałby wartość 32770; priorytet 32768 plus rozszerzony identyfikator systemu 2.





Rapid PVST+

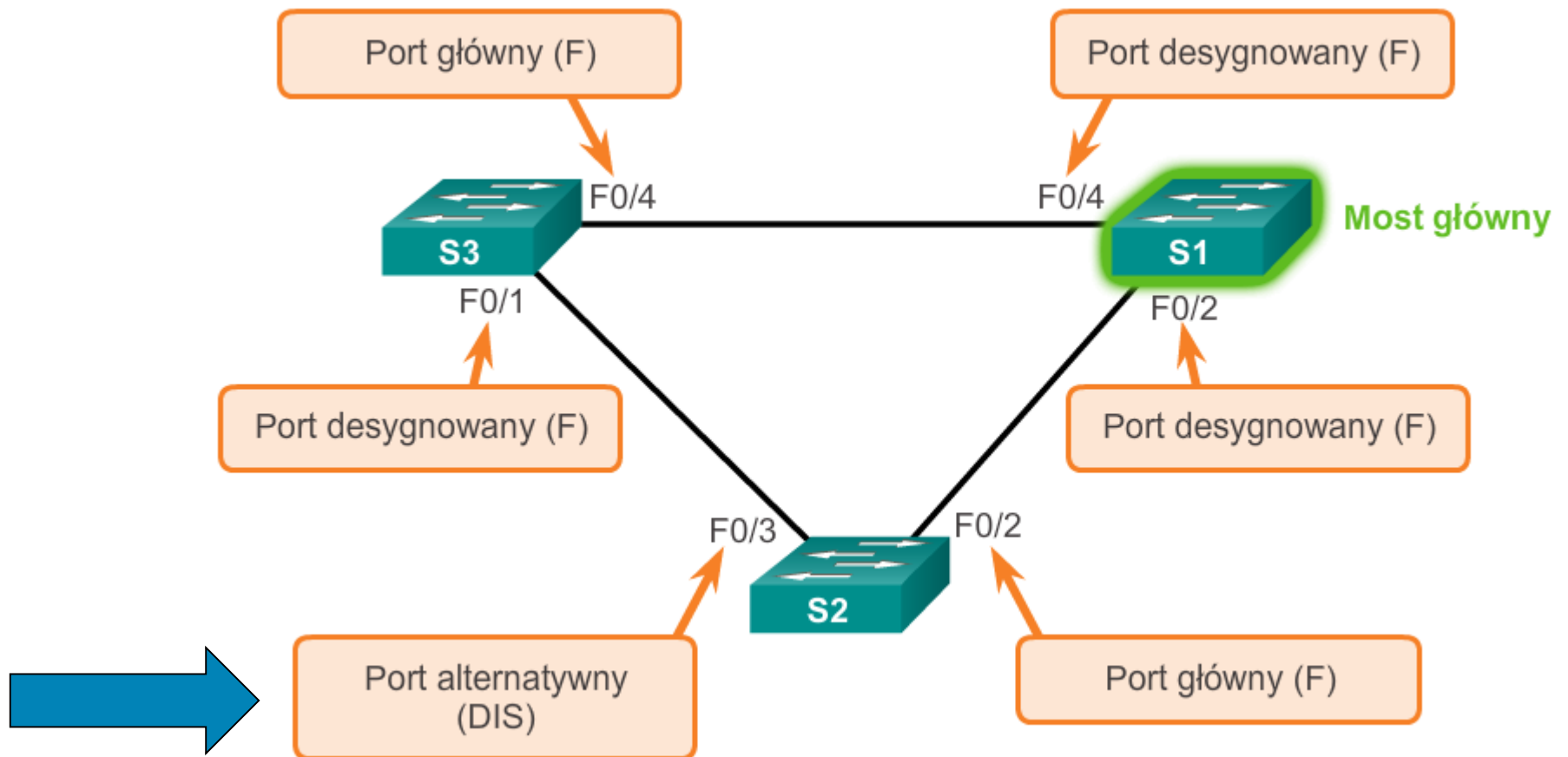
Omówienie Rapid PVST+

- RSTP jest preferowanym protokołem do zapobiegania powstawaniu pętli na poziomie warstwy 2 w środowisku sieci przełączanych.
- W Rapid PVST+ dla każdej z sieci VLAN utworzona zostaje niezależna instancja RSTP.
- RSTP wprowadza nowy rodzaj portu: port alternatywny w stanie odrzucania.
- Nie ma portów w stanie blokowania. RSTP definiuje stany portów jako odrzucające, uczące się oraz przekazujące.
- RSTP (802.1w) zastępuje STP (802.1D) z jednoczesnym zapewnieniem wstecznej kompatybilności
- RSTP zachowuje taki sam format ramki BPDU jak IEEE 802.1D, za wyjątkiem tego, że pole wersji jest ustawione na 2, wskazując na użycie RSTP, a także pole znaczników używa wszystkich 8 bitów.



Rapid PVST+

Omówienie Rapid PVST+





Rapid PVST+ BPDU RSTP

BPDU protokołu RSTP w wersji 2

| Pole | Długość w bajtach |
|-------------------------------------|-------------------|
| Identyfikator protokołu=0x0000 | 2 |
| Identyfikator wersji protokołu=0x02 | 1 |
| Rodzaj BPDU=0X02 | 1 |
| Flagi | 1 |
| Root ID | 8 |
| Koszt ścieżki do mostu głównego | 4 |
| Identyfikator mostu | 8 |
| Identyfikator portu | 2 |
| Wiek komunikatu | 2 |
| Wiek maksymalny | 2 |
| Czas Hello | 2 |
| Opóźnienie przekazywania | 2 |

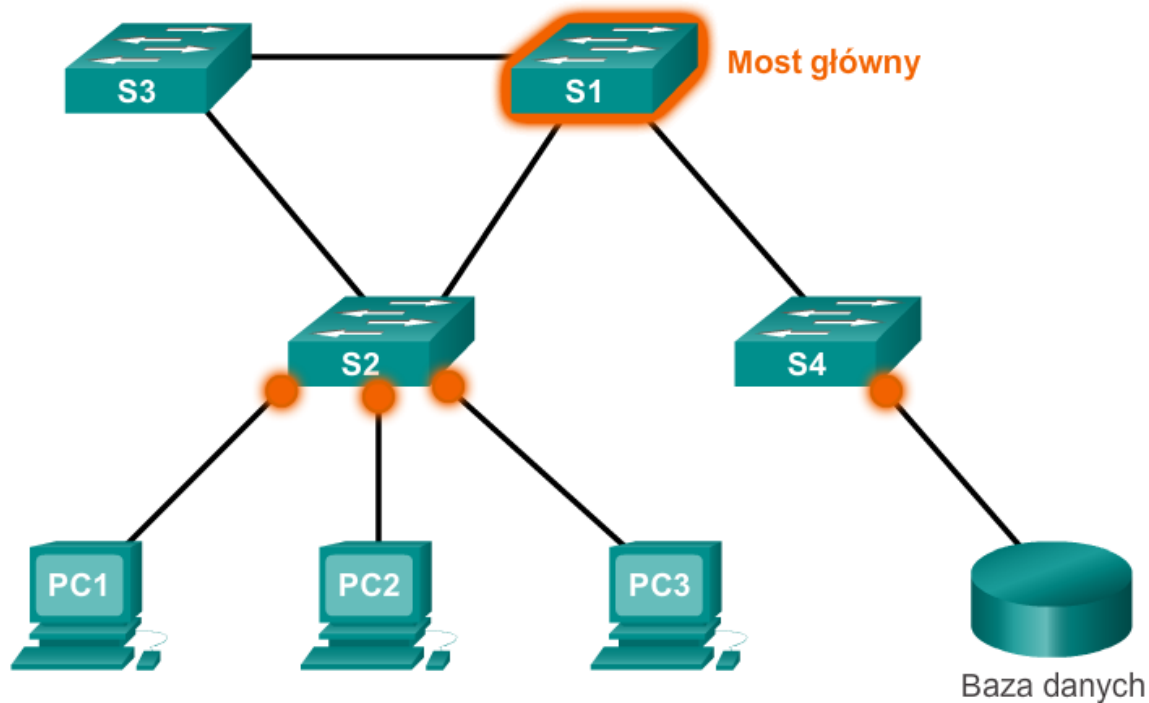
Pole flag

| Pole | Bit |
|----------------------------------|-----|
| Zmiana topologii | 0 |
| Propozycja | 1 |
| Rola portu | 2-3 |
| Port nieznany | 00 |
| Port alternatywny lub zapasowy | 01 |
| Port główny | 10 |
| Port desygnowany | 11 |
| Uczenie | 4 |
| Przekazywanie | 5 |
| Umowa | 6 |
| Potwierdzenie zmiany w topologii | 7 |



Rapid PVST+

Porty brzegowe



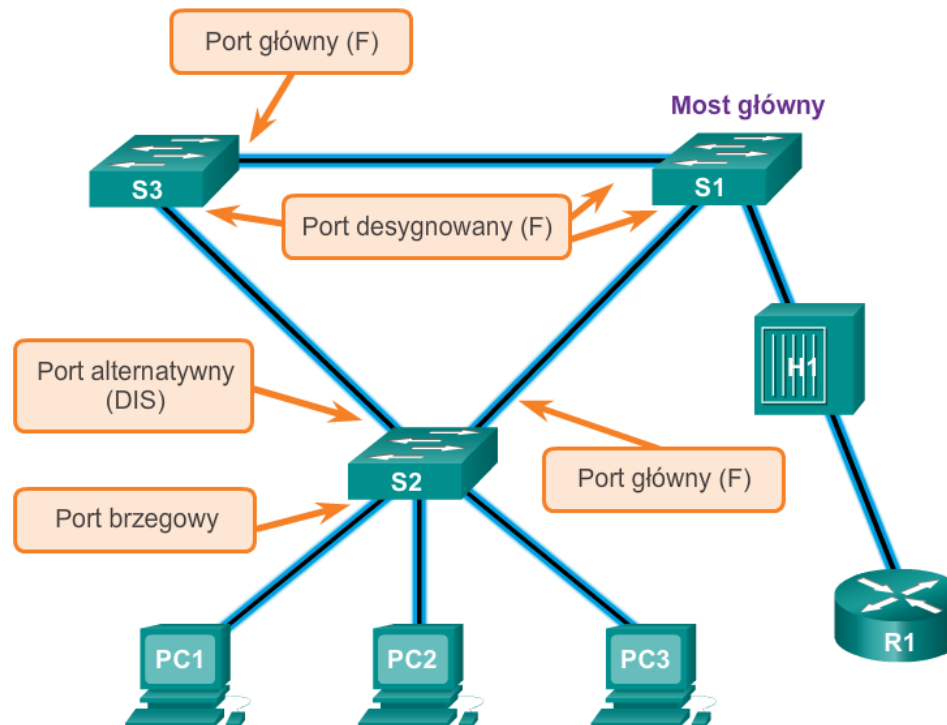
Porty brzegowe

- Nigdy nie będzie połączony z przełącznikiem
- Natychmiast przystępuje do przekazywania ramek
- Posiada podobną funkcjonalność do portu skonfigurowanego jako Cisco PortFast.
- Na przełączniku firmy Cisco konfigurowany jest za pomocą polecenia



Rapid PVST+

Rodzaje połączeń



Rodzaj połączenia może określić, czy port może przejść natychmiast do stanu przekazywania. Połączenia portów brzegowych oraz punkt-punkt są kandydatami do szybkiego przejścia do stanu przekazywania.

4.3 Konfiguracja Spanning Tree





Konfiguracja PVST+

Domyślna konfiguracja Catalyst 2960

| Funkcja | Ustawienie domyślne |
|---|--|
| Stan włączony | Włączony na VLAN 1 |
| Tryb spanning-tree | PVST+ (Rapid PVST+ oraz MSTP są wyłączone.) |
| Priorytet przełącznika | 32768 |
| Priorytet spanning-tree portu (konfigurowalny na bazie interfejsu) | 128 |
| Koszt spanning-tree portu (konfigurowalny na bazie interfejsu) | 1000 Mb/s: 4 100 Mb/s: 19 10 Mb/s: 100 |
| Priorytet spanning-tree portu VLAN (konfigurowalny na bazie VLAN) | 128 |
| Koszt spanning-tree portu VLAN (konfigurowalny na bazie VLAN) | 1000 Mb/s: 4 100 Mb/s: 19 10 Mb/s: 100 |
| Liczniki spanning-tree | Hello time: 2 sekundy Forward-delay time: 15 sekund Maximum-aging time: 20 sekund Transmit hold count: 6 BPDU |



Konfiguracja PVST+ Konfiguracja i weryfikacja identyfikatora mostu

Metoda 1

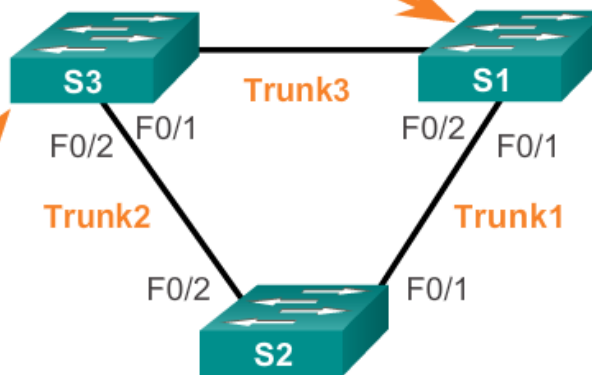
```
s1(config)# spanning-tree VLAN 1 root primary
s1(config)# end
```

Metoda 2

```
s3(config)# spanning-tree VLAN 1 priority 24576
s3(config)# end
```

Metoda 1

```
s2(config)# spanning-tree VLAN 1 root secondary
s2(config)# end
```





Konfiguracja PVST+

Konfiguracja i weryfikacja identyfikatora mostu

```

S3# show spanning-tree
VLAN0001
  Spanning tree enabled protocol ieee
  Root ID      Priority      24577
               Address      00A.0033.3333
               This bridge is the root
  Hello Time   2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
  Bridge ID    Priority      24577 (priority 24576 sys-id-ext 1)
               Address      000A.0033.3333
  Hello Time   2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
  Aging Time   300

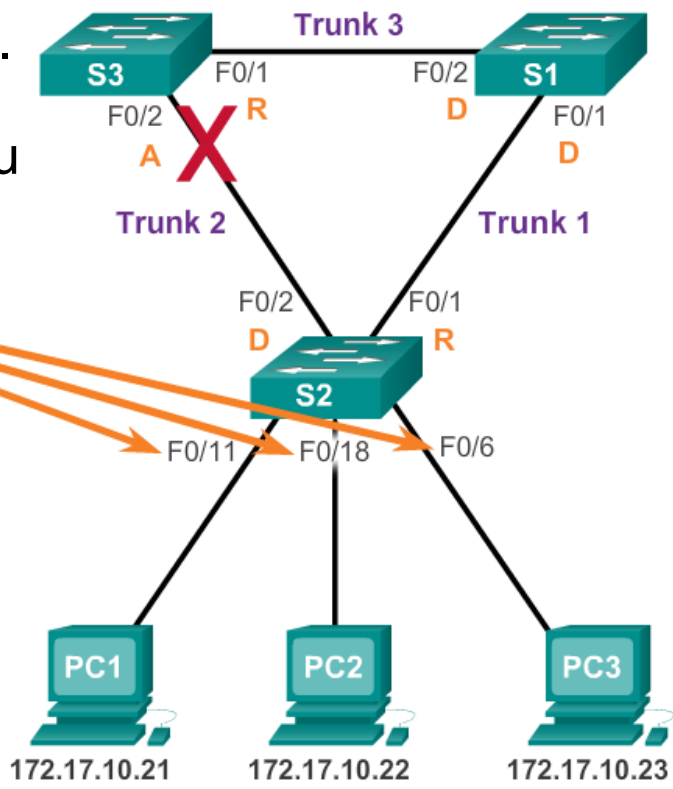
Interface      Role      Sts      Cost      Prio.Nbr      Type
-----
Fa0/1          Desg     FWD      4          128.1         p2p
Fa0/2          Desg     FWD      4          128.2         p2p
S3#
  
```



Konfiguracja PVST+ PortFast i BPDU Guard

- Kiedy port przełącznika jest konfigurowany opcją PortFast, natychmiast przechodzi ze stanu blokowania do stanu przekazywania.
- Opcja BPDU guard przełącza port do stanu *error-disabled* po odebraniu na nim ramki BPDU.

PortFast i BPDU Guard



```

S2(config)# interface FastEthernet 0/11
S2(config-if)# spanning-tree portfast
%Warning: portfast should only be enabled on ports connected to
a single host. Connecting hubs, concentrators, switches,
bridges, etc... to this interface when portfast is enabled,
can cause temporary bridging loops.
Use with CAUTION

%Portfast has been configured on FastEthernet0/11 but will only
have effect when the interface is in a non-trunking mode.
S2(config-if)# spanning-tree bpduguard enable
S2(config-if)# end
    
```

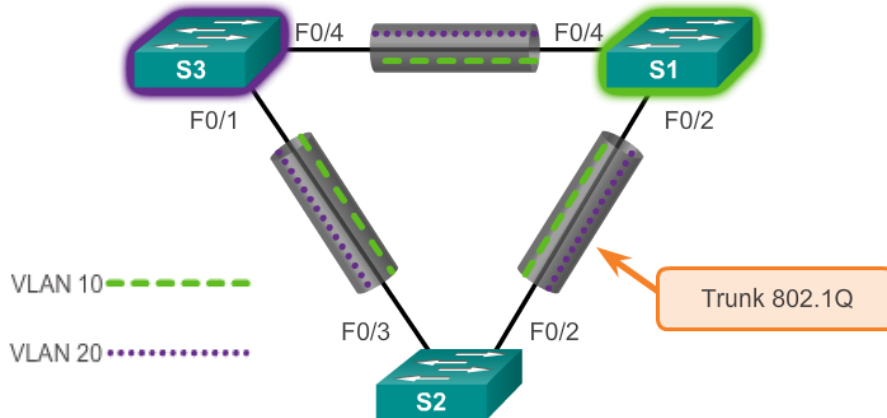


Konfiguracja PVST+

Równoważenie obciążenia w PVST+

Podstawowy most główny dla sieci VLAN 20
Zapasowy most główny dla sieci VLAN 10

Podstawowy most główny dla sieci VLAN 10
Zapasowy most główny dla sieci VLAN 20



```
S3(config)# spanning-tree vlan 20 root primary
```

To polecenie wymusza aby S3 został podstawowym mostem głównym dla sieci VLAN 20.

```
S3(config)# spanning-tree vlan 10 root secondary
```

To polecenie wymusza aby S3 został zapasowym mostem głównym dla sieci VLAN 10.

```
S1(config)# spanning-tree vlan 10 root primary
```

To polecenie wymusza aby S1 został podstawowym mostem głównym dla sieci VLAN 10.

```
S1(config)# spanning-tree vlan 20 root secondary
```

To polecenie wymusza aby S1 został zapasowym mostem głównym dla sieci VLAN 20.



Konfiguracja PVST+

Równoważenie obciążenia w PVST+

- Inną metodą wyboru mostu głównego jest ręczne przypisanie wartości priorytetów dla odpowiednich sieci VLAN.

```
S3(config)# spanning-tree vlan 20 priority 4096
```

To polecenie ustawia niski priorytet dla S3, co prawdopodobnie sprawi, że S3 będzie podstawowym mostem głównym dla sieci VLAN 20.

```
S1(config)# spanning-tree vlan 10 priority 4096
```

To polecenie ustawia niski priorytet dla S1, co prawdopodobnie sprawi, że S1 będzie podstawowym mostem głównym dla sieci VLAN 20.



Konfiguracja PVST+

Równoważenie obciążenia w PVST+

- Wyświetl i sprawdź informacje o konfiguracji spanning tree.

Konfiguracja PVST+

```

S1# show spanning-tree active
<wyniki pominięto>
VLAN0010
  Spanning tree enabled protocol ieee
  Root ID      Priority    4106
                Address    0019.aa9e.b000
                This bridge is the root
                Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
  Bridge ID    Priority    4106 (priority 4096 sys-id-ext 10)
                Address    0019.aa9e.b000
                Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
                Aging Time 300

Interface      Role      Sts      Cost      Prio.Nbr      Type
-----
Fa0/2          Desg     FWD      19         128.2         p2p
Fa0/4          Desg     FWD      19         128.4         p2p
  
```

<wyniki pominięto>



Konfiguracja PVST+

Równoważenie obciążenia w PVST+

Konfiguracja PVST+

```

S1# show running-config
Building configuration...

Current configuration : 1595 bytes
!
version 12.2
<wyniki pominięto>
!
spanning-tree mode pvst
spanning-tree extend system-id
spanning-tree vlan 1 priority 24576
spanning-tree vlan 10 priority 4096
spanning-tree vlan 20 priority 28672
!
<wyniki pominięto>

```



Konfiguracja Rapid PVST+ Tryb Spanning Tree

Protokół Rapid PVST+ to opracowana przez firmę Cisco implementacja protokołu RSTP. Obsługuje RSTP dla każdej sieci VLAN osobno.

```
S1# configure terminal
S1(config)# spanning-tree mode rapid-pvst
S1(config)# interface f0/2
S1(config-if)# spanning-tree link-type point-to-point
S1(config-if)# end
S1# clear spanning-tree detected-protocols
```

Składnia poleceń Cisco IOS

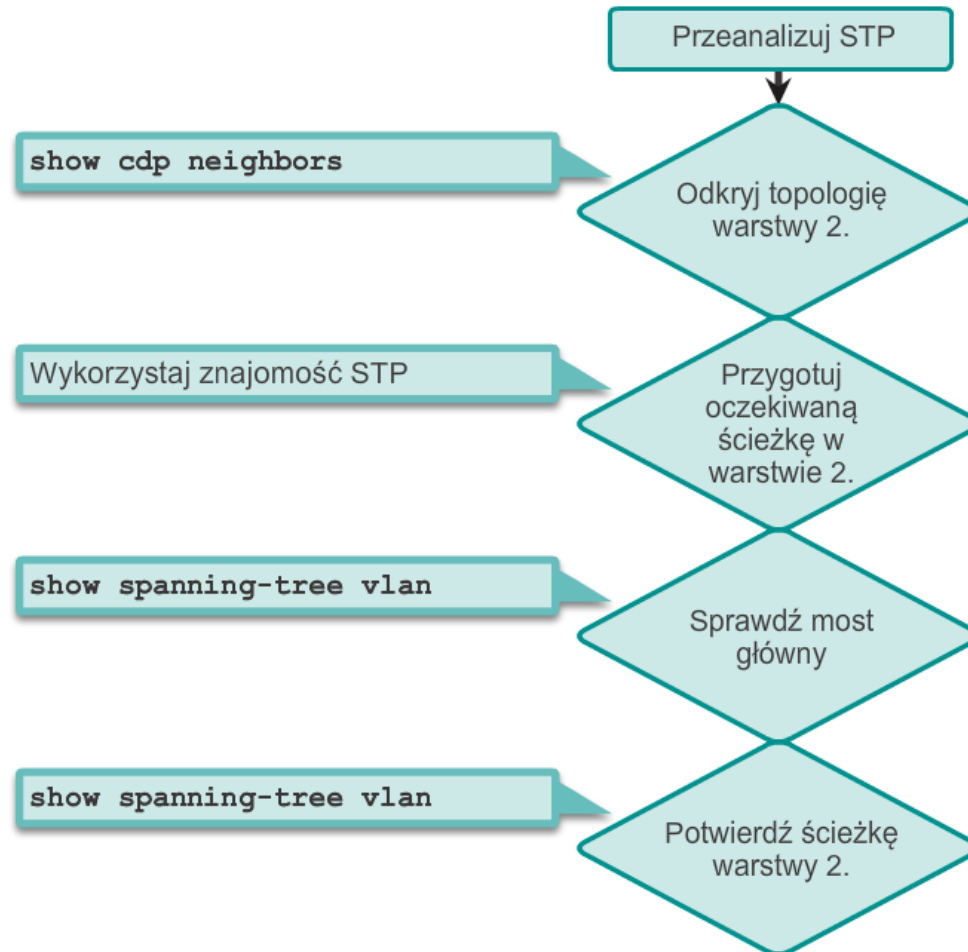
| | |
|--|---|
| Przejdź do trybu konfiguracji globalnej. | <code>configure terminal</code> |
| Skonfiguruj Rapid PVST+ jako tryb spanning-tree | <code>spanning-tree mode rapid-pvst</code> |
| Określ interfejs, który chcesz skonfigurować i wejdź do trybu konfiguracji interfejsu. Dopuszczalne interfejsy obejmują porty fizyczne, interfejsy VLAN i port channel. | <code>interface <i>interface-id</i></code> |
| Określ, czy rodzaj połączenia dla tego portu to połączenie punkt-punkt. | <code>typ poczenia spanning-tree punkt-punkt</code> |
| Powróć do trybu uprzywilejowanego. | <code>end</code> |
| Wyczyść wszystkie wykryte STP. | <code>clear spanning-tree detected-protocols</code> |



Problemy konfiguracyjne STP

Analiza topologii STP

Przeanalizuj topologię STP

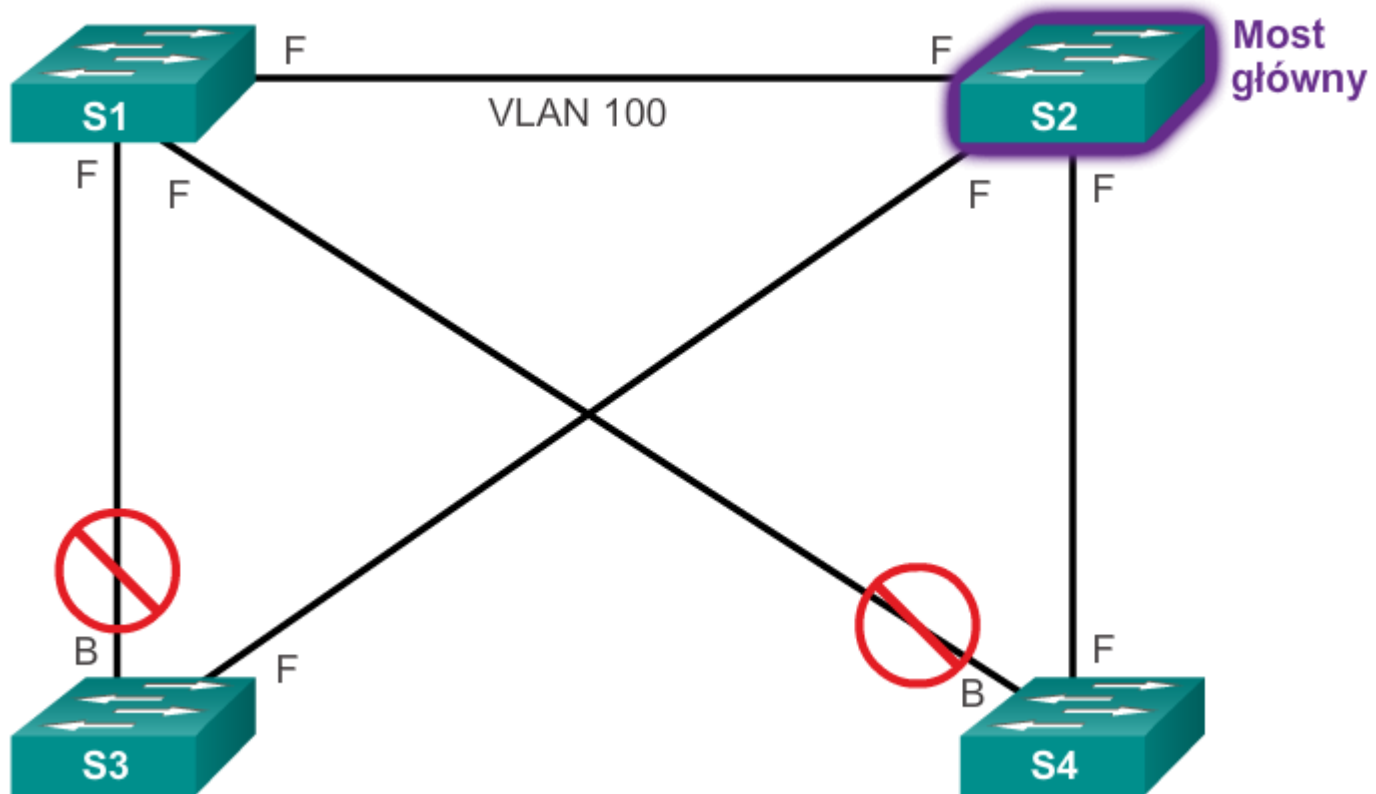




Problemy konfiguracyjne STP

Topologia oczekiwana a Topologia aktualna

Sprawdź czy aktualna topologia jest zgodna z topologią oczekiwaną





Problemy konfiguracyjne STP

Omówienie statusów Spanning Tree

```

S1# show spanning-tree vlan 100

VLAN0100
Spanning tree enabled protocol rstp
Root ID    Priority    28772
           Address    0000.0c9f.3127
           Cost      2
           Port      88 (TenGigabit9/1)
           Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
Bridge ID  Priority    28772 (priority 28672 sys-id-ext 100)
           Address    0000.0cab.3724
           Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
           Aging Time 300

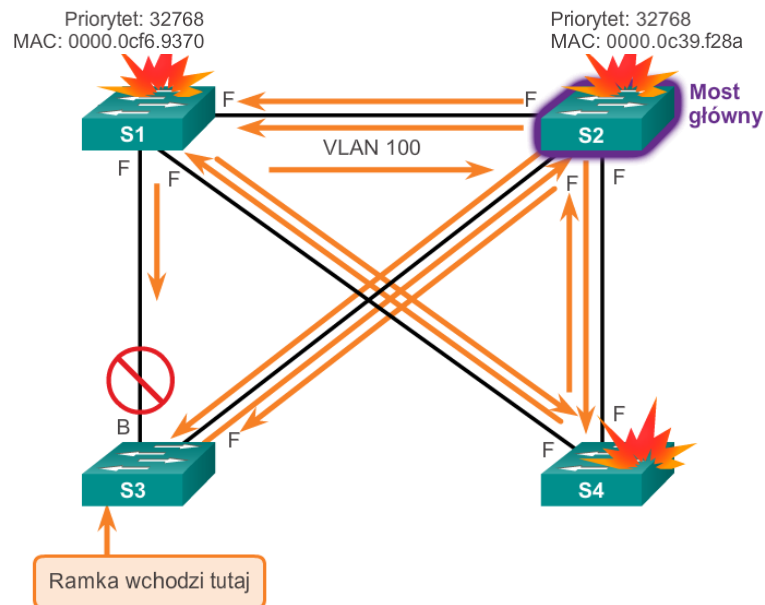
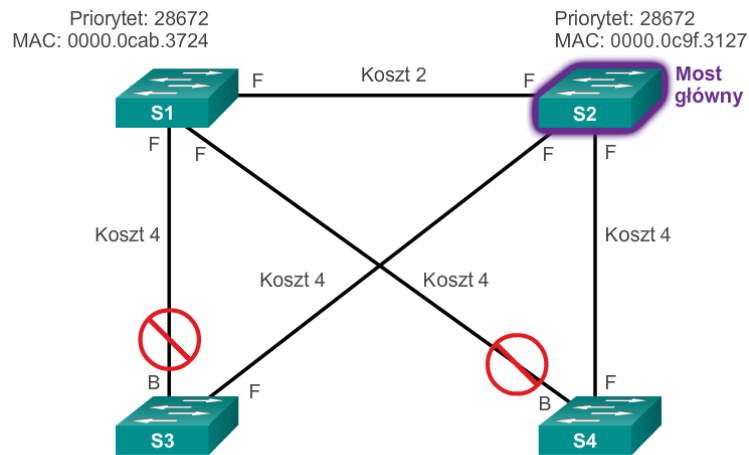
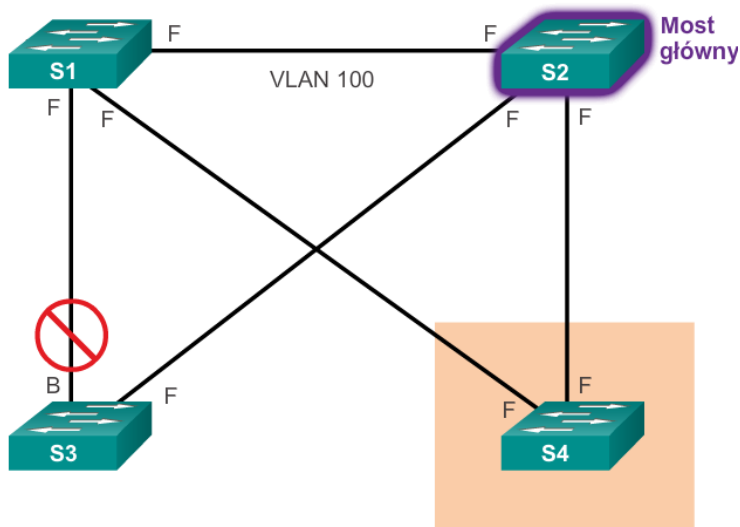
Interface      Role Sts Cost      Prio.Nbr Type
-----
Gi3/1          Desg FWD 4         128.72   P2p
Gi3/2          Desg FWD 4         128.80   P2p
Te9/1          Root FWD 2         128.88   P2p
    
```



Problemy konfiguracyjne STP

Konsekwencje awarii Spanning-Tree

- STP błędnie przełącza jeden lub więcej portów w stan przekazywania.
- Każda ramka, która jest przesyłana przez przełącznik wpada w pętlę.





Problemy konfiguracyjne STP

Usuwanie problemów Spanning Tree

- Jednym ze sposobów naprawienia awarii spanning-tree jest ręczne usuwanie z sieci przełączanej zapasowych połączeń, czy to fizycznie czy przez konfigurację, dopóki pętle nie zostaną wyeliminowane.
- Przed przywróceniem zapasowych połączeń należy ustalić i usunąć przyczynę awarii spanning tree.
- Uważnie monitoruj sieć, aby się upewnić, że problem został naprawiony.

4.4 Podstawowe pojęcia dotyczące agregacji łączy

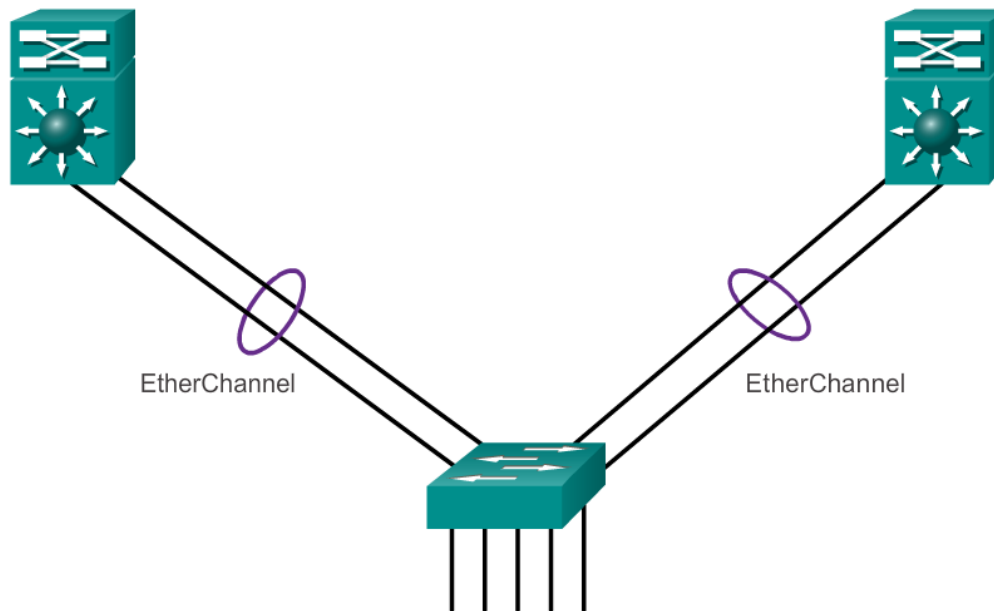




Agregacja łączy

Wprowadzenie do agregacji łączy

- Agregacja łączy umożliwia tworzenie połączeń logicznych, składających się z kilku połączeń fizycznych.
- EtherChannel jest formą agregacji łączy wykorzystywaną w sieciach przełączanych.





Agregacja łączy

Zalety EtherChannel

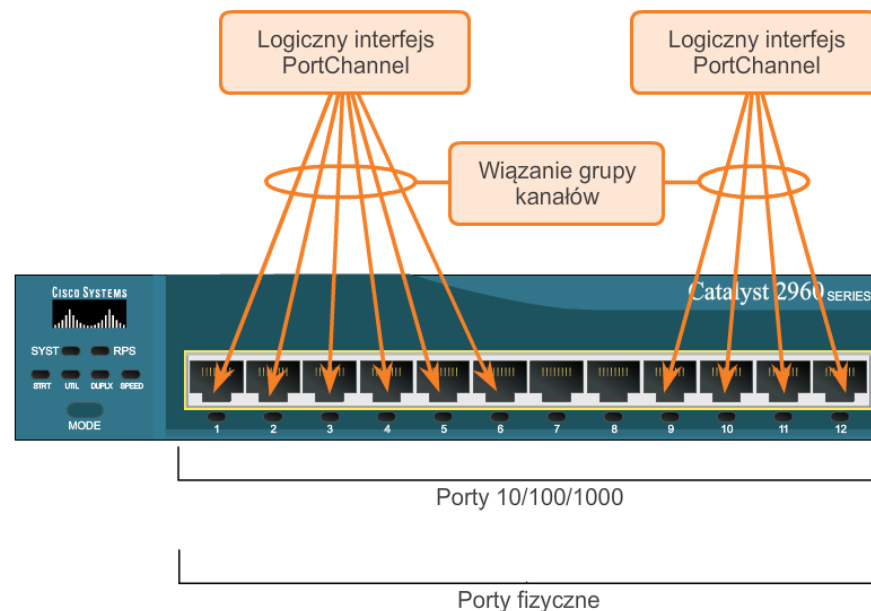
- Większość konfiguracji jest wykonywana na interfejsie EtherChannel, zapewniającym spójność pomiędzy łączami.
- Opiera się na istniejących portach przełącznika - nie ma potrzeby rozbudowy.
- Równoważy obciążenie pomiędzy połączeniami w zakresie tego samego kanału EtherChannel.
- Tworzy agregację postrzeganą przez STP jako jedno logiczne połączenie.
- Zapewnia nadmiarowość, ponieważ całkowite połączenie postrzegane jest jako pojedyncze połączenie logiczne. Jeśli jedno połączenie fizyczne w ramach kanału zostaje wyłączone, nie spowoduje to zmian w topologii i nie będzie wymagało rekalkulacji protokołu STP.



Sposób działania EtherChannel

Ograniczenia wdrożeniowe

- EtherChannel wprowadzony przez zgrupowanie wielu portów fizycznych w jedno lub więcej połączeń logicznych EtherChannel.
- Typy interfejsów nie mogą być mieszane.
- EtherChannel zapewnia przepustowość full-duplex do 800 Mb/s (Fast EtherChannel) lub 8 Gb/s (Gigabit EtherChannel).
- EtherChannel może składać się z maksymalnie 16 zgodnie skonfigurowanych portów Ethernet.
- Przełącznik Cisco IOS obsługuje obecnie sześć kanałów EtherChannel.

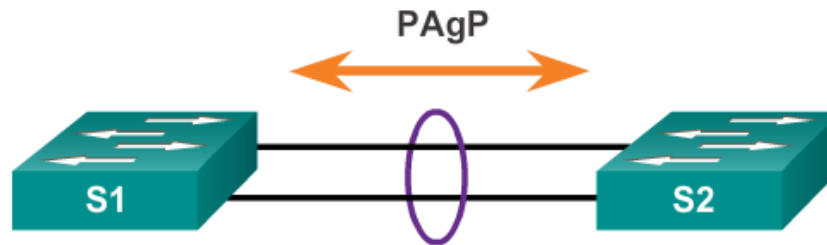




Sposób działania EtherChannel Protokół agregacji portów (PAgP)

Tryby PAgP:

- **On:** Członek kanału bez negocjacji (bez protokołu).
- **Desirable:** Aktywnie pyta, czy druga strona może lub będzie uczestniczyć.
- **Auto:** Biernie czeka na drugą stronę.



| S1 | S2 | Ustanowienie kanału |
|-------------------|--------------------|---------------------|
| On | On | Tak |
| Auto/Desirable | Desirable | Tak |
| On/Auto/Desirable | Nie skonfigurowano | Nie |
| On | Desirable | Nie |
| Auto/On | Auto | Nie |

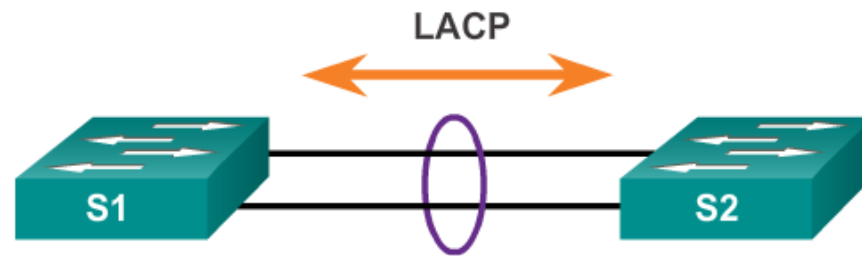


Sposób działania EtherChannel

Protokół kontroli agregacji łączy (LACP)

Tryby LACP:

- **On:** Członek kanału bez negocjacji (bez protokołu).
- **Active:** Aktywnie pyta, czy druga strona może lub będzie uczestniczyć.
- **Passive:** Biernie czeka na drugą stronę.



| S1 | S2 | Ustanowienie kanału |
|-------------------|--------------------|---------------------|
| On | On | Tak |
| Active/Passive | Active | Tak |
| On/Active/Passive | Nie skonfigurowano | Nie |
| On | Active | Nie |
| Passive/On | Passive | Nie |

4.5 Konfiguracja agregacji łączy

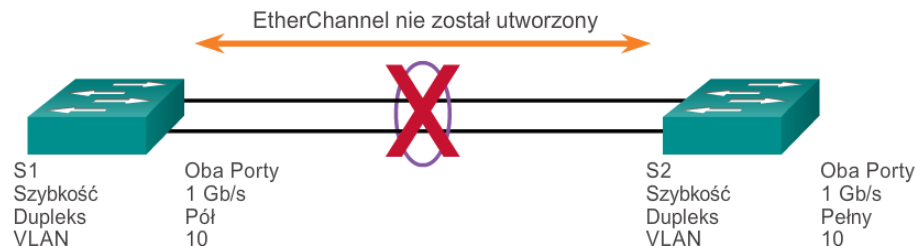
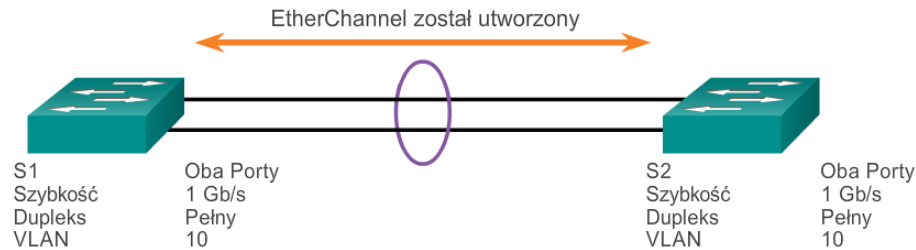




Konfigurowanie EtherChannel

Wytyczne konfiguracyjne

- EtherChannel musi być wspierany.
- Szybkość i duplex muszą być dopasowane.
- Dopasowanie sieci VLAN – Wszystkie interfejsy znajdują się w jednej sieci VLAN.
- Zasięg sieci VLAN – Ten sam zakres na wszystkich interfejsach.





Konfigurowanie EtherChannel

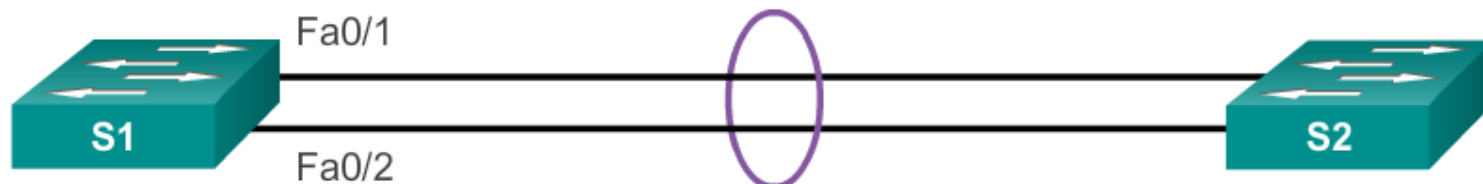
Konfigurowanie interfejsów

Konfiguracja EtherChannel z LACP

```

S1(config)# interface range FastEthernet0/1 - 2
S1(config-if-range)# channel-group 1 mode active
Creating a port-channel interface Port-channel 1
S1(config-if-range)# interface port-channel 1
S1(config-if)# switchport mode trunk
S1(config-if)# switchport trunk allowed vlan 1,2,20
    
```

Tworzenie EtherChannel i konfigurowanie portów trunk.





Weryfikacja i rozwiązywanie problemów z EtherChannel

Weryfikacja EtherChannel

- **show interface Port-channel** – Wyświetla ogólny status interfejsu EtherChannel.
- **show etherchannel summary** – Wyświetla po jednym wierszu informacji dla każdego kanału portu.
- **show etherchannel port-channel** – Wyświetla informacje na temat konkretnego interfejsu kanału portu.
- **show interfaces etherchannel** – Zawiera informacje na temat roli interfejsu w kanale EtherChannel.

```
S1# show interface port-channel1
Port-channel1 is up, line protocol is up (connected)
  Hardware is EtherChannel, address is 0cd9.96e8.8a02 (bia
0cd9.96e8.8a02)
  MTU 1500 bytes, BW 200000 Kbit/sec, DLY 100 usec,
    reliability 255/255, txload 1/255, rxload 1/255
  Encapsulation ARPA, loopback not set
<wyniki pominięto>
```

Weryfikuje status interfejsu.



Weryfikacja i rozwiązywanie problemów z EtherChannel

Rozwiązywanie problemów z EtherChannel

```
S1# show run | begin interface port-channel
interface Port-channell
  switchport mode trunk
!
interface FastEthernet0/1
  switchport mode trunk
  channel-group 1 mode on
!
interface FastEthernet0/2
  switchport mode trunk
  channel-group 1 mode on
!
<wyniki pominięto>
```

```
S2# show run | begin interface port-channel
interface Port-channell
  switchport mode trunk
!
interface FastEthernet0/1
  switchport mode trunk
  channel-group 1 mode desirable
!
interface FastEthernet0/2
  switchport mode trunk
  channel-group 1 mode desirable
```

```
S1(config)# no interface port-channel 1
S1(config)# interface range f0/1 - 2
S1(config-if-range)# channel-group 1 mode desirable
Creating a port-channel interface Port-channel 1

S1(config-if-range)# no shutdown
S1(config-if-range)# interface port-channel 1
S1(config-if)# switchport mode trunk
S1(config-if)# end
S1# show etherchannel summary
Flags: D - down          P - bundled in port-channel
       I - stand-alone  s - suspended
       H - Hot-standby (LACP only)
       R - Layer3       S - Layer2
       U - in use       f - failed to allocate aggregator

       M - not in use, minimum links not met
       u - unsuitable for bundling
       w - waiting to be aggregated
       d - default port

Number of channel-groups in use: 1
Number of aggregators:          1
```

4.6 Implementacja HSRP

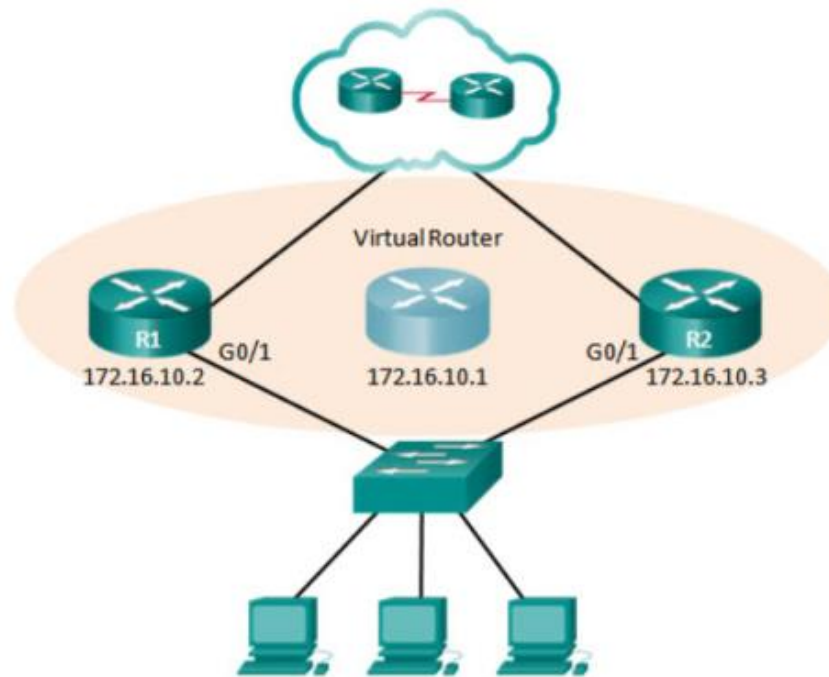




Działanie HSRP Operation

HSRP

- Hot Standby Router Protocol (HSRP) został zaprojektowany przez Cisco, aby umożliwić nadmiarowość bramy bez dodatkowej konfiguracji na urządzeniach końcowych.
- Routery ze skonfigurowanym HSRP współpracują ze sobą, aby zaprezentować się jako jedna wirtualna brama domyślna (router) dla urządzeń końcowych.





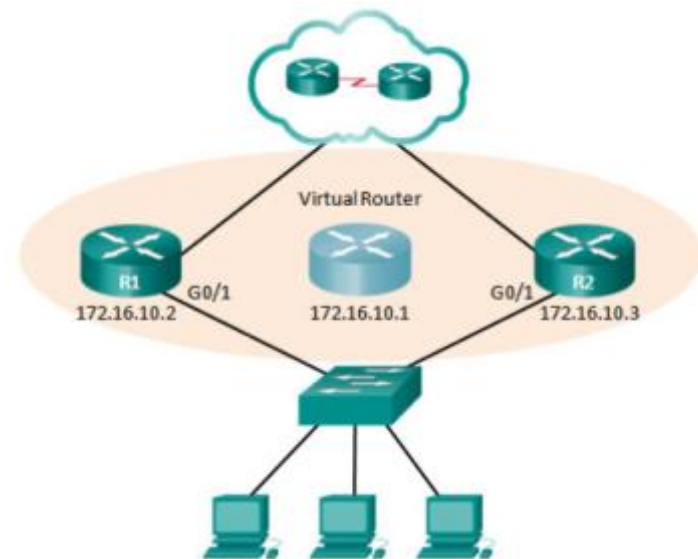
Działanie HSRP

HSRP

- Jeden z routerów jest wybierany przez HSRP do bycia :
 - **Active router** - Router działa jako brama domyślna dla urządzeń końcowych.
 - **Standby router** - Drugi router jest w stanie gotowości i jeśli aktywny router ulegnie awarii, automatycznie przejmuje rolę aktywnego routera.

- Aktywny router zapewnia domyślny adres bramy dla urządzeń końcowych.
 - Składa się z wirtualnego adresu IP i wirtualnego adresu MAC dzielonego między oba routery HSRP.
 - Urządzenia końcowe używają tego wirtualnego adresu IP jako domyślnego adresu bramy.
 - Wirtualny adres IP HSRP jest konfigurowany przez administratora sieci, podczas gdy wirtualny adres MAC jest tworzony automatycznie.

- Tylko aktywny router będzie odbierać i przekazywać ruch wysyłany do bramy domyślnej. Jeśli aktywny router ulegnie awarii lub połączenie z aktywnym routerem nie powiedzie się, router rezerwowy przejmie rolę aktywnego routera.





Działanie HSRP

Wersje HSRP

- Domyślną wersją dla Cisco IOS 15 jest wersja 1.

- Wersja 2 HSRP zapewnia następujące udoskonalenia :
 - HSRPv2 rozszerza liczbę obsługiwanych grup do 4095 zamiast 255 w HSRP w wersji 1.
 - Wersja 2 HSRP używa adresu multicast IPv4 224.0.0.102 lub (adresu multicastowego IPv6 FF02 :: 66) do wysyłania pakietów hello zamiast 224.0.0.2 używanych przez HSRPv1.
 - HSRP v2 używa zakresu adresów MAC od 0000.0C9F.F000 do 0000.0C9F.FFFF dla IPv4 i 0005.73A0.0000 do 0005.73A0.0FFF dla adresów IPv6, w których ostatnie trzy cyfry szesnastkowe w adresie MAC wskazują numer grupy HSRP.
 - HSRPv2 dodaje obsługę uwierzytelniania MD5.



HSRP Operation

HSRP Priority

- Role active / standby są przydzielane podczas procesu wyboru HSRP.
- Domyślnie router o najwyższym liczbowo adresie IP jest wybrany jako aktywny router. Jednak priorytet HSRP można wykorzystać do określenia aktywnego routera.
- Router o najwyższym priorytecie HSRP stanie się aktywnym routerem.
 - Domyślnie priorytetem HSRP jest 100.
 - Jeśli priorytety są równe, wybierany jest router o najwyższym liczbowo adresie IP.
- Użyj komendy **standby priority**, aby wpłynąć na proces wyboru routera. Zakres priorytetu HSRP jest od 0 do 255



HSRP Operation

HSRP Preemption

- Domyślnie, po tym, jak router staje się aktywnym routerem, pozostanie on aktywnym routerem, nawet jeśli w sieci pojawi się nowy router z wyższym priorytetem HSRP.

- To force a new HSRP election process, *preemption* must be enabled using the **standby preempt** interface command.

- Aby wymusić nowy proces wyboru aktywnego routera HSRP, należy włączyć opcję pierwszeństwa przy użyciu polecenia **standby preempt**
 - Opcja pierwszeństwa uruchamia proces reelekcji.
 - Po włączeniu opcji pierwszeństwa, router, który ma dostęp do sieci z wyższym priorytetem HSRP, przejmie rolę aktywnego routera.

- Router z włączoną opcją pierwszeństwa o równym priorytecie, ale o wyższym adresie IP, nie będzie zmieniał aktywnego routera



HSRP Operation

HSRP States

- Gdy router ma uruchomiony HSRP, przechodzi między następującymi stanami:

| State | Definition |
|----------------|---|
| Initial | This state is entered through a configuration change or when an interface first becomes available. |
| Learn | The router has not determined the virtual IP address and has not yet seen a hello message from the active router. In this state, the router waits to hear from the active router. |
| Listen | The router knows the virtual IP address, but the router is neither the active router nor the standby router. It listens for hello messages from those routers. |
| Speak | The router sends periodic hello messages and actively participates in the election of the active and/or standby router. |
| Standby | The router is a candidate to become the next active router and sends periodic hello messages. |
| Active | The router currently forwards packets that are sent to the group virtual MAC address. The router sends periodic hello messages. |

- Aktywne i rezerwowe routery HSRP wymieniają pakiety hello domyślnie co 3 sekundy, korzystając z adresu multicast.
 - Router rezerwowo stanie się aktywny, jeśli nie otrzyma wiadomości hello od aktywnego routera w ciągu 10 sekund.
 - Ustawienia timera można zmieniać.



HSRP Configuration

HSRP Configuration Commands

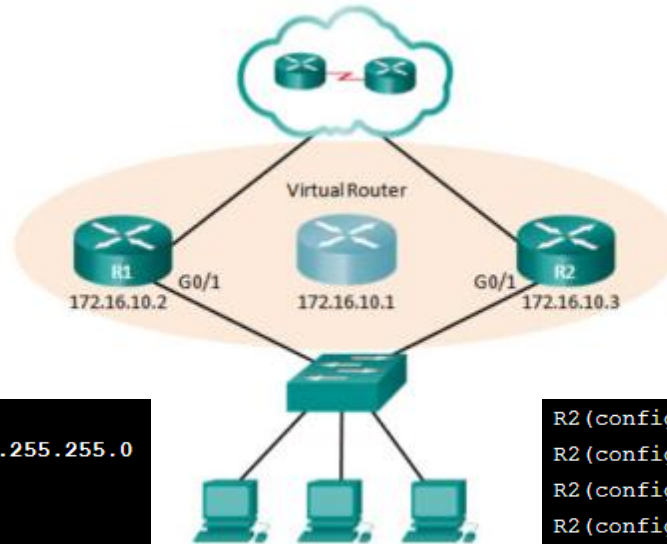
- Wykonaj następujące kroki, aby skonfigurować HSRP:
 - Krok 1. Skonfiguruj HSRP w wersji 2.
 - Krok 2. Skonfiguruj wirtualny adres IP dla grupy.
 - Krok 3. Skonfiguruj priorytet żądanego aktywnego routera na większy niż 100.
 - Krok 4. Skonfiguruj aktywny router, aby zmieniał router rezerwowy w przypadkach, gdy aktywny router przechodzi do trybu online po routerze rezerwowym.

| Command | Description |
|--|--|
| Router(config-if)# standby version 2 | Configures HSRP to use version 2. HSRP version 1 is the default. |
| Router(config-if)# standby [<i>group-number</i>] <i>ip-address</i> | Configures the HSRP virtual IP address that will be used by the specified group. If no group is configured, then the virtual IP address is assigned to group 0. |
| Router(config-if)# standby [<i>group-number</i>] priority [<i>priority-value</i>] | Configures the desired active router with a higher priority than the default priority of 100. Range is 0 to 255. If no priority is configured or if priority is equal, then the router with the highest IP address has priority. |
| Router(config-if)# standby [<i>group-number</i>] preempt | Configures a router to preempt the currently active router. |



HSRP Configuration

Przykładowa konfiguracja HSRP



```
R1(config)# interface g0/1
R1(config-if)# ip address 172.16.10.2 255.255.255.0
R1(config-if)# standby version 2
R1(config-if)# standby 1 ip 172.16.10.1
R1(config-if)# standby 1 priority 150
R1(config-if)# standby 1 preempt
R1(config-if)# no shutdown
```

```
R2(config)# interface g0/1
R2(config-if)# ip address 172.16.10.3 255.255.255.0
R2(config-if)# standby version 2
R2(config-if)# standby 1 ip 172.16.10.1
R2(config-if)# no shutdown
```



HSRP Configuration

Weryfikacja konfiguracji HSRP

```
R1# show standby brief
                P indicates configured to preempt.
                |
Interface  Grp  Pri P State  Active      Standby      Virtual IP
Gi0/1      1   150 P Active local       172.16.10.3  172.16.10.1
R1#
R1# show standby
GigabitEthernet0/1 - Group 1 (version 2)
  State is Active
    5 state changes, last state change 01:02:18
  Virtual IP address is 172.16.10.1
  Active virtual MAC address is 0000.0c9f.f001
    Local virtual MAC address is 0000.0c9f.f001 (v2 default)
  Hello time 3 sec, hold time 10 sec
    Next hello sent in 1.120 secs
  Preemption enabled
  Active router is local
  Standby router is 172.16.10.3, priority 100 (expires in 9.392 sec)
  Priority 150 (configured 150)
  Group name is "hsrp-Gi0/1-1" (default)
R1#
```

```
R2# show standby brief
                P indicates configured to preempt.
                |
Interface  Grp  Pri P State  Active      Standby      Virtual IP
Gi0/1      1   100 Standby 172.16.10.2 local       172.16.10.1
R2#
R2# show standby
GigabitEthernet0/1 - Group 1 (version 2)
  State is Standby
    5 state changes, last state change 01:03:59
  Virtual IP address is 172.16.10.1
  Active virtual MAC address is 0000.0c9f.f001
    Local virtual MAC address is 0000.0c9f.f001 (v2 default)
  Hello time 3 sec, hold time 10 sec
    Next hello sent in 0.944 secs
  Preemption disabled
  Active router is 172.16.10.2, priority 150 (expires in 8.160 sec)
    MAC address is fc99.4775.c3e1
  Standby router is local
  Priority 100 (default 100)
  Group name is "hsrp-Gi0/1-1" (default)
R2#
```



HSRP Troubleshooting

HSRP Failure

- Większość problemów pojawi się podczas jednej z następujących funkcji HSRP:
 - Nie można pomyślnie wybrać aktywnego routera, który kontroluje wirtualny adres IP grupy.
 - Niepowodzenie routera rezerwowego do pomyślnego śledzenia aktywnego routera.
 - Nie można określić, kiedy kontrola wirtualnego adresu IP dla grupy powinna zostać przekazana innemu routerowi.
 - Niepowodzenie urządzeń końcowych w pomyślnym skonfigurowaniu wirtualnego adresu IP jako bramy domyślnej.



HSRP Troubleshooting

HSRP Debug Commands

- Polecenia debugowania HSRP umożliwiają śledzenie działania HSRP podczas awarii routera lub administracyjnego wyłączenia.

```

R2# debug standby ?
  errors      HSRP errors
  events      HSRP events
  packets     HSRP packets
  terse       Display limited range of HSRP errors, events and packets
  <cr>
R2#
R2# debug standby packets
*Dec  2 15:20:12.347: HSRP: Gi0/1 Grp 1 Hello  in 172.16.10.2 Active  pri 150 vIP 172.16.10.1
*Dec  2 15:20:12.643: HSRP: Gi0/1 Grp 1 Hello  out 172.16.10.3 Standby pri 100 vIP 172.16.10.1
R2#

```



HSRP Troubleshooting

HSRP Debug Commands

- W tym przykładzie, R1 zostaje wyłączony i R2 przejmuje rolę aktywnego routera HSRP dla sieci 172.16.10.0/24.

```

R2# debug standby terse
HSRP:
  HSRP Errors debugging is on
  HSRP Events debugging is on
    (protocol, neighbor, redundancy, track, arp, interface)
  HSRP Packets debugging is on
    (Coup, Resign)
R2#
*Dec  2 16:11:31.855: HSRP: Gi0/1 Grp 1 Standby: c/Active timer expired (172.16.10.2)
*Dec  2 16:11:31.855: HSRP: Gi0/1 Grp 1 Active router is local, was 172.16.10.2
*Dec  2 16:11:31.855: HSRP: Gi0/1 Nbr 172.16.10.2 no longer active for group 1 (Standby)
*Dec  2 16:11:31.855: HSRP: Gi0/1 Nbr 172.16.10.2 Was active or standby - start passive holddown
*Dec  2 16:11:31.855: HSRP: Gi0/1 Grp 1 Standby router is unknown, was local
*Dec  2 16:11:31.855: HSRP: Gi0/1 Grp 1 Standby -> Active
<output omitted>
R2#

```




HSRP Troubleshooting

HSRP Debug Commands

- Teraz R1 zostaje włączony ponownie. Polecenie **standby 1 preempt** inicjuje zmianę i R1 przejmuje rolę aktywnego routera.

```

R2#
*Dec  2 18:01:30.183: HSRP: Gi0/1 Nbr 172.16.10.2 Adv in, active 0 passive 1
*Dec  2 18:01:30.183: HSRP: Gi0/1 Nbr 172.16.10.2 created
*Dec  2 18:01:30.183: HSRP: Gi0/1 Nbr 172.16.10.2 is passive
*Dec  2 18:01:32.443: HSRP: Gi0/1 Nbr 172.16.10.2 Adv in, active 1 passive 1
*Dec  2 18:01:32.443: HSRP: Gi0/1 Nbr 172.16.10.2 is no longer passive
*Dec  2 18:01:32.443: HSRP: Gi0/1 Nbr 172.16.10.2 destroyed
*Dec  2 18:01:32.443: HSRP: Gi0/1 Grp 1 Coup   in 172.16.10.2 Listen  pri 150 vIP 172.16.10.1
*Dec  2 18:01:32.443: HSRP: Gi0/1 Grp 1 Active: j/Coup rcvd from higher pri router (150/172.16.10.2)
*Dec  2 18:01:32.443: HSRP: Gi0/1 Grp 1 Active router is 172.16.10.2, was local
*Dec  2 18:01:32.443: HSRP: Gi0/1 Nbr 172.16.10.2 created
*Dec  2 18:01:32.443: HSRP: Gi0/1 Nbr 172.16.10.2 active for group 1
*Dec  2 18:01:32.443: HSRP: Gi0/1 Grp 1 Active -> Speak
*Dec  2 18:01:32.443: %HSRP-5-STATECHANGE: GigabitEthernet0/1 Grp 1 state Active -> Speak
*Dec  2 18:01:32.443: HSRP: Gi0/1 Grp 1 Redundancy "hsrp-Gi0/1-1" state Active -> Speak
*Dec  2 18:01:32.443: HSRP: Gi0/1 Grp 1 Removed 172.16.10.1 from ARP
*Dec  2 18:01:32.443: HSRP: Gi0/1 IP Redundancy "hsrp-Gi0/1-1" update, Active -> Speak
*Dec  2 18:01:43.771: HSRP: Gi0/1 Grp 1 Speak: d/Standby timer expired (unknown)
*Dec  2 18:01:43.771: HSRP: Gi0/1 Grp 1 Standby router is local
*Dec  2 18:01:43.771: HSRP: Gi0/1 Grp 1 Speak -> Standby

```



HSRP Troubleshooting

HSRP Debug Commands

- Teraz interfejs G0/1 na R1 zostaje wyłączony.
 - R1 wysła wiadomość **%HSRP-5-STATECHANGE: GigabitEthernet0/1 Grp 1 state Active -> Init** wskazując wszystkim routerom HSRP na łączu, że rezygnuje z roli aktywnego routera.
 - 10 sekund później R2 przejmuje rolę aktywnego routera HSRP.

```

R2#
*Dec 2 17:36:30.699: HSRP: Gi0/1 Grp 1 Resign in 172.16.10.2 Active pri 150 vIP 172.16.10.1
*Dec 2 17:36:30.699: HSRP: Gi0/1 Grp 1 Standby: i/Resign rcvd (150/172.16.10.2)
*Dec 2 17:36:30.699: HSRP: Gi0/1 Grp 1 Active router is local, was 172.16.10.2
*Dec 2 17:36:30.699: HSRP: Gi0/1 Nbr 172.16.10.2 no longer active for group 1 (Standby)
*Dec 2 17:36:30.699: HSRP: Gi0/1 Nbr 172.16.10.2 Was active or standby - start passive holddown
*Dec 2 17:36:30.699: HSRP: Gi0/1 Grp 1 Standby router is unknown, was local
*Dec 2 17:36:30.699: HSRP: Gi0/1 Grp 1 Standby -> Active
*Dec 2 17:36:30.699: %HSRP-5-STATECHANGE: GigabitEthernet0/1 Grp 1 state Standby -> Active
*Dec 2 17:36:30.699: HSRP: Gi0/1 Grp 1 Redundancy "hsrp-Gi0/1-1" state Standby -> Active
*Dec 2 17:36:30.699: HSRP: Gi0/1 Grp 1 Added 172.16.10.1 to ARP (0000.0c9f.f001)
*Dec 2 17:36:30.699: HSRP: Gi0/1 IP Redundancy "hsrp-Gi0/1-1" standby, local -> unknown
*Dec 2 17:36:30.699: HSRP: Gi0/1 IP Redundancy "hsrp-Gi0/1-1" update, Standby -> Active
*Dec 2 17:36:33.707: HSRP: Gi0/1 IP Redundancy "hsrp-Gi0/1-1" update, Active -> Active
R2#
*Dec 2 17:39:30.743: HSRP: Gi0/1 Nbr 172.16.10.2 Passive timer expired
*Dec 2 17:39:30.743: HSRP: Gi0/1 Nbr 172.16.10.2 is no longer passive
*Dec 2 17:39:30.743: HSRP: Gi0/1 Nbr 172.16.10.2 destroyed
R2#
    
```



HSRP Troubleshooting

Common HSRP Configuration Issues

- Można również użyć poleceń debugowania, aby wykryć typowe problemy z konfiguracją :
 - Routery HSRP nie są połączone z tym samym segmentem sieci ze względu na problem z warstwą fizyczną lub problem z konfiguracją podinterfejsu VLAN.
 - Routery HSRP nie są skonfigurowane z adresami IP z tej samej podsieci, dlatego router rezerwowy nie wiedziałby, kiedy zawiedzie aktywny router.
 - Routery HSRP nie są skonfigurowane z tym samym wirtualnym adresem IP.
 - Routery HSRP nie są skonfigurowane z tym samym numerem grupy HSRP.
 - Urządzenia końcowe nie są skonfigurowane z prawidłowym adresem bramy domyślnej.