

Rozdział 3: Nadmiarowość w sieciach LAN



Scaling Networks (Skalowanie sieci)



Rozdział 3

3.0 Wprowadzenie

3.1 Podstawowe pojęcia dotyczące Spanning Tree

3.2 Odmiany protokołu Spanning Tree

3.3 Konfiguracja Spanning Tree

3.4 Podsumowanie



Rozdział 3: Cele

- Opisać kluczowe elementy nadmiarowej topologii sieci.
- Opisać działanie IEEE 802.1D STP.
- Opisać różne odmiany spanning tree.
- Opisać działanie PVST+ w środowisku przełączanych sieci LAN.
- Opisać działanie Rapid PVST+ w środowisku przełączanej sieci LAN.
- Skonfigurować PVST+ w środowisku przełączanych sieci LAN.
- Skonfigurować Rapid PVST+ w środowisku przełączanych sieci LAN.
- Określenie najpowszechniejszych problemów z konfiguracją STP.

3.1 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 zapętlenia 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

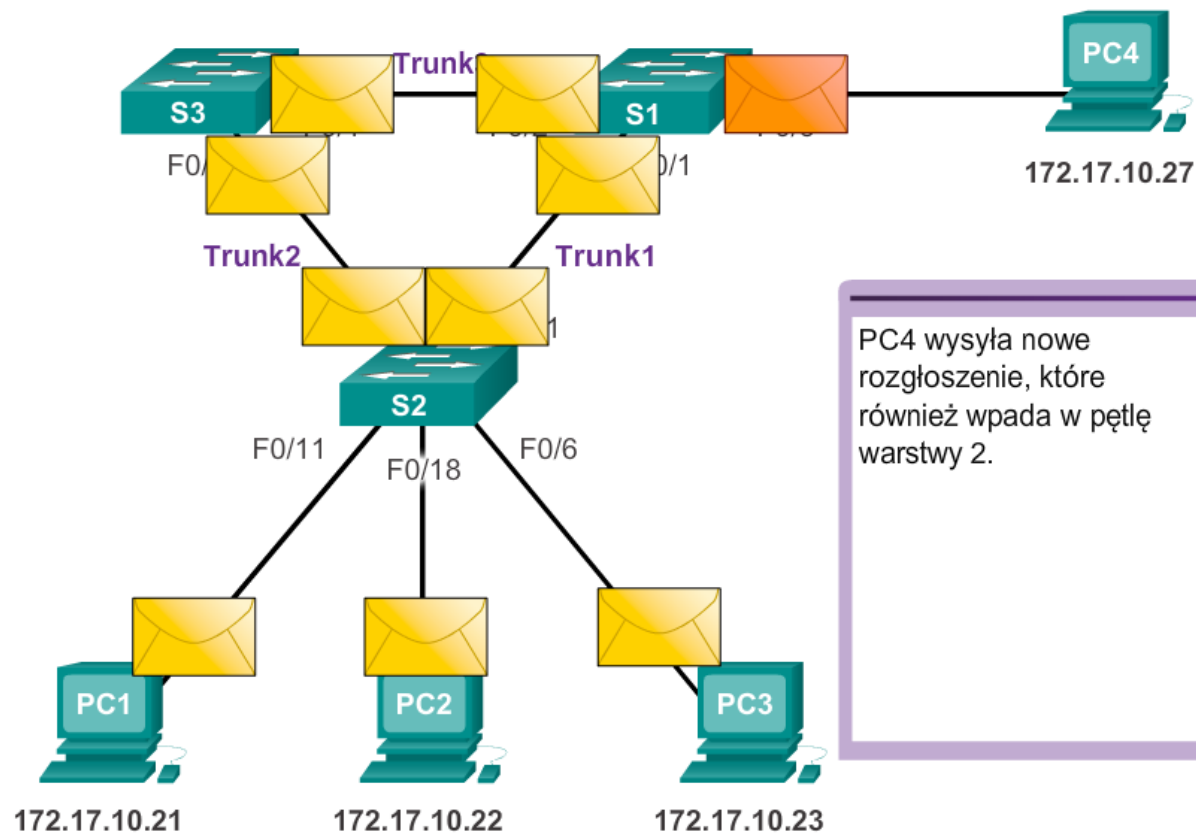
Problemy z nadmiarowością w warstwie 1: Burza rozgłoszeniowa

- 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

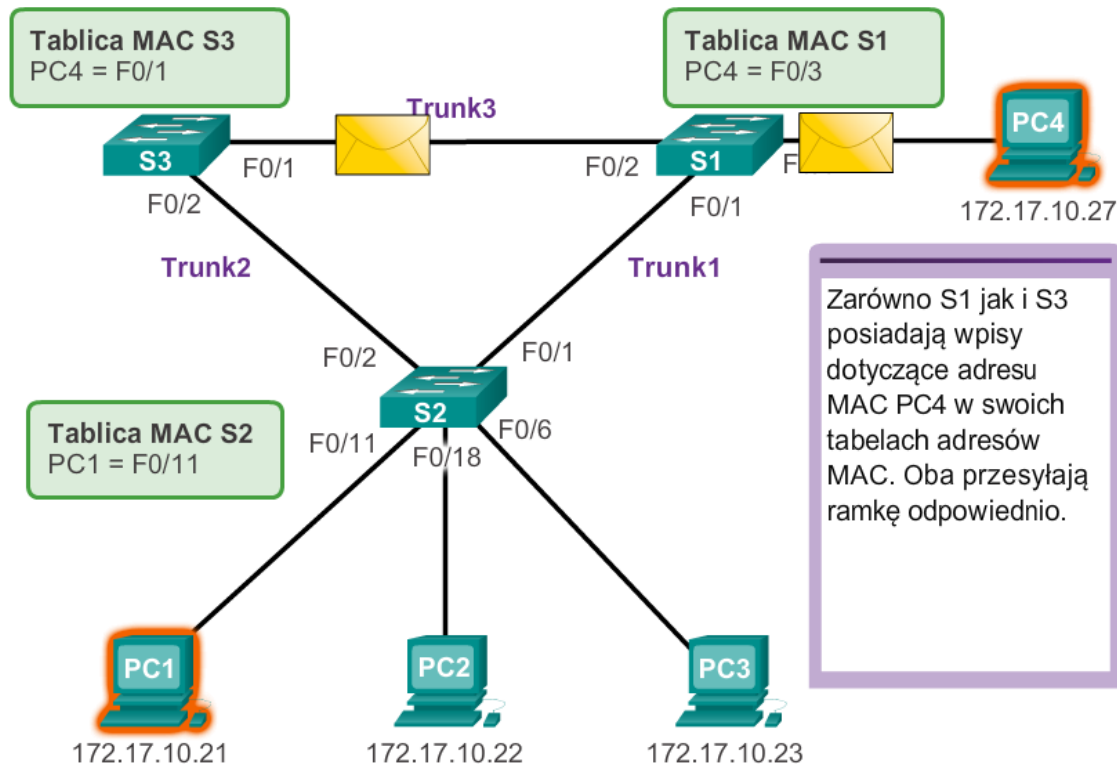
- Ramki typu unicast wysłane na zapętloną sieć mogą powodować pojawienie się powielonych ramek na urządzeniu docelowym.
- Większość protokołów warstw górnych nie jest zaprojektowana pod kątem wykrywania ani radzenia sobie z powielonymi transmisjami.
- Protokoły warstwy 2, takie jak Ethernet, nie mają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

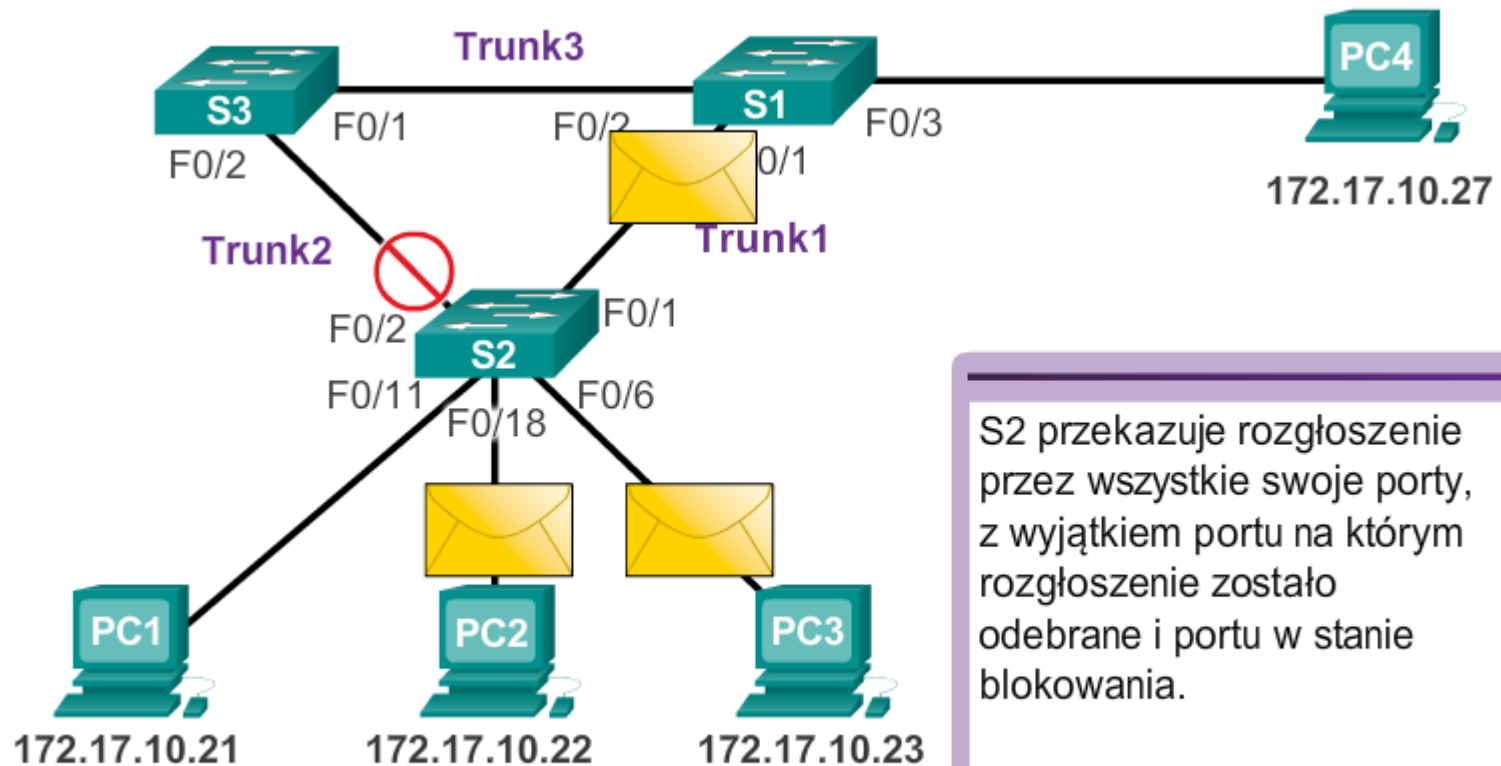
Algorytm spanning tree: Wprowadzenie

- 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

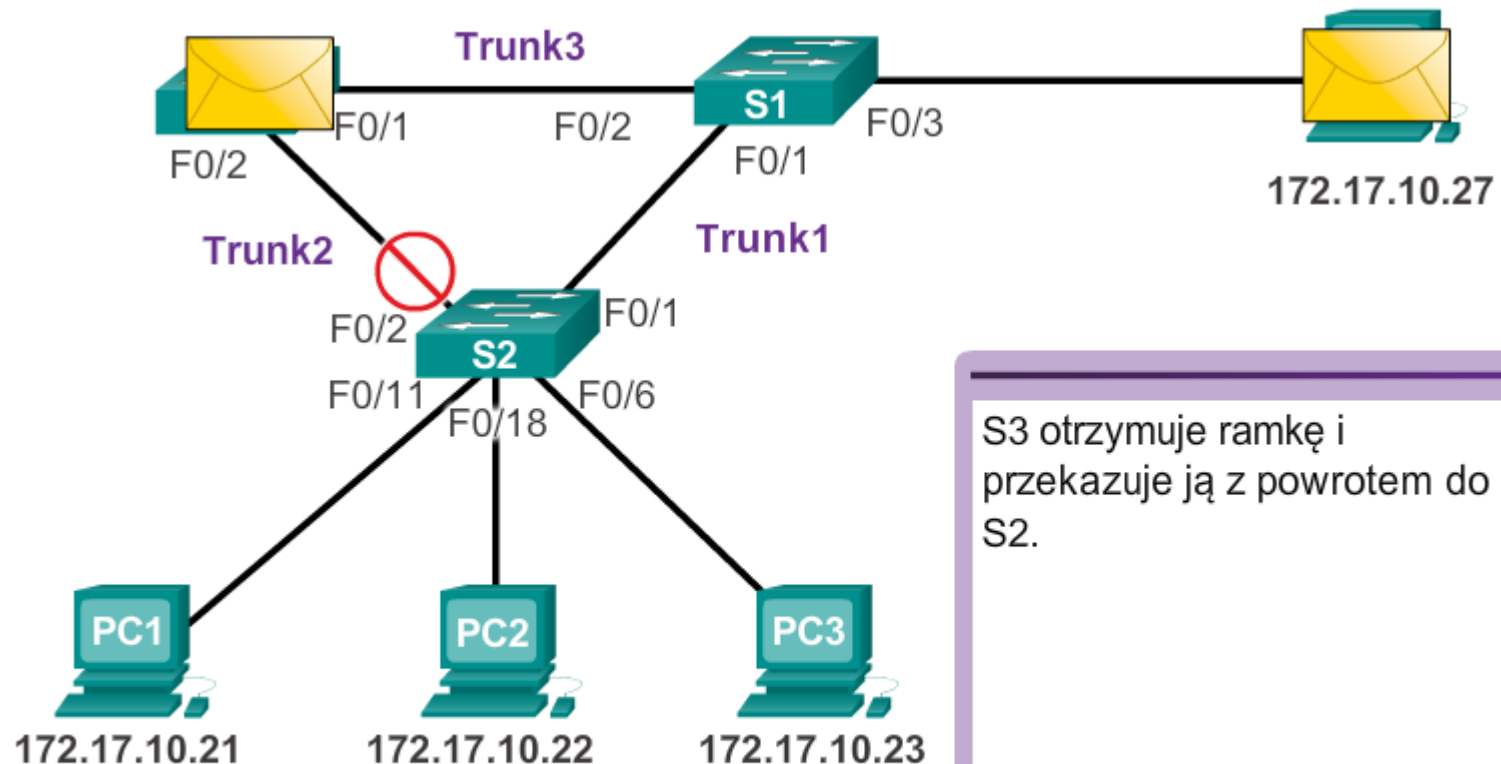


S2 przekazuje rozgłoszenie przez wszystkie swoje porty, z wyjątkiem portu na którym rozgłoszenie zostało odebrane i portu w stanie blokowania.



Działanie STP

Algorytm spanning tree: Wprowadzenie

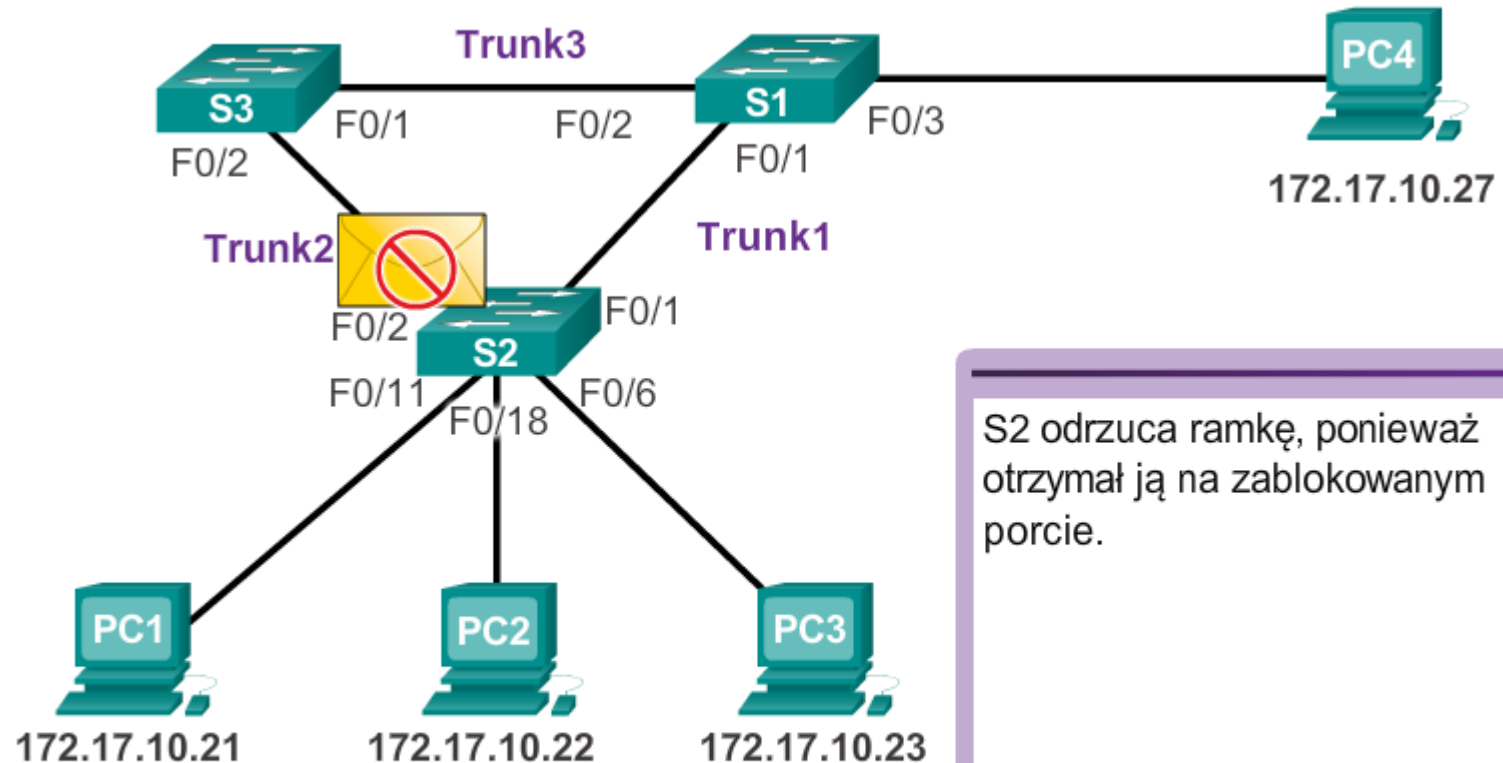


S3 otrzymuje ramkę i przekazuje ją z powrotem do S2.



Działanie STP

Algorytm spanning tree: Wprowadzenie

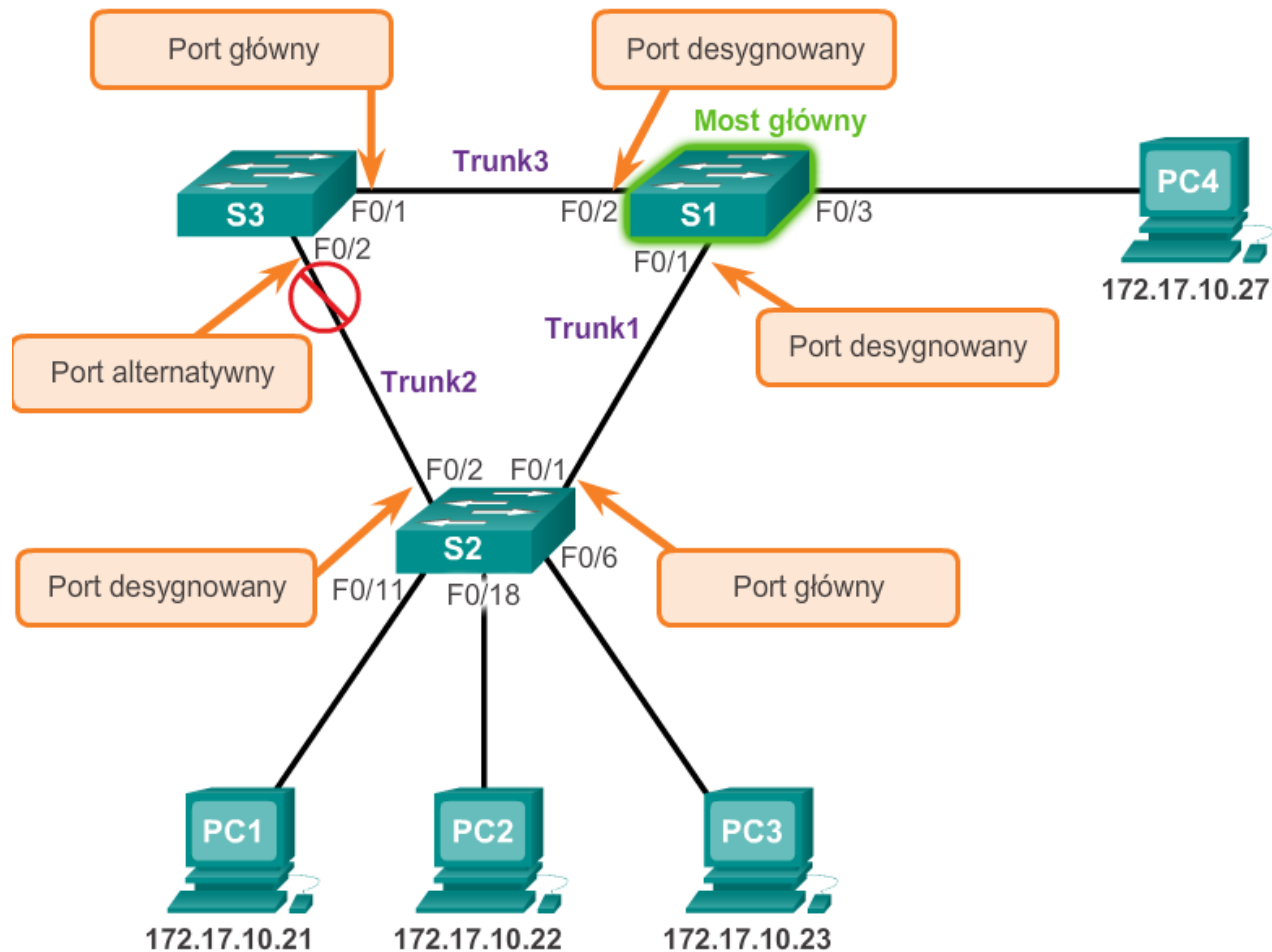


S2 odrzuca ramkę, ponieważ otrzymał ją na zablokowanym porcie.



Działanie STP

Algorytm spanning tree: Role portu

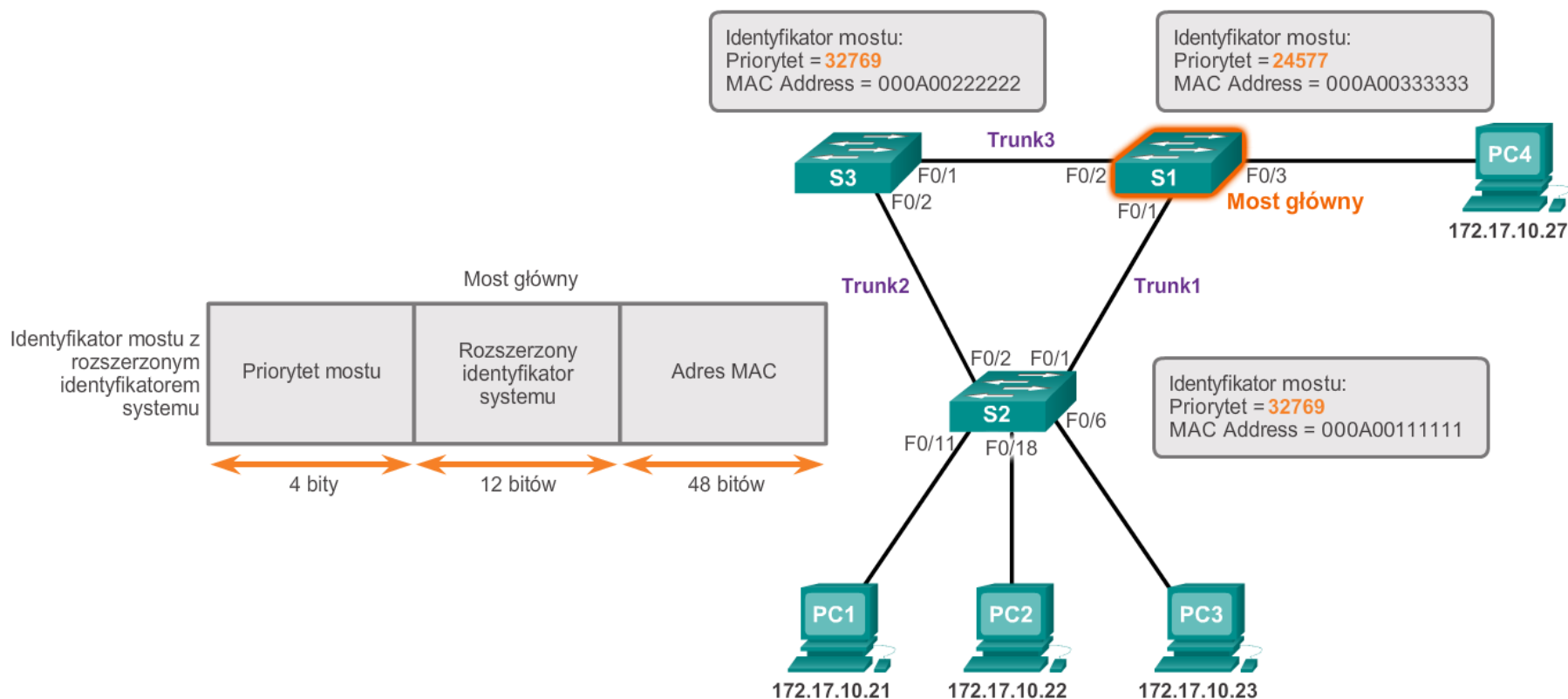




Działanie STP

Algorytm spanning tree: Most główny

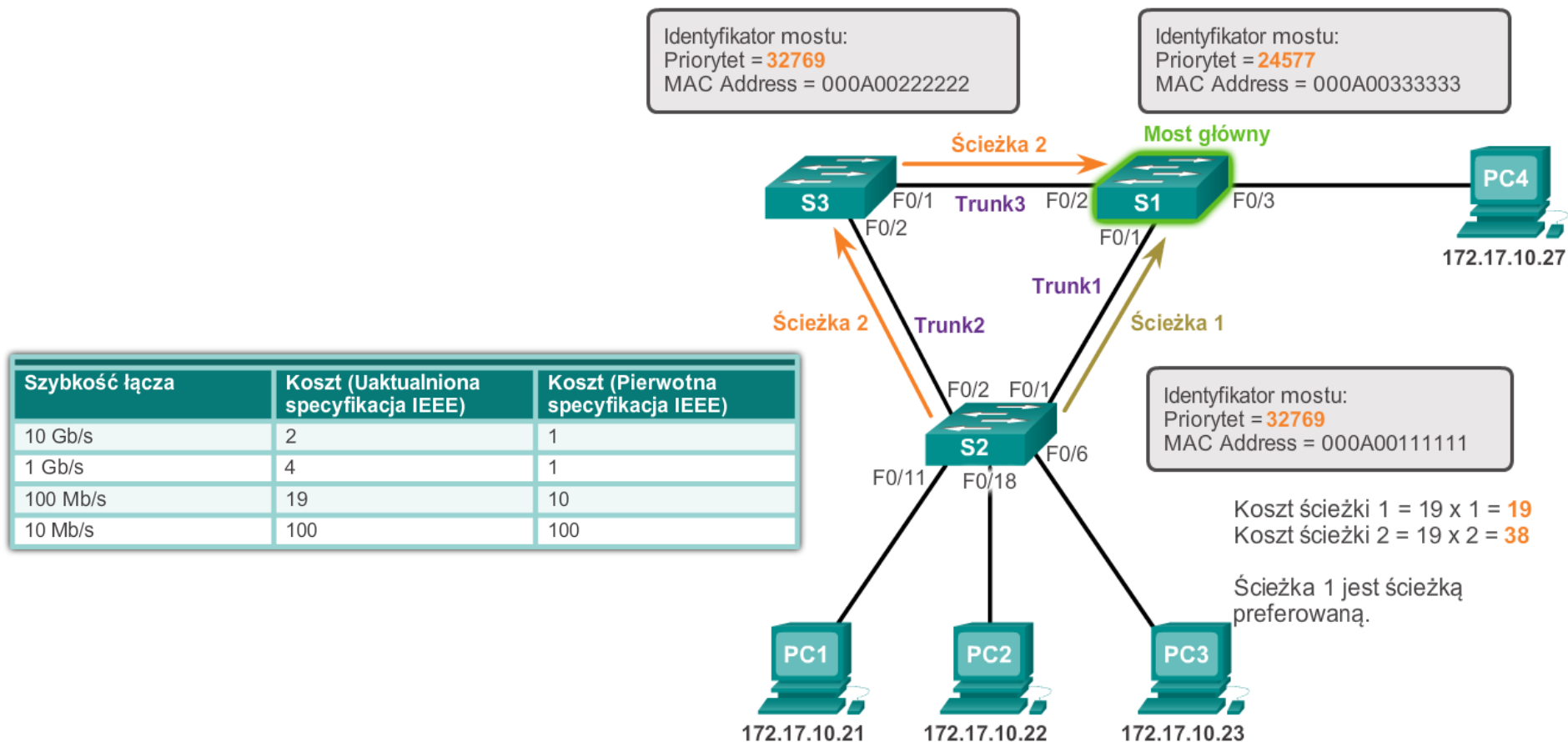
Most główny





Działanie STP

Algorytm spanning tree: Koszt ścieżki





Działanie STP

Format ramki BPDU 802.1D

```

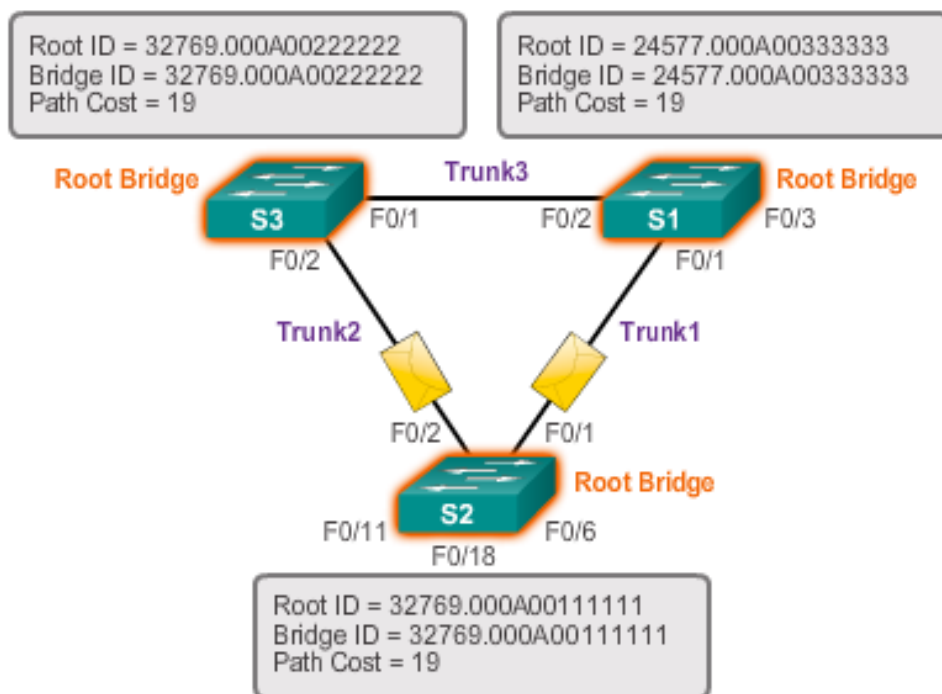
+ Frame 1 (60 bytes on wire, 60 bytes captured)
- IEEE 802.3 Ethernet
  + Destination: Spanning-tree-(for-bridges)_00 (01:80:c2:00:00:00)
  + Source: Cisco_9e:93:03 (00:19:aa:9e:93:03)
    Length: 38
    Trailer: 000000000000000000
  + Logical-Link Control
  - Spanning Tree Protocol
    Protocol Identifier: 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

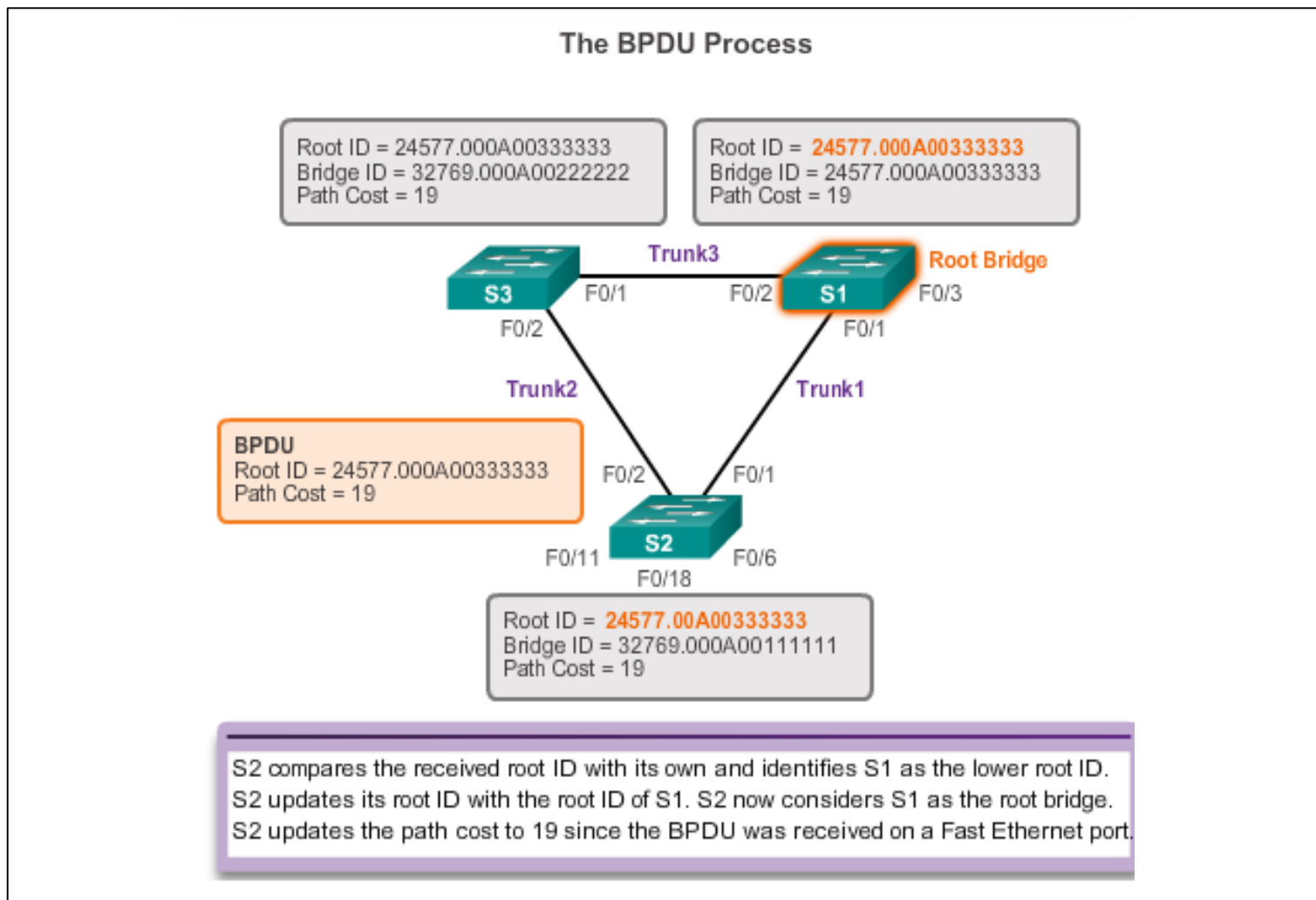


S2 forwards BPDU frames out of all switch ports. The BPDU frame contains the bridge ID and the root ID of S2 indicating that it is the root bridge.



Działanie STP

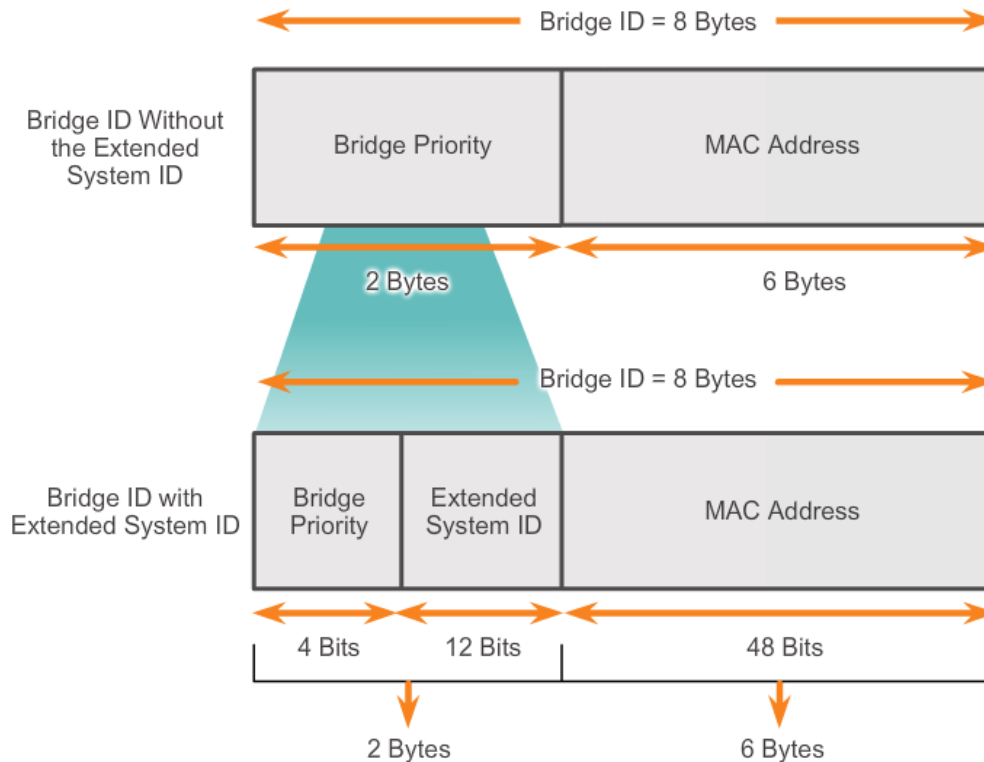
Rozsyłanie i przetwarzanie ramek BPDU





Działanie STP

Rozszerzony identyfikator systemu



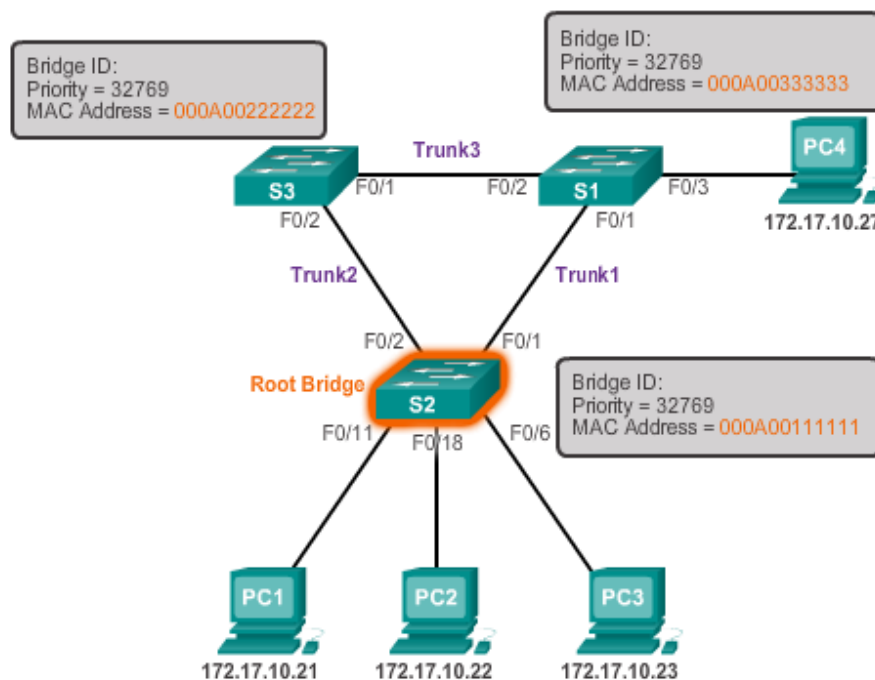
STP zostało rozszerzone w celu obsługi sieci VLAN, co wymagało dołączenia do ramki BPDU identyfikatora VLAN w postaci rozszerzonego identyfikatora systemu



Działanie STP

Rozszerzony identyfikator systemu

MAC Address-based decision



W przykładzie priorytety wszystkich przełączników są równe 32769. Wartość ta wynika z wartości domyślnej priorytetu równej 32768 oraz z przypisania sieci VLAN 1 powiązanej z każdym z przełączników (32768+1).

3.2 Odmiany 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+

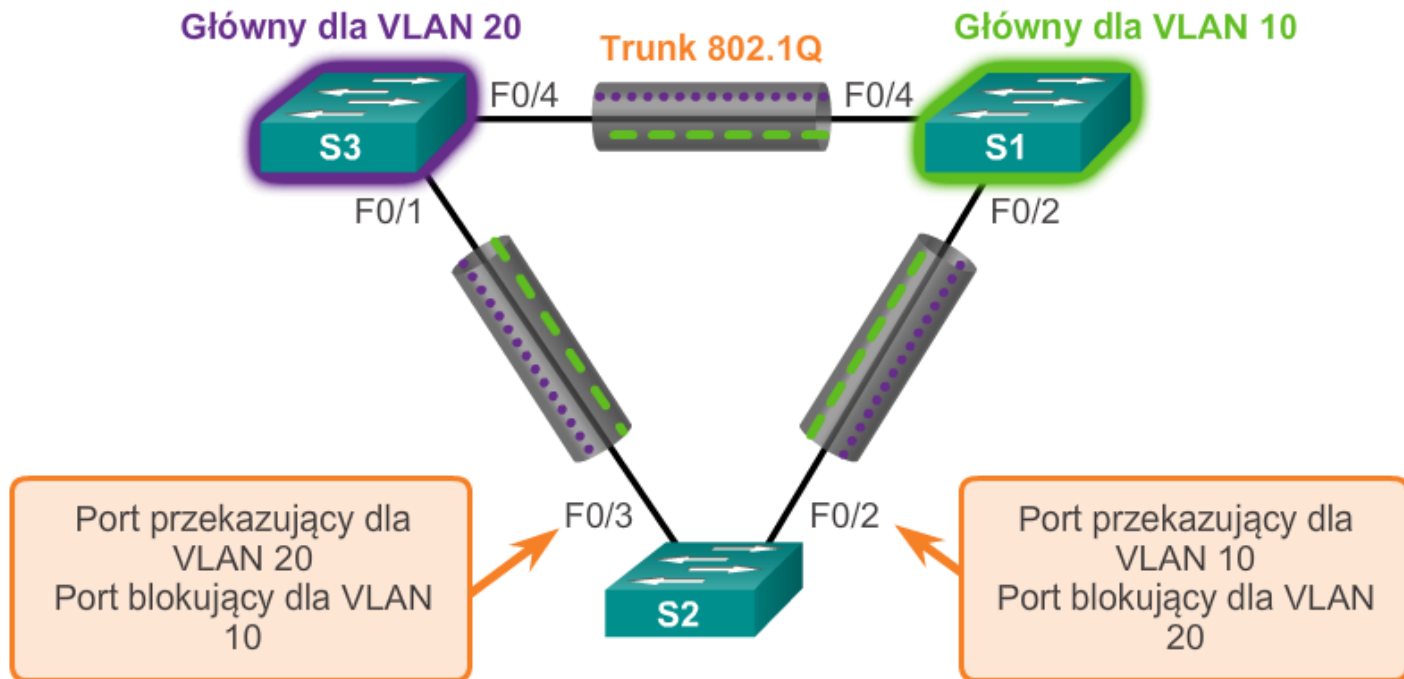
Sieć wykorzystująca protokół PVST+ posiada następujące cechy:

- 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:

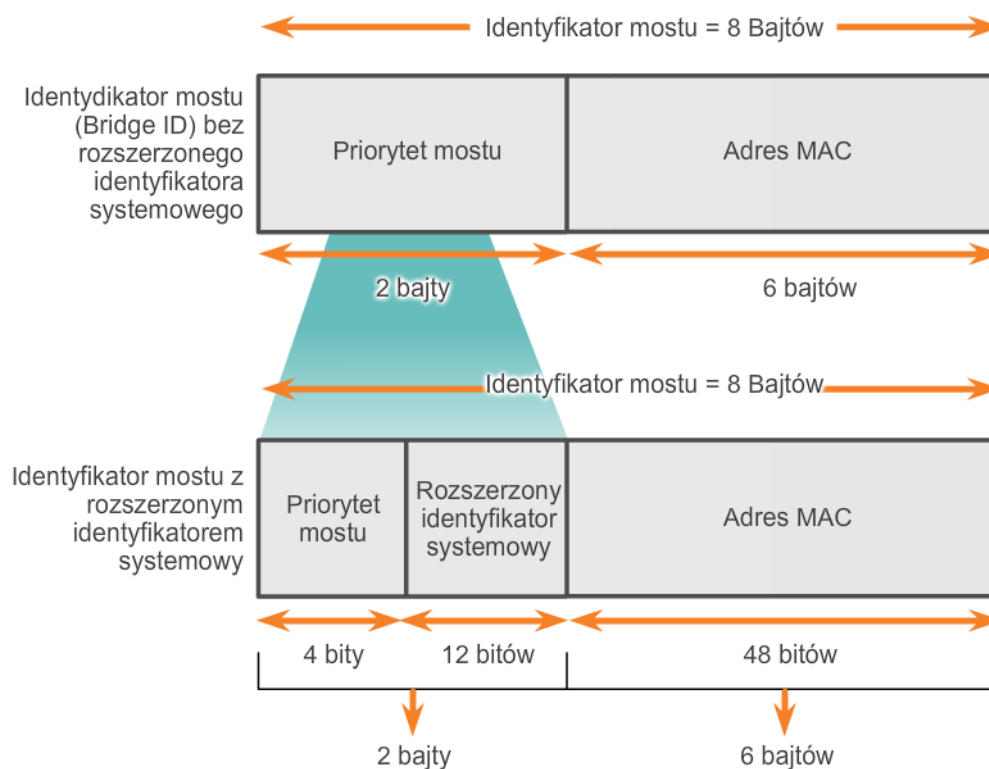
	Stan portu				
Działanie dozwolone	Blokowanie	Nasłuchiwanie	Uczenie się	Przekazywanie	Wyłączony
Może odbierać i przetwarzać ramki BPDU	TAK	TAK	TAK	TAK	NIE
Może przekazywać ramki danych otrzymane na interfejsie	NIE	NIE	NIE	TAK	NIE
Może przekazywać ramki danych przełączane z innego interfejsu	NIE	NIE	NIE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

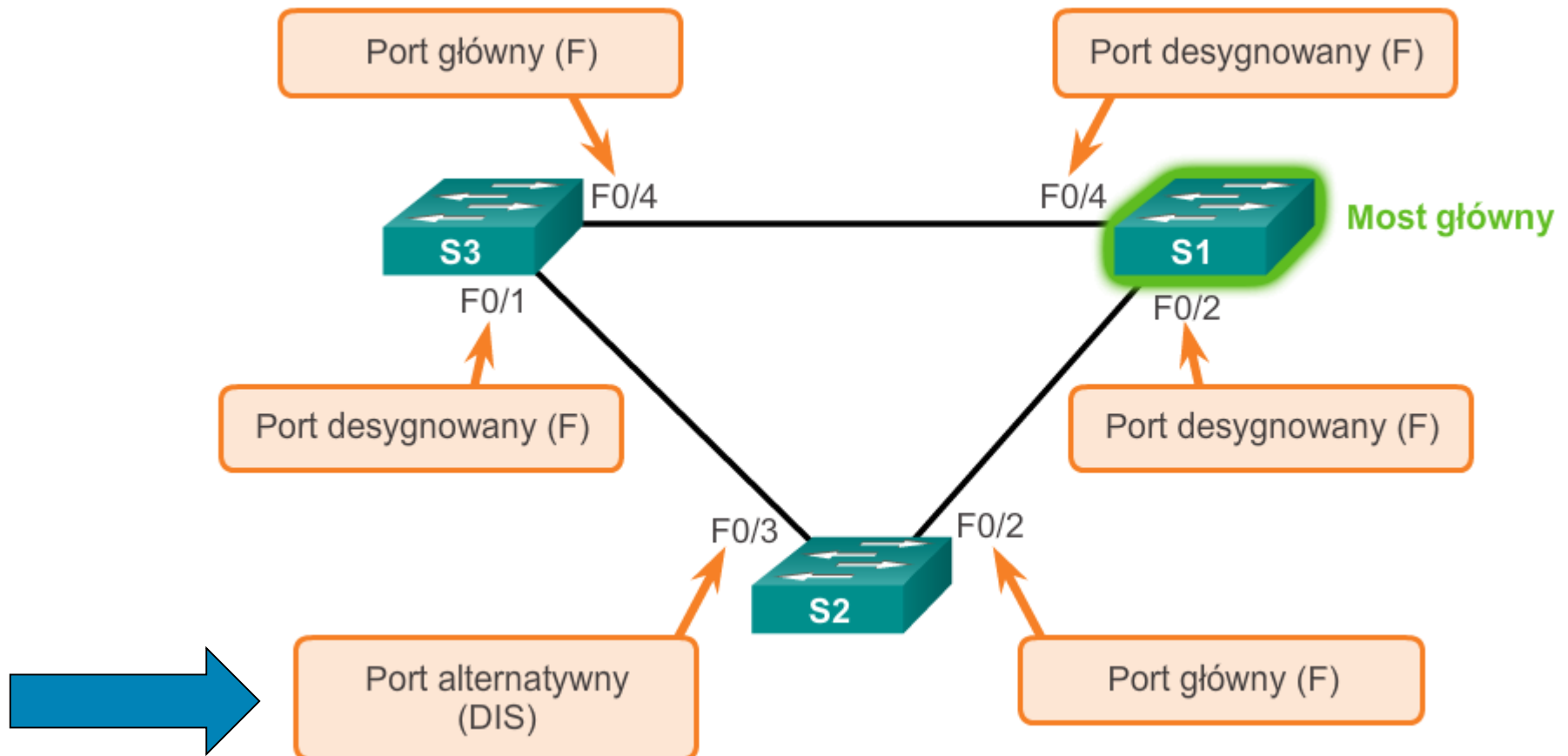
Omówienie Rapid PVST+

- 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

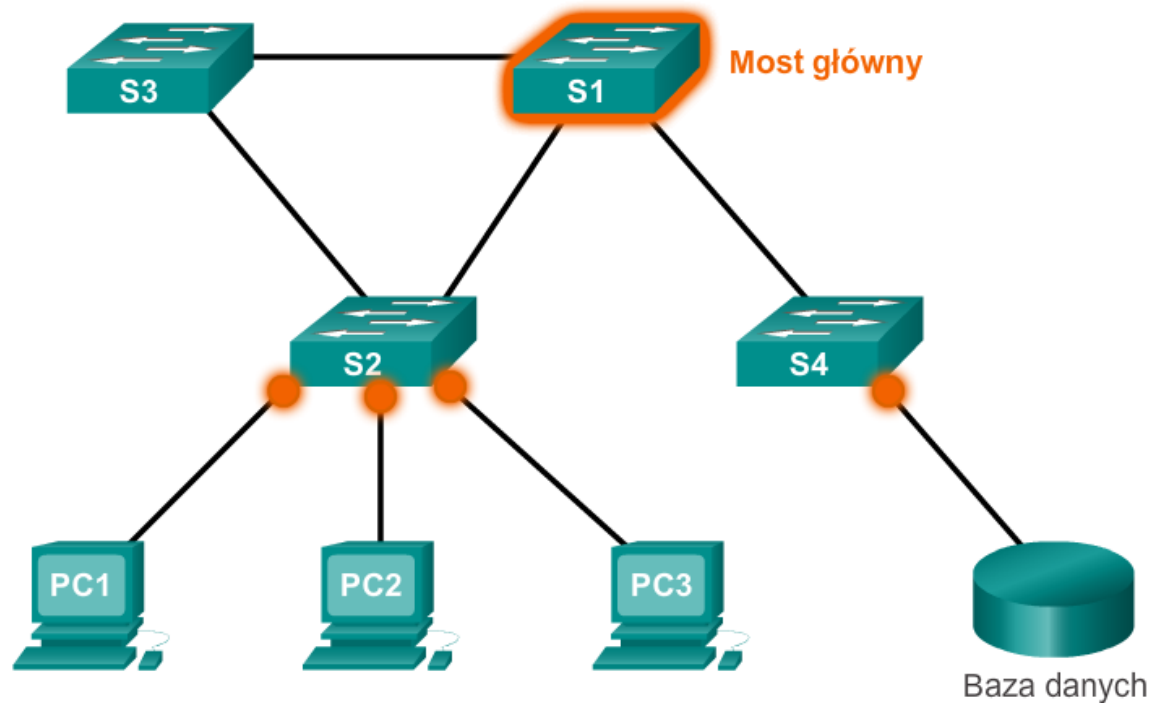
Pole	Długość w bajtach
Identyfikator protokołu=0x0000	2
Identyfikator wersji protokołu=0x02	1
Rodzaj BPDU=0x02	1
Flagi	1
Root ID	8
Koszt ścieżki do mostu głównego	4
Identyfikator mostu	8
Identyfikator portu	2
Wiek komunikatu	2
Wiek maksymalny	2
Czas Hello	2
Opóźnienie przekazywania	2

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



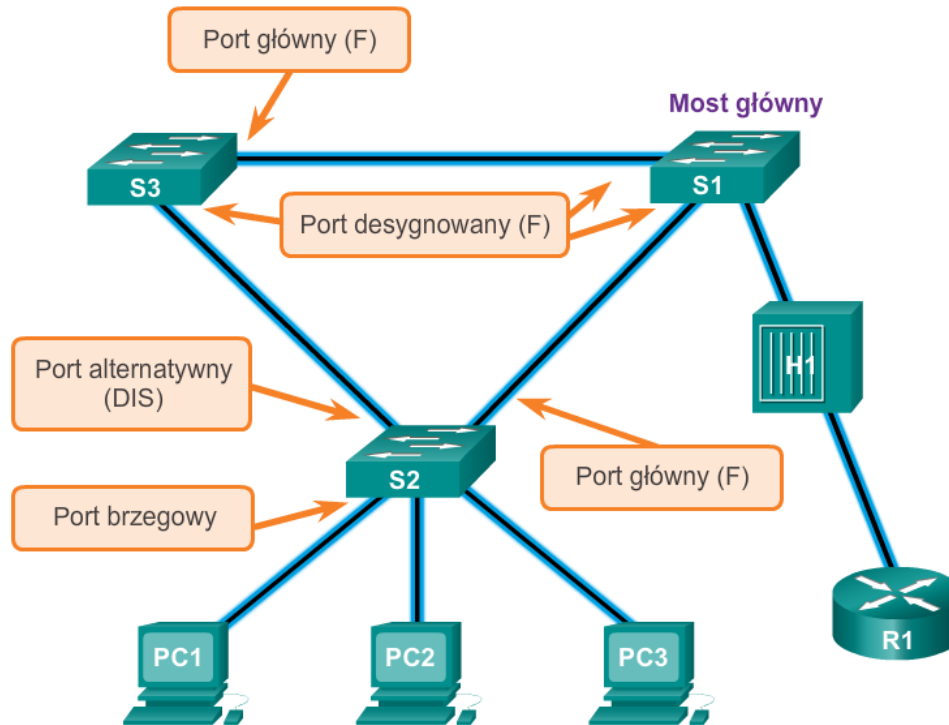
Rapid PVST+ Porty brzegowe



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+



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.

3.3 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

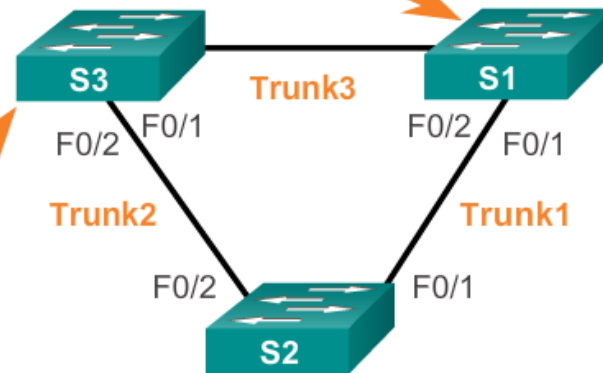
```
s1(config)# spanning-tree VLAN 1 root primary
s1(config)# end
```

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
```

```
Bridge ID    Hello Time  2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
```

```
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
```

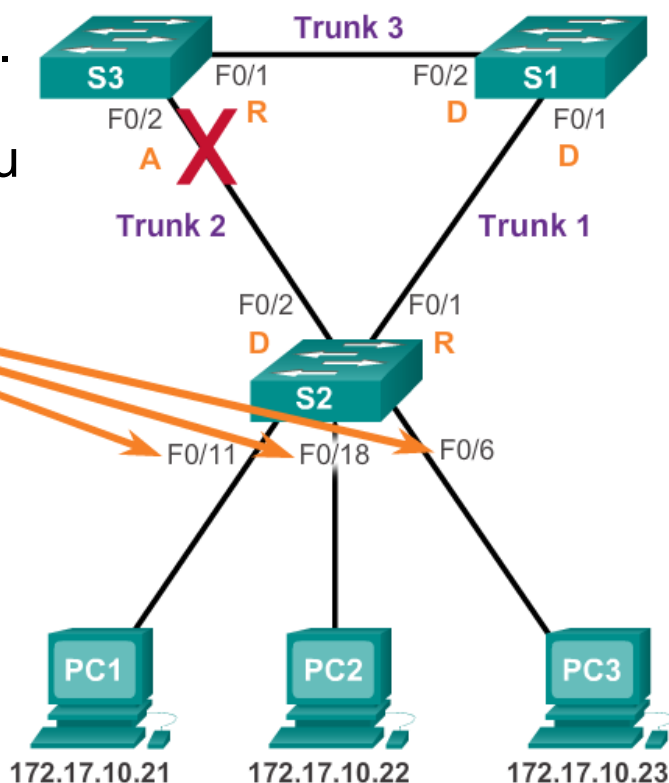
Interface	Role	Sts	Cost	Prio.Nbr	Type
-----	-----	----	-----	-----	-----
Fa0/1	Desg	FWD	4	128.1	p2p
Fa0/2	Desg	FWD	4	128.2	p2p

```
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
```

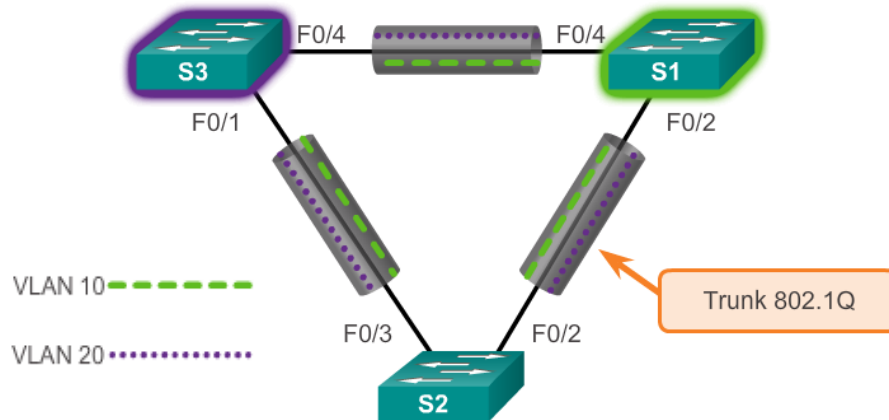


Konfiguracja PVST+

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

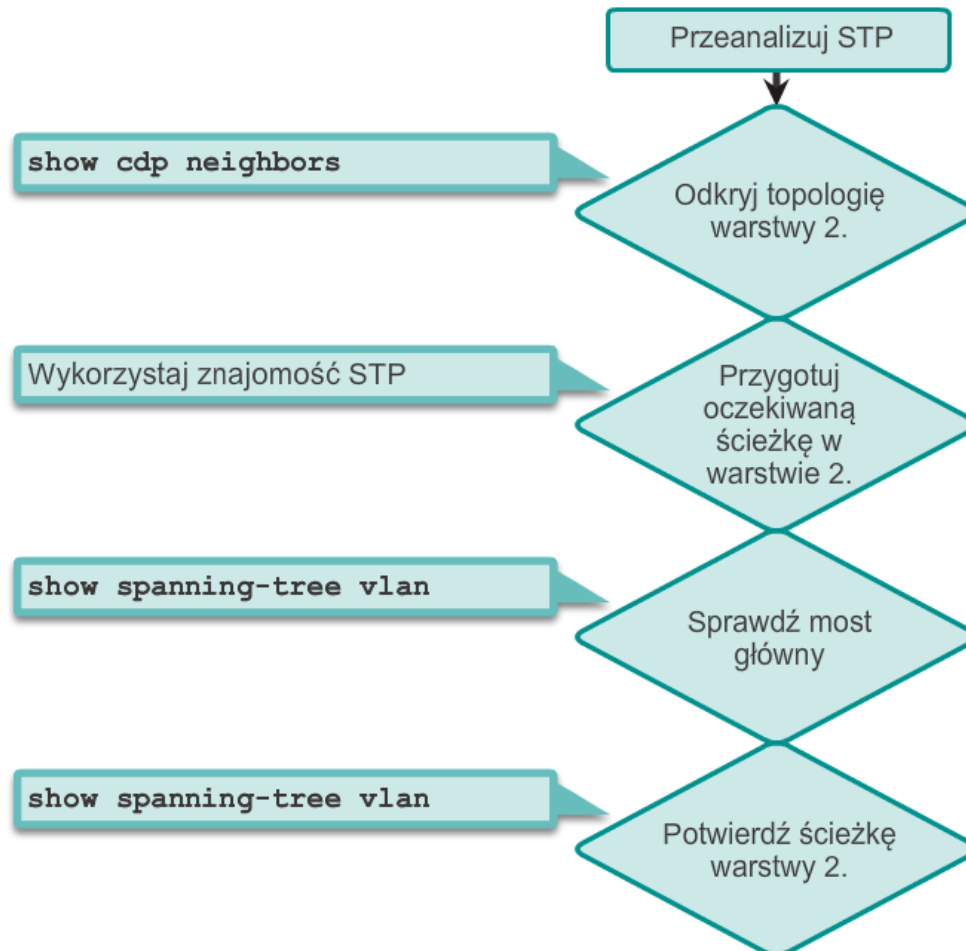
Przejdź do trybu konfiguracji globalnej.	<code>configure terminal</code>
Skonfiguruj Rapid PVST+ jako tryb spanning-tree	<code>spanning-tree mode rapid-pvst</code>
Określ interfejs, który chcesz konfigurować i wejdź do trybu konfiguracji interfejsu. Dopuszczalne interfejsy obejmują porty fizyczne, interfejsy 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>
Powrót 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

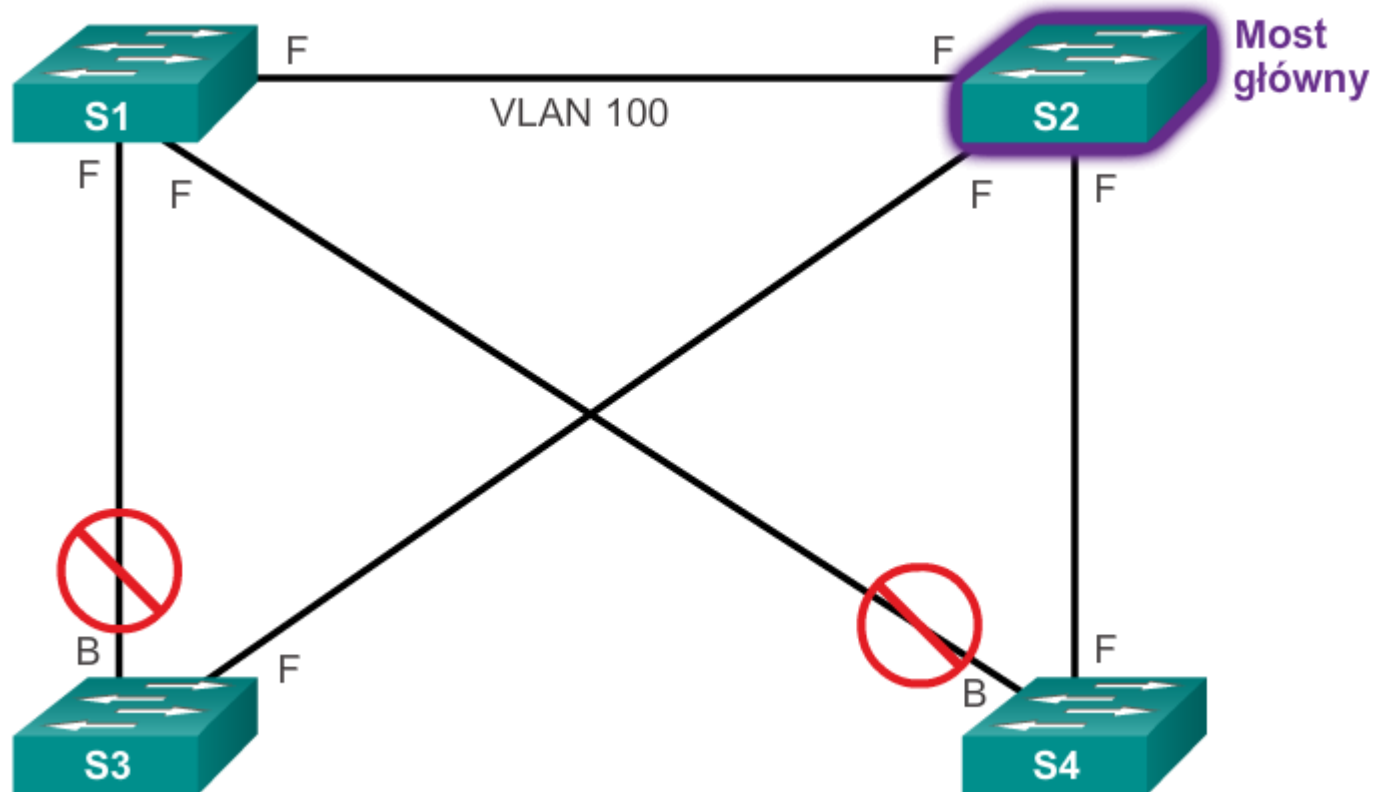




Problemy konfiguracyjne STP

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

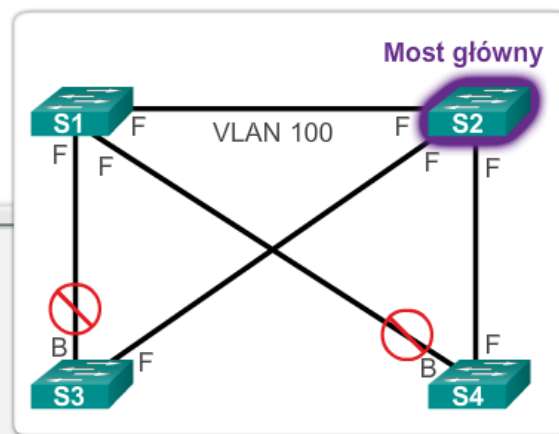
Bridge ID Priority 28772 (priority 28672 sys-id-ext 100)

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



Konsekwencje awarii Spanning-Tree

-





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.

3.4 Podsumowanie





Rozdział 3: Podsumowanie

- IEEE 802.1D jest zaimplementowany na przełącznikach Cisco na bazie poszczególnych sieci VLAN w postaci protokołu PVST+. To jest domyślna konfiguracja przełączników Cisco.
- RSTP, może być zaimplementowany na przełącznikach Cisco dla każdej sieci VLAN osobno w postaci protokołu Rapid PVST+.
- Z protokołem PVST+ i Rapid PVST+ mosty główne mogą być skonfigurowane aby proaktywnie równoważyły obciążenie spanning tree.
- Protokoły first hop redundancy, takie jak HSRP, VRRP i GLBP, zapewniają istnienie w sieciach przełączanych alternatywnych bram domyślnych.

