



ОНЛАЙН-ОБРАЗОВАНИЕ

Онлайн-образование

Не забыть включить запись!





Меня хорошо видно && слышно?

Ставьте  , если все хорошо
Напишите в чат, если есть проблемы



Избыточность локальных сетей. STP

Рукин Андрей

преподаватель

cisco@sk12.ru

Правила вебинара



Активно участвуем



Задаем вопрос в чат или голосом



Off-topic обсуждаем в Slack #канал группы или #general



Вопросы вижу в чате, могу ответить не сразу

Карта курса



3 Протокол BGP

4 Управление и защита сетевой инфраструктуры

5 Проектная работа



Принципы работы протокола STP



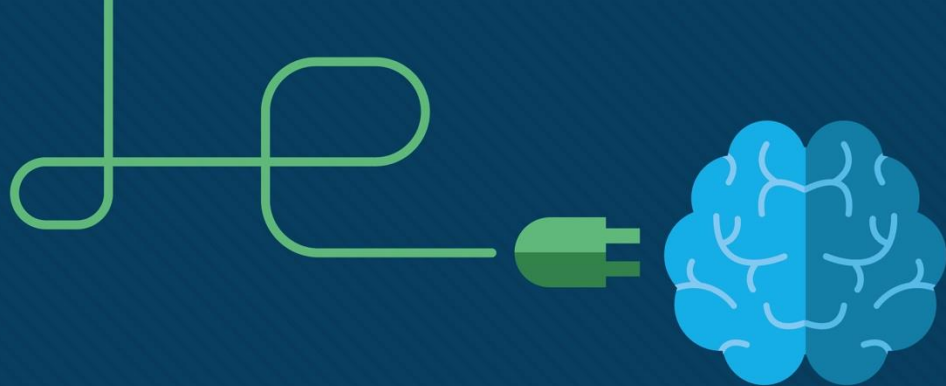
Типы протоколов связующего дерева



Настройка связующего дерева



Заключение



Глава 3. Протокол STP

CCNA Routing and Switching

Scaling Networks v6.0



Глава 3. Разделы и задачи

- 3.1. Основные понятия протокола связующего дерева
 - Создайте простую коммутируемую сеть с резервными каналами.
 - Объясните типичные неполадки в работе избыточной коммутируемой сети.
 - Постройте простую коммутируемую сеть с использованием протокола STP.
- 3.2. Разновидности протоколов связующего дерева
 - Как действуют различные протоколы STP.
 - Опишите различные разновидности протокола связующего дерева.
 - Объясните принципы работы протокола PVST+.
 - Объясните принципы работы протокола Rapid PVST+.

Глава 3. Разделы и цели (продолжение)

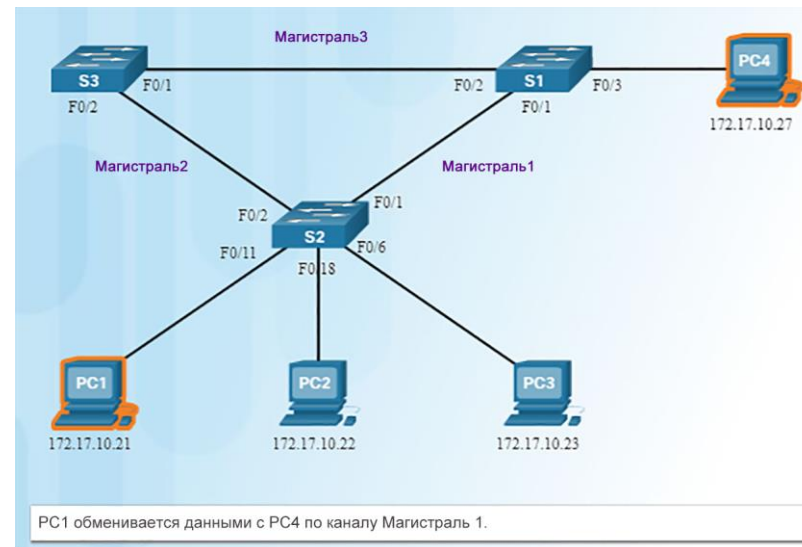
■ 3.3. Настройка связующего дерева

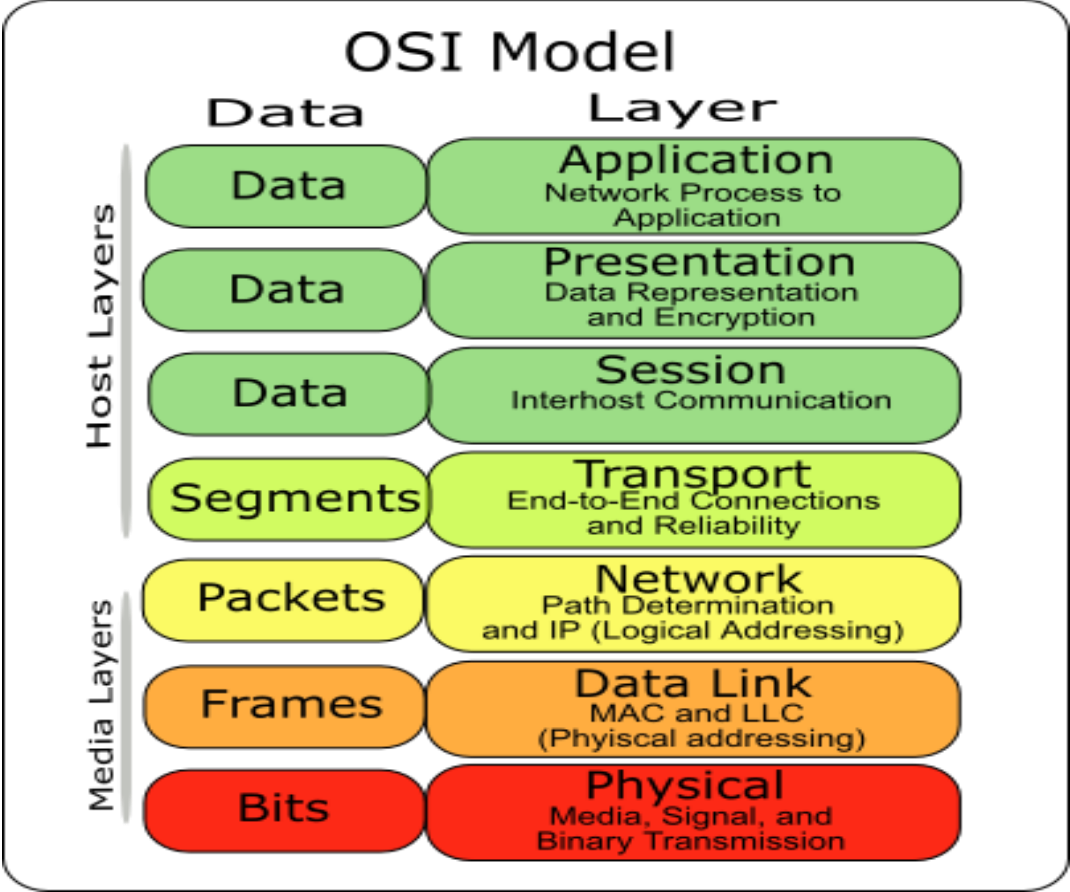
- Реализуйте PVST+ и Rapid PVST+ в среде коммутируемой локальной сети.
- Настройте протокол PVST+ в коммутируемой среде LAN.
- Настройте протокол Rapid PVST+ в коммутируемой среде LAN.
- Проанализируйте типовые ошибки конфигурации STP.

3.1. Принципы работы протокола STP

Резервирование на уровнях 1 и 2 модели OSI

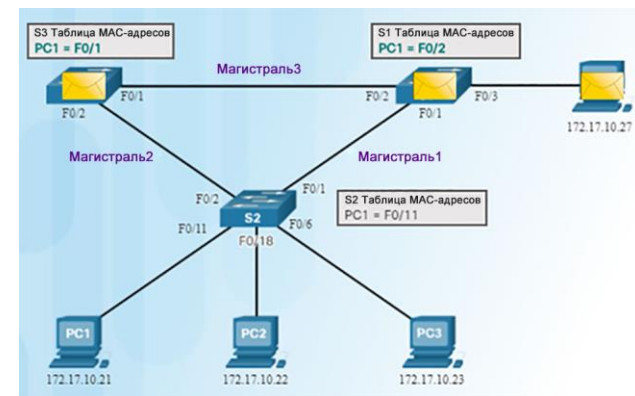
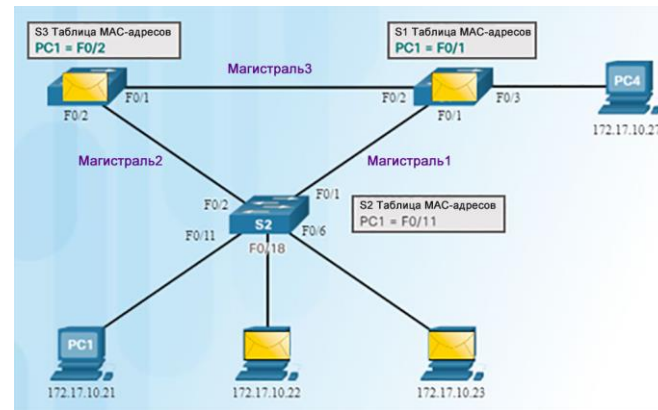
- Коммутируемые сети обычно имеют резервные пути и даже резервные каналы между двумя одинаковыми устройствами.
 - Резервные пути исключают возникновение одной точки отказа с целью повышения надежности и доступности.
 - Резервные пути могут проводить к возникновению физических и логических петель 2-го уровня.
- Протокол STP является протоколом 2-го уровня, который особенно полезен при наличии резервных каналов.
- Проблемы петель 2-го уровня
 - Нестабильность базы данных Mac-адресов — копии одного кадра, принимаются на разных портах.
 - Широковещательные штормы — широковещательные рассылки распространяются непрерывно, что вызывает нарушения в работе сети.
 - Множественная передача кадров — несколько копий одноадресных кадров направляются в один пункт назначения.





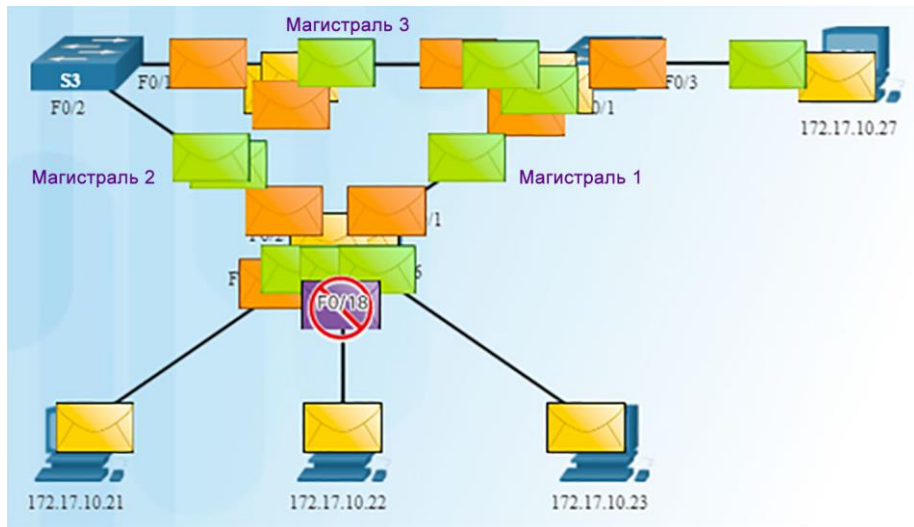
Проблемы с резервированием на уровне 1. Нестабильность базы данных MAC-адресов

- У кадров Ethernet нет поля предписанного времени жизни (TTL), как в заголовке IP 3-го уровня. Это означает, что в Ethernet нет механизма пропуска кадров, которые бесконечно распространяются. Это может привести к нестабильности базы данных MAC-адресов.
 - Компьютер PC1 отправляет широковещательный кадр на S2.
 - S2 обновляет таблицу MAC-адресов для MAC-адреса PC1 на порту 11.
 - S2 пересылает кадр из всех портов, за исключением порта, на который поступил этот кадр. S1 и S3 получают кадр на магистральном канале и обновляют свои таблицы MAC-адресов, указывая там, что компьютер PC1 доступен по магистральному порту.
 - S1 и S3 отправляют кадр из всех портов, за исключением порта, на который он поступил.
 - Когда коммутатор S1 пересылает кадр из порта 2 (магистраль 3), то S3 обновляет таблицу MAC-адресов, указывая в ней, что компьютер PC1 теперь доступен через порт 1.
- Хост, попавший в сетевую петлю, недоступен для других узлов в сети.
- Из-за постоянных изменений в таблице MAC-адресов коммутаторы S3 и S1 не знают, на какой порт пересылать кадры.

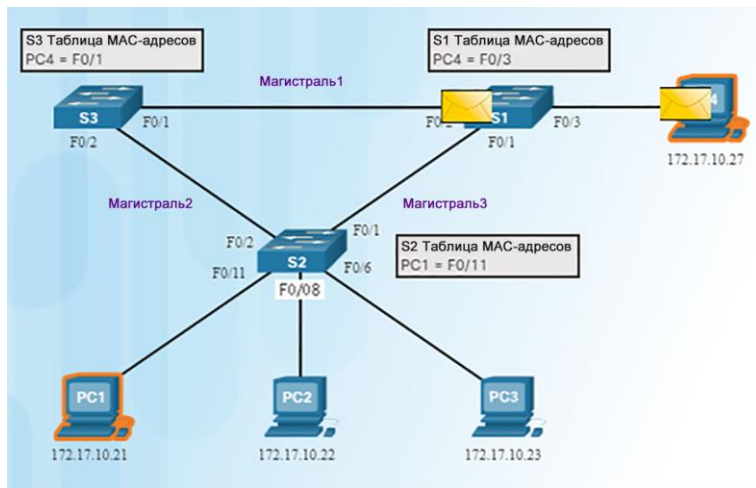


Проблемы с резервированием на уровне 1. Широковещательные штормы

- Широковещательный шторм — это такое количество фреймов широковещательной рассылки в петле 2-го уровня, которое заполняет всю доступную пропускную способность и делает сеть недоступной для правильного сетевого трафика.
 - Приводит к отказу в обслуживании (DoS)
 - Может возникнуть за несколько секунд и вывести сеть из строя



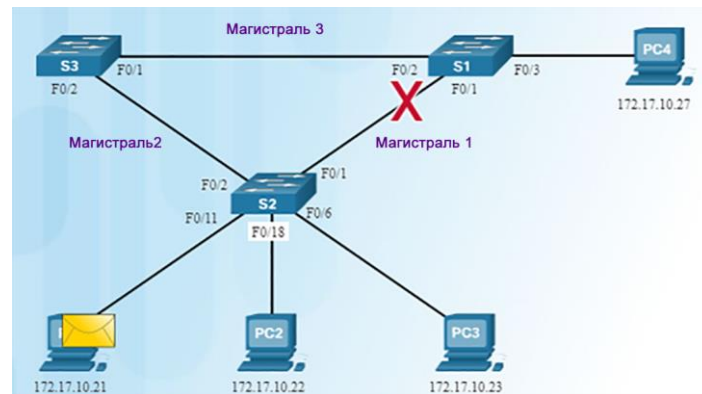
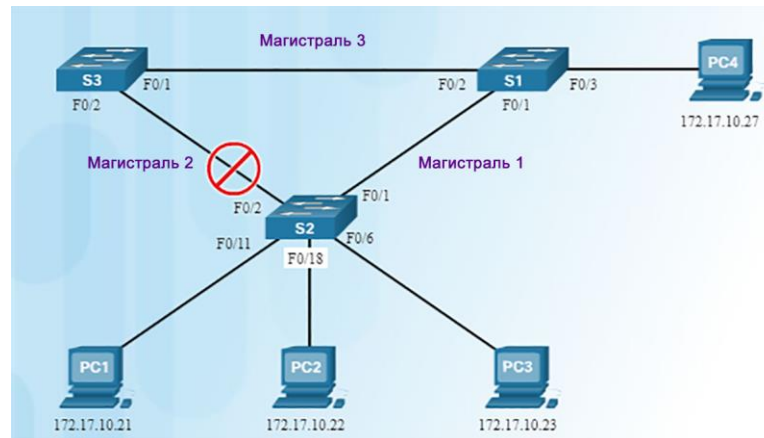
Проблемы с резервированием на уровне 1. Дублированные одноадресные кадры



- Неизвестный одноадресный кадр формируется, когда в таблице MAC-адресов коммутатора нет MAC-адреса назначения и ему приходится выполнить широковещательную рассылку этого кадра из всех своих портов, за исключением того, на который он был получен (входного порта).
- Неизвестные одноадресные кадры, отправленные в циклическую сеть, могут приводить к появлению дублирующихся кадров, поступающих на целевое устройство.
 1. PC1 отправляет кадр, предназначенный для PC4.
 2. В таблице MAC-адресов коммутатора S2 нет MAC-адреса PC4, поэтому он пересылает кадр из всех портов, включая магистральные каналы, которые ведут к S1 и S3. Коммутатор S1 отправляет кадр на PC4. S3 также отправляет копию кадра S1, который повторно доставляет кадр на PC4.

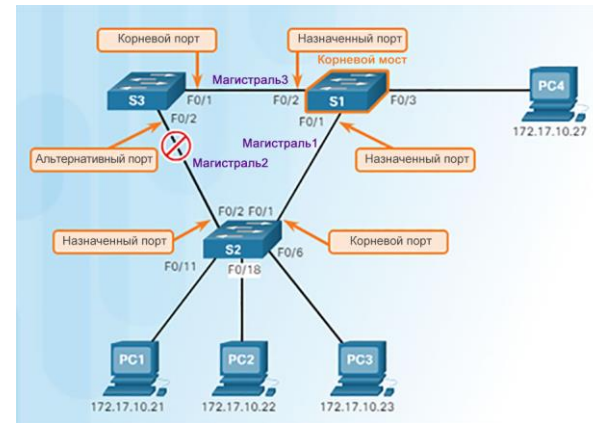
Алгоритм связующего дерева. Введение

- Протокол связующего дерева (STP) создает один логический путь через коммутационную сеть (все узлы назначения в сети).
 - Блокирует резервные пути, на которых могут возникнуть петли.
 - Чтобы создать один логический путь, протокол STP отправляет блоки протокольных данных моста (BPDU) между устройствами 2-го уровня.
- Порт на коммутаторе S2 заблокирован, поэтому трафик между любыми двумя устройствами может проходить только по одному пути.
- В случае сбоя магистрали 1 блокировка порта на коммутаторе S2 снимается и трафик может проходить между S2 и S3.



Алгоритм связующего дерева. Роли портов

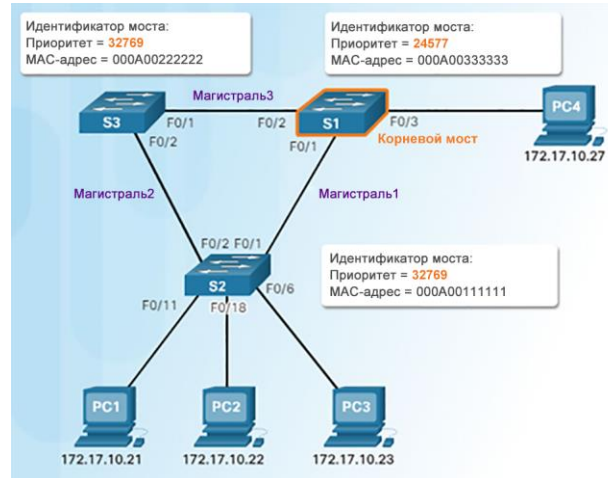
- Корневой мост — одно устройство 2-го уровня в коммутируемой сети.
- Корневой порт — один порт на коммутаторе с наименьшей стоимостью для достижения корневого моста.
- Назначенный порт — выбирается для каждого сегмента (каждого канала), исходя из стоимости возврата к корневому мосту для любой стороны канала.
- Альтернативный порт — резервный порт (только RSTP) для назначенного порта, если другая сторона не является корневым портом.
- Резервный порт — запасной порт (только RSTP) для корневого порта.



Алгоритм связующего дерева. Корневой мост

Поддерживает
операции STP
для каждой сети
VLAN

- Мост с наименьшим идентификатором (BID) становится корневым мостом
 - Изначально в BID было два поля: приоритет и MAC-адрес моста
 - Значение приоритета моста по умолчанию — 32 768 (его можно изменить)
 - Если приоритет моста не изменяется, то определяющим для выбора корневого моста становится самый низкий MAC-адрес.



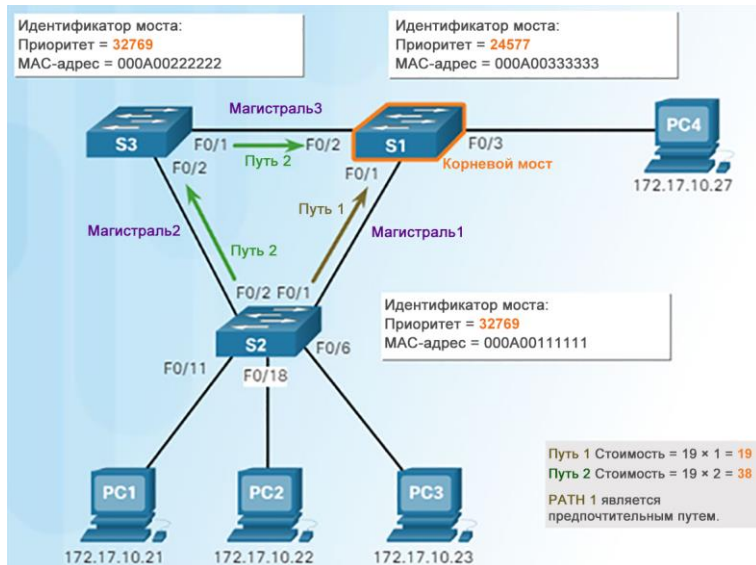
Принципы работы STP

Алгоритм связующего дерева:

стоимость корневого пути

Скорость канала	Стоимость (по измененной спецификации IEEE)	Стоимость (по предыдущей спецификации IEEE)
10 Gb/s	2	1
1 Gb/s	4	1
100 Mb/s	19	10
10 Mb/s	100	100

- Стоимость корневого пути используется для определения роли порта и того, будет ли блокироваться трафик.
- Стоимость можно изменить с помощью интерфейсной команды **spanning-tree cost**.



```
S2# configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
S2(config)# interface f0/1
S2(config-if)# spanning-tree cost 25
```

```
S2(config)# interface f0/1
S2(config-if)# no spanning-tree cost
```

```
S2# show spanning-tree

VLAN001
  Spanning tree enabled protocol ieee
  Root ID    Priority 24577
            Address 000A.0033.3333
            Cost   19
            Port   1
            Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

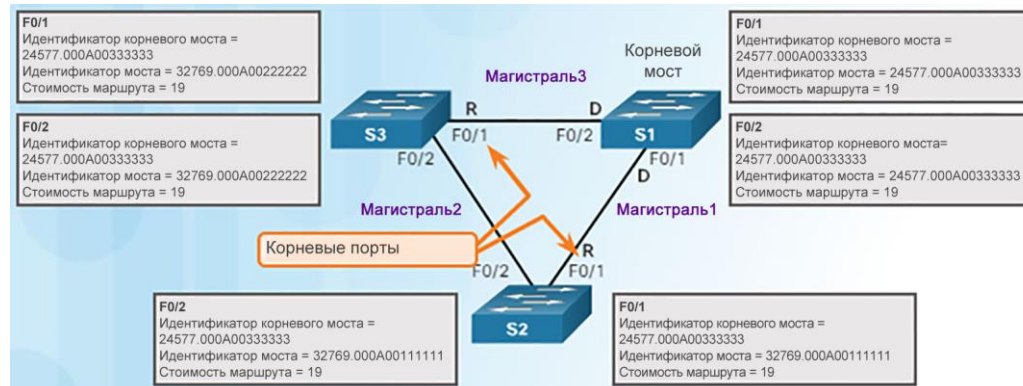
  Bridge ID  Priority 32769 (priority 32768 sys-id-ext 1)
            Address 000A.0011.1111
            Hello time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
            Aging Time 300

Interface Role Sts Cost Prio.Nbr Type
-----
F0/1      Root FWD 19   128.1   Edge P2p
F0/2      Desg FWD 19   128.2   Edge P2p
```

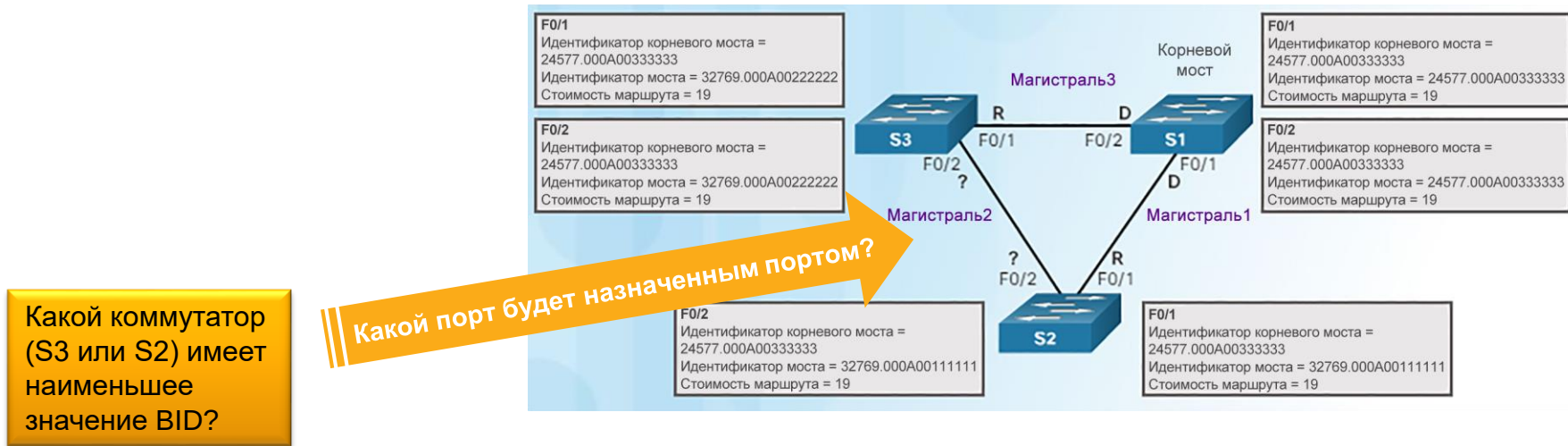
Принципы работы STP

Назначение ролей портов для RSTP

- S1 является корневым мостом



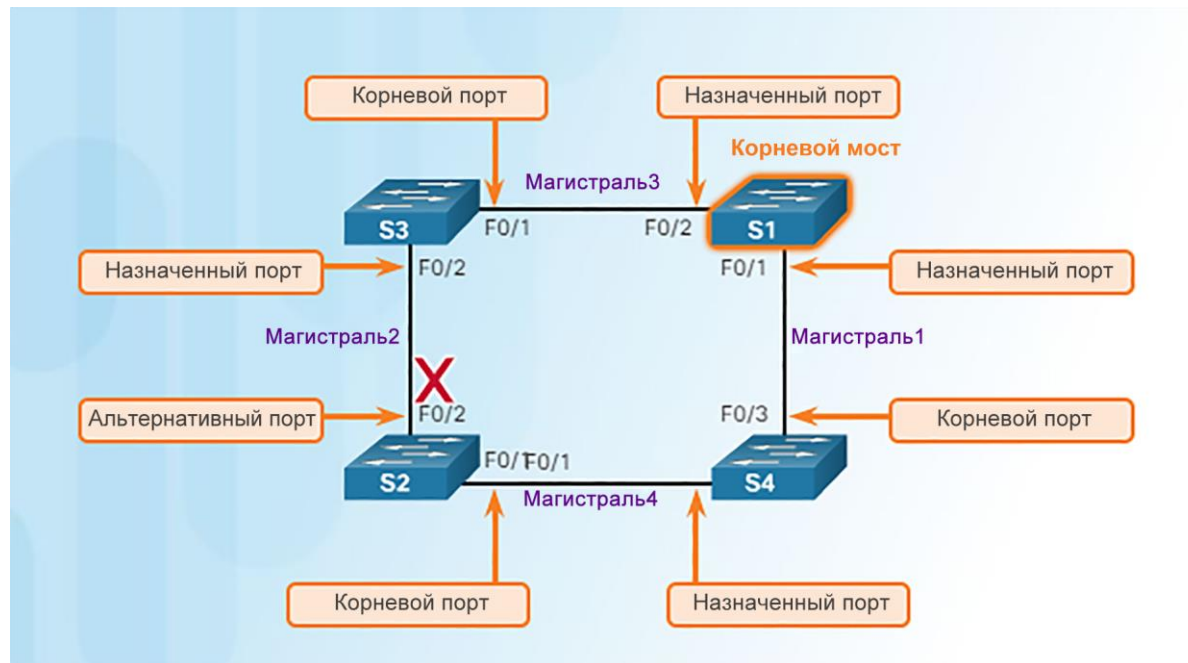
Определение ролей портов для RSTP (продолжение)



- После обмена сообщениями BPDU между коммутаторами S3 и S2 протокол STP определяет, что порт F0/2 на коммутаторе S2 становится назначенным портом и порт S3 F0/2 становится альтернативным портом и переходит в заблокированное состояние, поэтому в наличии имеется только один путь по коммутируемой сети.

Принципы работы STP

Определение назначенных и альтернативных портов



Помните, что состояния портов определяются по стоимости пути к корневому мосту.

Принципы работы STP

Формат кадра BPDU 802.1D

Номер поля	Байты	Поле
1-4	2	Идентификатор протокола
	1	Версия
	1	Тип сообщения
	1	Флаги
5-8	8	Идентификатор корневого моста
	4	Стоимость корневого пути
	8	Идентификатор моста
	2	Идентификатор порта
9-12	2	Возраст сообщения
	2	Максимальный возраст
	2	Время приветствия
	2	Задержка при пересылке

```

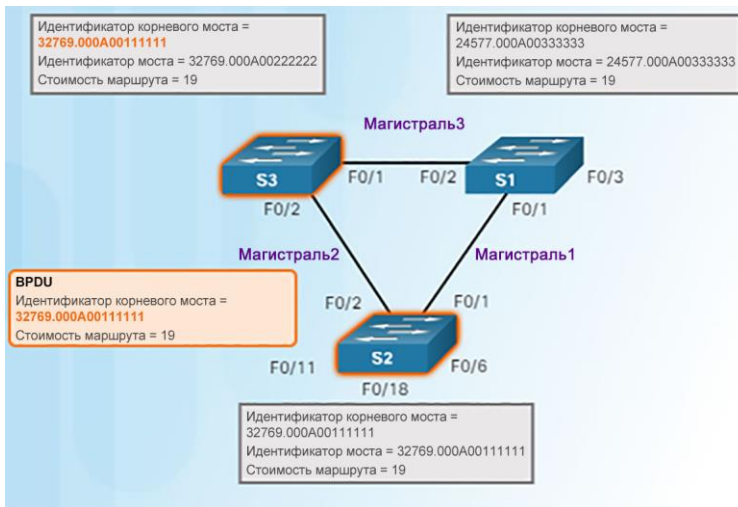
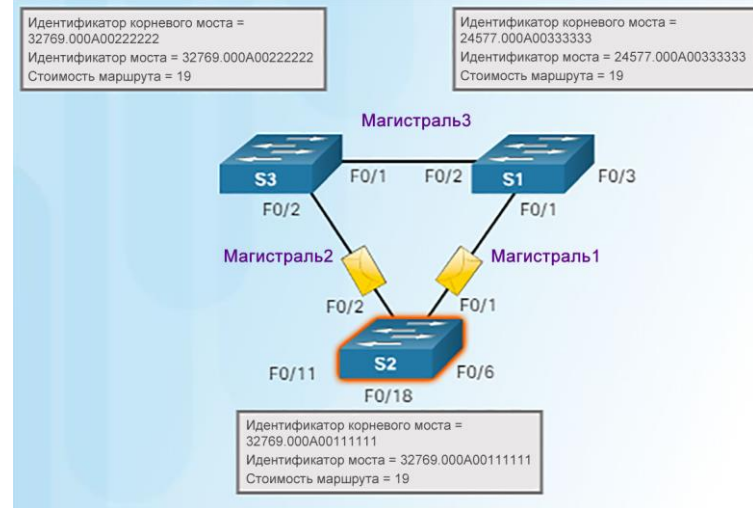
+ Frame 1 (60 bytes on wire, 60 bytes captured)
- IEEE 802.3 Ethernet
  + Destination: Spanning-tree-(for-bridges)_00 (01:80:c2:00:00:00)
  + Source: Cisco_9e:93:03 (00:19:aa:9e:93:03)
  Length: 38
  Trailer: 0000000000000000
+ Logical-Link Control
- Spanning Tree Protocol
  Protocol Identifier: Spanning 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
  
```

Поле	Описание
Идентификатор протокола	Тип используемого протокола; значение 0
Версия	Версия протокола; значение 0
Тип сообщения	Тип сообщения; значение 0
Флаги	Бит изменения топологии (TC) сигнализирует об изменении топологии; бит подтверждения изменения топологии (TCA) используется при получении сообщения конфигурации с битом TC
Идентификатор корневого моста	Информация о корневом мосте
Стоимость корневого пути	Стоимость пути от коммутатора, отправляющего сообщение конфигурации, к корневому мосту
Идентификатор моста	Включает приоритет, расширенный идентификатор системы и идентификатор MAC-адреса моста, отправляющего сообщение
Идентификатор порта	Номер порта, из которого было отправлено сообщение BPDU
Возраст сообщения	Время, которое прошло с момента отправки корневым мостом сообщения конфигурации
Максимальный возраст	Когда будет удалено текущее сообщение конфигурации
Время приветствия	Время между сообщениями корневого моста
Задержка при пересылке	Время задержки до перехода мостов в новое состояние

Принципы работы STP

BPDU 802.1D, распространение и обработка

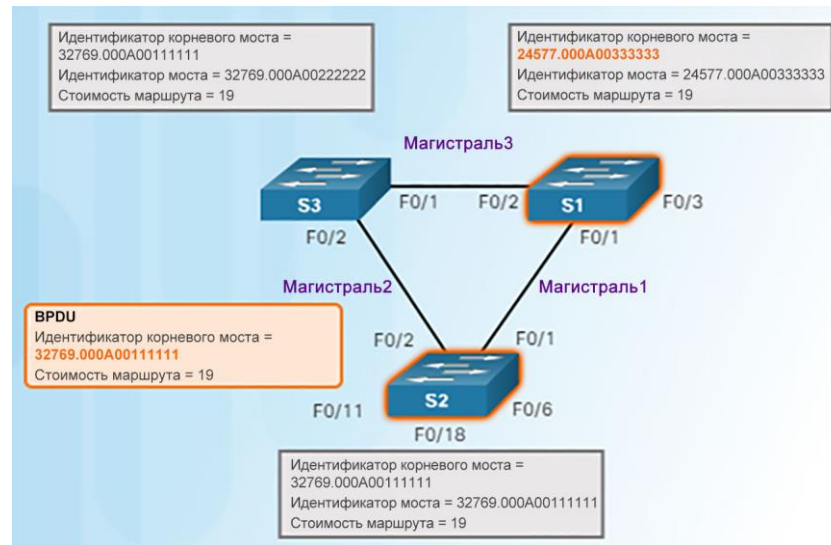
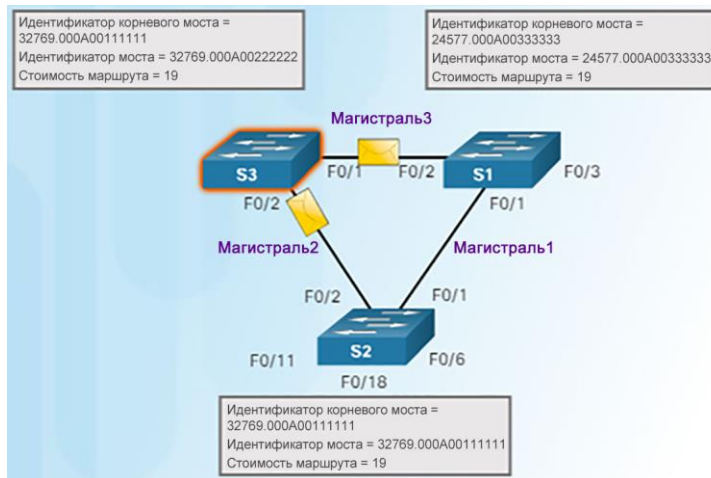
1. После включения коммутатора он предполагает, что является корневым мостом до тех пор, пока не будут отправлены кадры BPDU и выполнены расчеты STP. Коммутатор S2 отправляет кадры BPDU.
2. S3 сравнивает свой корневой идентификатор с сообщением BPDU от коммутатора S2. S2 имеет меньшее значение, поэтому S3 обновляет свой корневой идентификатор.



Принципы работы STP

802.1D BPDU, распространение и обработка (продолжение)

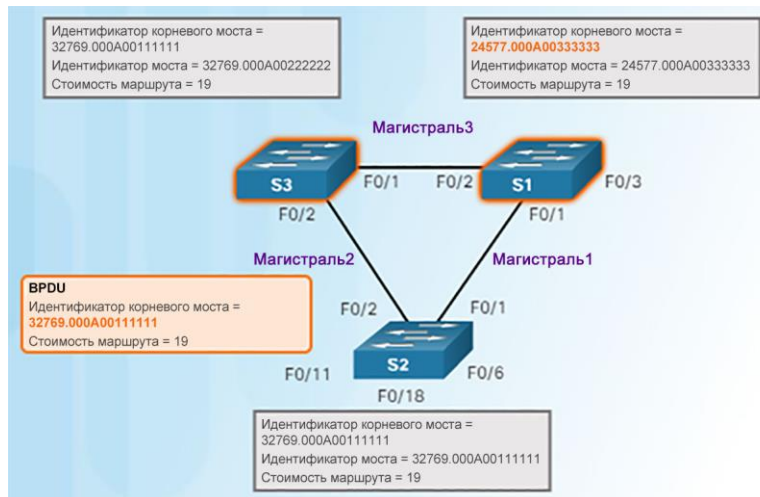
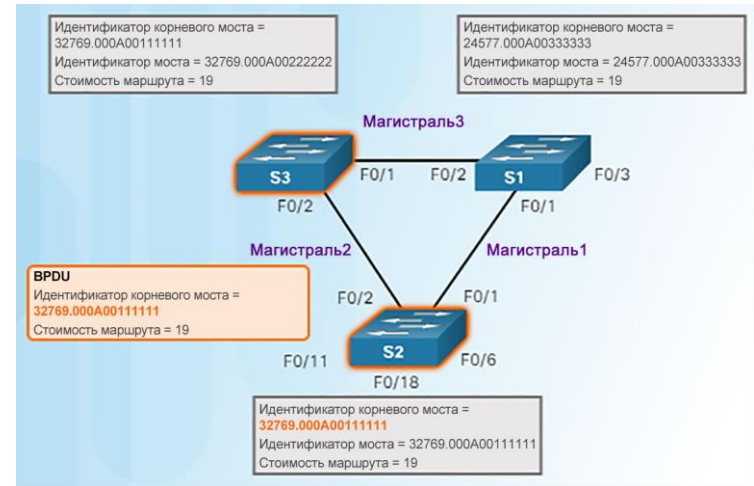
3. S1 получает ту же информацию от S2 и, поскольку у S1 более низкое значение BID, не учитывает информацию, полученную от коммутатора S2.
4. S3 отправляет кадры BPDU из всех портов, указывая, что S2 — это корневой мост.



Принципы работы STP

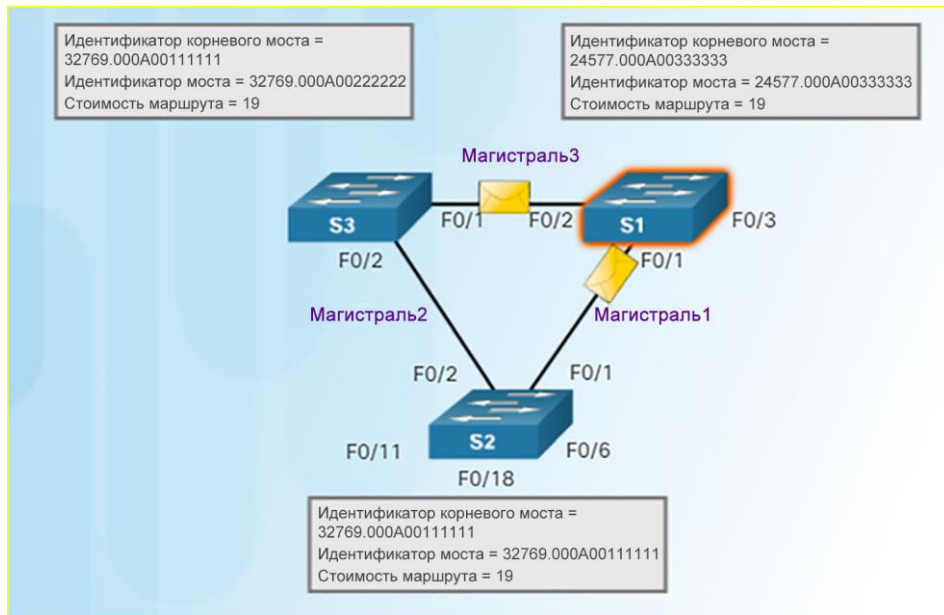
802.1D BPDU, распространение и обработка (продолжение)

5. S2 сравнивает информацию от S3, поэтому S2 по-прежнему считает, что он корневой мост.
6. S1 получают такую же информацию от S3 (что S2 — корневой мост), но, поскольку у S1 более низкое значение BID, коммутатор не учитывает информацию, приведенную в BPDU.



802.1D BPDU, распространение и обработка (продолжение)

7. Теперь коммутатор S1 отправляет сообщения BPDU из всех портов. В BPDU указано, что коммутатор S1 назначен корневым мостом.

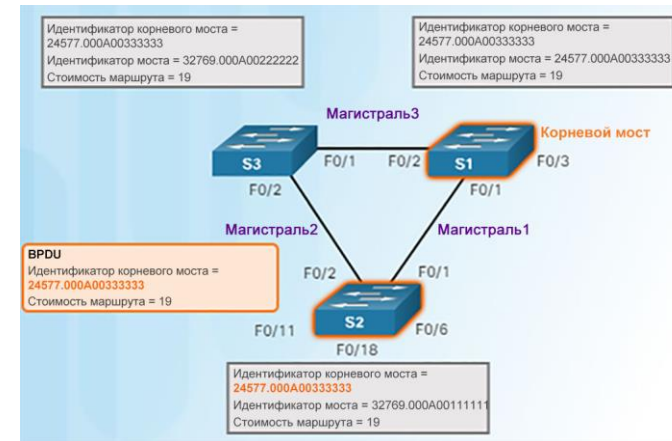
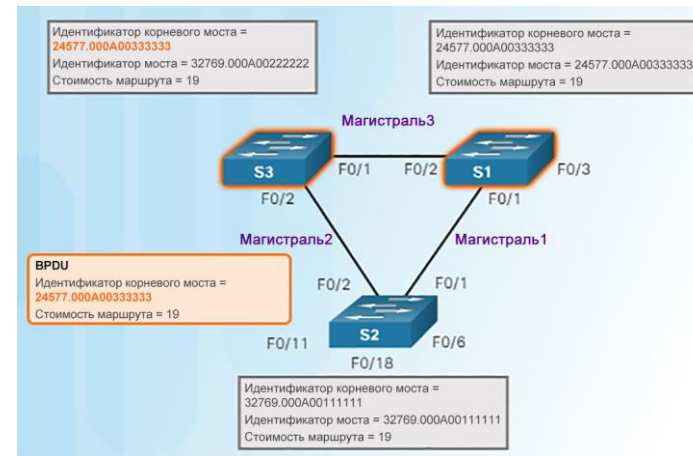


Принципы работы STP

802.1D BPDUs, распространение и обработка (продолжение)

8. S3 сравнивает информацию, полученную от коммутатора S1, и видит, что BID от коммутатора S1 меньше, чем BID, указанный в сохраненной у него информации о корневом мосте, согласно которой S2 — это в настоящее время корневой мост. S3 изменяет корневой идентификатор на информацию, полученную от коммутатора S1.
9. S2 сравнивает информацию, полученную от коммутатора S1, и видит, что значение BID от коммутатора S1 меньше его собственного значения BID. S2 теперь обновляет свою информацию и указывает, что S1 является корневым мостом.

Следует помнить, что после определения корневой моста можно определить другие роли портов, поскольку делается это по общей стоимости пути к корневому мосту.

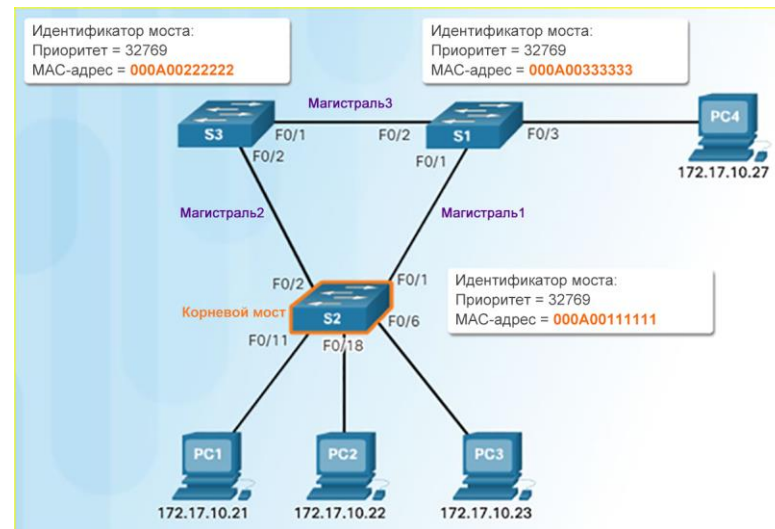
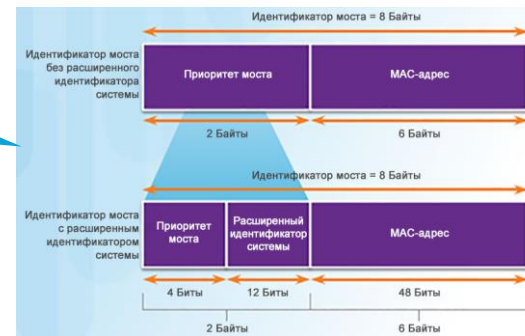
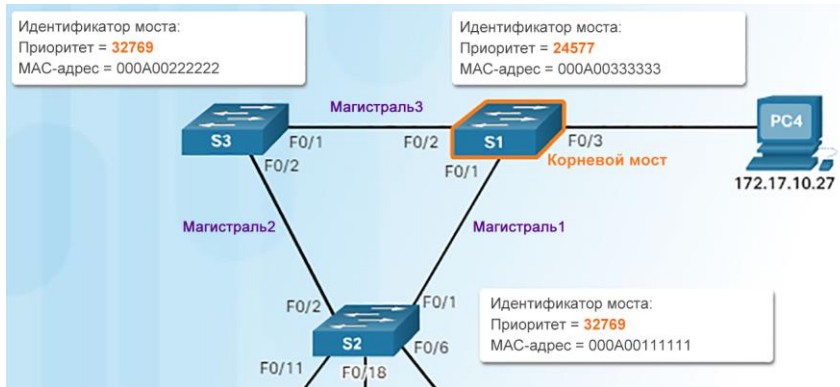


Принципы работы STP

Расширенный идентификатор системы

Запомните, что коммутатор с наименьшим значением BID становится корневым

- Если установленные по умолчанию приоритеты не изменены, то наименьшее значение BID определяется по самому низкому MAC-адресу.
- Значение приоритета можно изменить, чтобы повлиять на выбор корневого моста.



3.2. Типы протоколов связующего дерева

Типы протоколов связующего дерева

Тип протокола STP	Описание
802.1D	1998 — первоначальный стандарт протокола STP
CST	Один экземпляр протокола связующего дерева
PVST+	Обновление Cisco до 802.1D; каждая виртуальная сеть VLAN имеет собственный экземпляр протокола связующего дерева
802.1D	2004 — обновленное мостовое соединение и стандарт STP
802.1w (RSTP)	Улучшение конвергенции путем добавления новых ролей портам и усовершенствования обмена BPDU
Rapid PVST+	Усовершенствование корпорацией Cisco протокола RSTP с использованием PVST+
802.1s (MSTP)	У нескольких виртуальных сетей VLAN может быть один и тот же экземпляр протокола связующего дерева

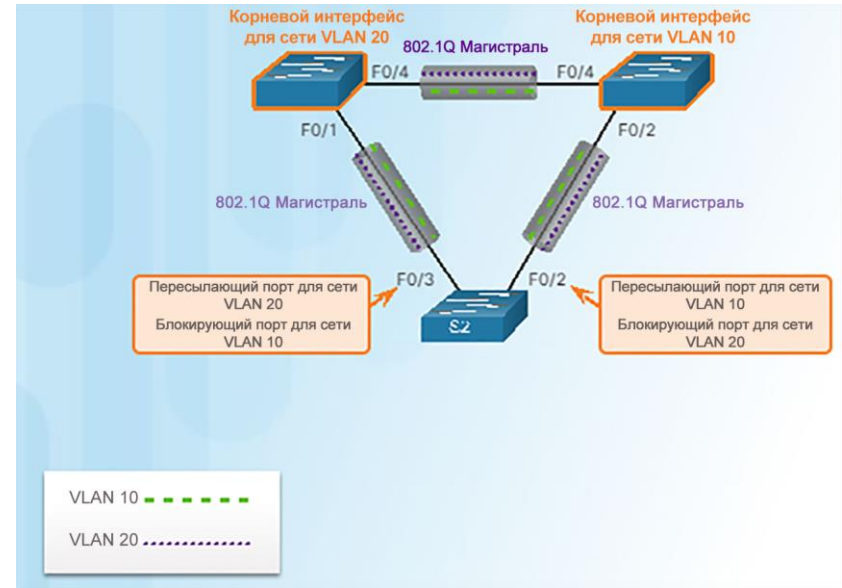
Характеристики протоколов связующего дерева

Тип протокола STP	Стандартный	Необходимые ресурсы	Конвергенция	Расчет дерева
STP	802.1D	Низкий	Медленная	Все сети VLAN
PVST+	Cisco	Высокий	Медленная	На VLAN
RSTP-протокол	802.1w	Средство подключения	Высокая скорость	Все сети VLAN
Rapid PVST+	Cisco	Очень высокая	Высокая скорость	На VLAN
MSTP	802.1s	Средняя или высокая	Высокая скорость	На экземпляре

Разновидности протоколов связующего дерева

Обзор PVST+

- В первоначальной версии 802.1D определен общий протокол связующего дерева
 - Один экземпляр протокола связующего дерева для коммутируемой сети (независимо от количества виртуальных сетей VLAN)
 - Выравнивание нагрузки не поддерживается
 - Один восходящий канал должен блокировать все сети VLAN
 - Низкий уровень загрузки ЦП, поскольку используется или вычисляется только один экземпляр STP
- Cisco PVST+ — каждая виртуальная сеть VLAN имеет собственный экземпляр протокола связующего дерева
 - Один порт может быть блокирующим для одной виртуальной локальной сети и пересылающим для другой виртуальной локальной сети
 - Возможно распределение нагрузки
 - При использовании большого количества виртуальных сетей VLAN возможна значительная нагрузка на ЦП



Разновидности протоколов связующего дерева

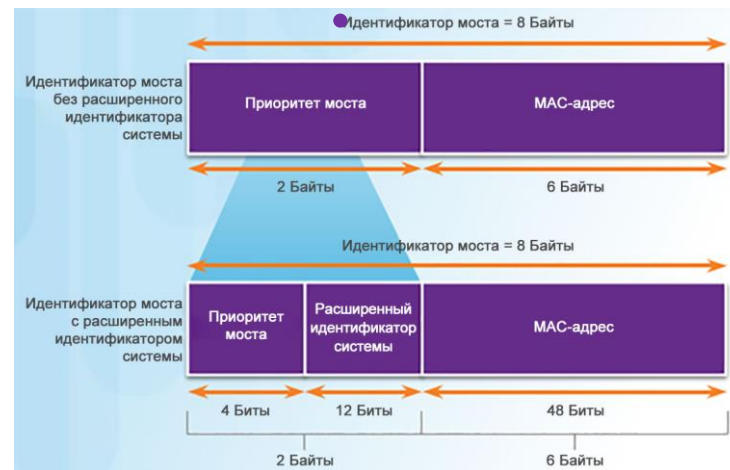
Состояния портов и принципы работы PVST+

	Состояние порта				
Операция разрешена	Блокирующий режим	Режим прослушивания	Обучение	Режим пересылки	Disabled (Отключено)
Может получать и обрабатывать BPDU	Да	Да	Да	Да	Нет
Может пересылать кадры данных, полученные на интерфейс	Нет	Нет	Нет	Да	Нет
Может пересылать кадры данных, полученные из другого интерфейса	Нет	Нет	Нет	Да	Нет
Может получать данные MAC-адресов	Нет	Нет	Да	Да	Нет

Расширенный идентификатор системы и принципы работы PVST+

- Поле расширенного идентификатора системы обеспечивает наличие у каждого коммутатора уникального идентификатора BID для каждой виртуальной сети VLAN.
- Номер VLAN добавляется к значению приоритета.
 - Пример: сеть VLAN 2 имеет приоритет 32770 (значение по умолчанию 32768 плюс номер виртуальной сети VLAN 2 равно 32770)
 - Значение приоритета можно изменить, чтобы повлиять на процесс выбора корневого моста
- Причины выбора конкретного коммутатора в качестве корневого моста
 - Коммутатор находится в таком положении, что большая часть трафика проходит по направлению к этому коммутатору
 - Коммутатор оснащен большей вычислительной мощностью (лучшим ЦП)
 - К коммутатору легче получить доступ и осуществлять удаленное управление

Помните, что BID является уникальным идентификатором



Разновидности протоколов связующего дерева

Обзор Rapid PVST+



- Rapid PVST+ ускоряет пересчет STP и обеспечивает более быструю сходимость
 - Версия RSTP от Cisco
- Два новых типа портов
 - Альтернативный порт (DIS)
 - Резервный порт
- Для каждой виртуальной сети VLAN запускается независимый экземпляр RSTP
- Функции Cisco, например UplinkFast и BackboneFast, несовместимы с коммутаторами, в которых есть протокол RSTP

Разновидности протоколов связующего дерева

Сообщения BPDU протокола RSTP

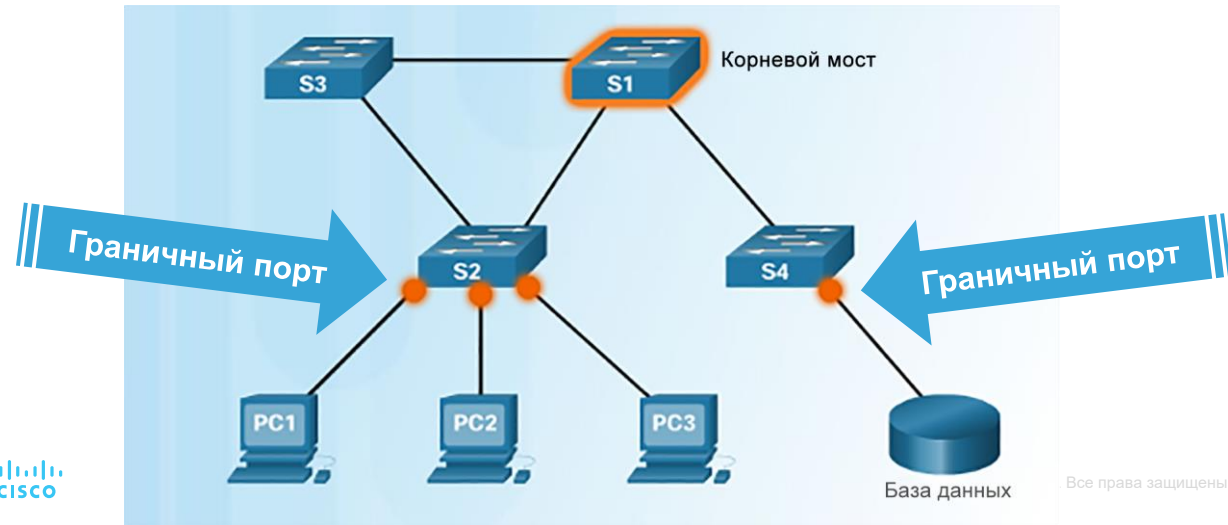
- Протокол RSTP использует BPDU 2-го типа версии 2
 - Исходная была версия 0 типа 0
- Коммутатор, в котором используется протокол RSTP, может работать и обмениваться данными с коммутатором, имеющим первоначальную версию 802.1D
- BPDU используются в качестве механизма keepalive
 - 3 пропущенных сообщения BPDU указывают на потерю связи

RSTP версия 2 BPDU	
Поле	Длина байт
Идентификатор протокола=0x0000	2
Идентификатор версии протокола=0x02	1
Тип BPDU=0x02	1
Флаги	1
Идентификатор корневого моста	8
Стоимость корневого пути	4
Идентификатор моста	8
Идентификатор порта	2
Возраст сообщения	2
Максимальный возраст	2
Время приветствия	2
Задержка при пересылке	2

Поле флага	
Бит поля	Бит
Изменение топологии	0
Коммерческое предложение	1
Роль порта	2-3
Неизвестный порт	00
Альтернативный или резервный порт	01
Корневой порт	10
Назначенный порт	11
Обучение	4
Режим пересылки	5
Соглашение	6
Изменение топологии Подтверждение	7

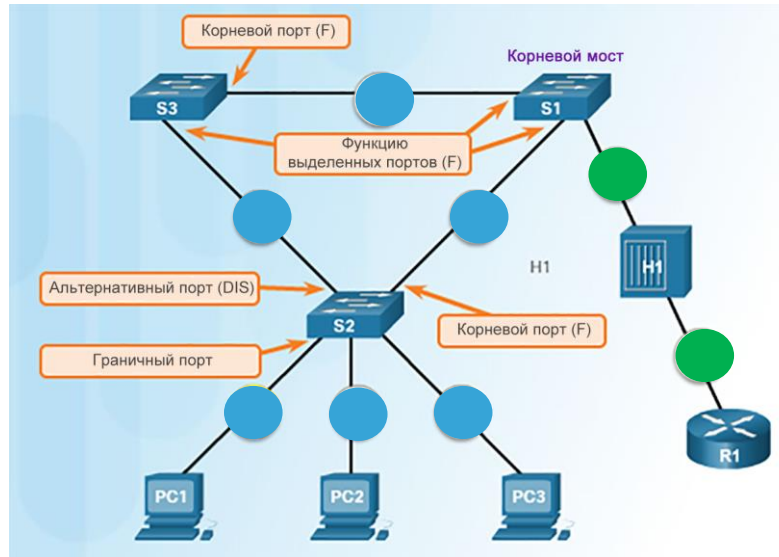
Граничные порты

- К нему всегда подключено оконечное устройство, которое **НИКОГДА** не является другим коммутатором
- Немедленно переходит в состояние пересылки
- Функционирует аналогично порту, настроенному с использованием Cisco PortFast
- Используйте команду **spanning-tree portfast**



Типы каналов

- Точка-точка — порт в полнодуплексном режиме, соединяющий один коммутатор с другим или устройство с коммутатором
- Общий — порт в полудуплексном режиме, соединяющий концентратор с коммутатором



- Точка-точка (point-to-point)
- С общим доступом

3.3. Настройка связующего дерева

Конфигурация PVST+

Конфигурация Catalyst 2960 по умолчанию

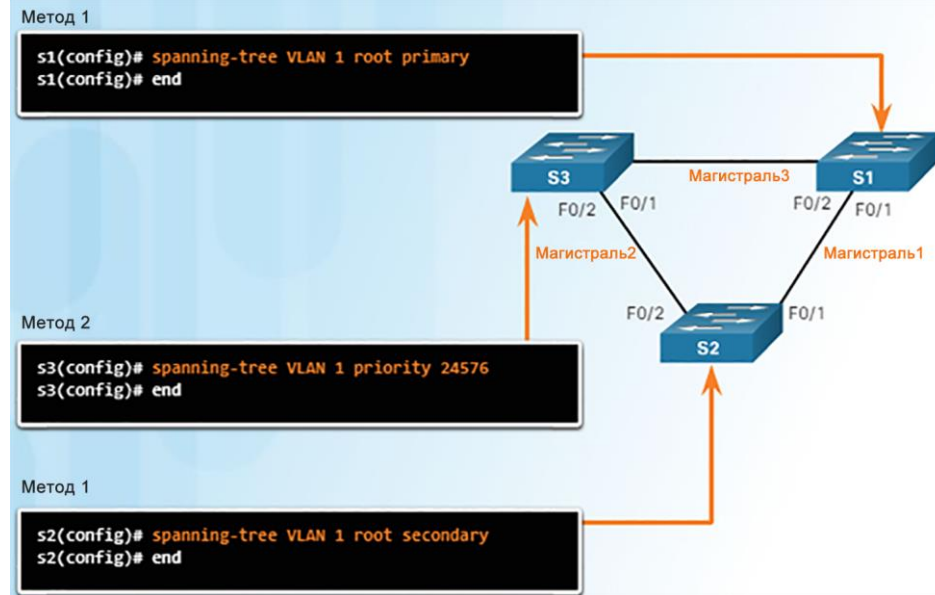
Функция	Настройка по умолчанию
Состояние включения	Включено в сети VLAN 1
Режим связующего дерева	PVST+ (Rapid PVST+ и MSTP отключены)
Приоритет коммутатора	32768
Приоритет порта связующего дерева (настраивается для каждого интерфейса отдельно)	128
Стоимость порта связующего дерева (настраивается для каждого интерфейса отдельно)	1000 Мбит/с: 4 100 Мбит/с: 19 10 Мбит/с: 100
Приоритет порта сети VLAN (настраивается для каждой сети VLAN отдельно)	128
Стоимость порта связующего дерева сети VLAN (настраивается для каждой сети VLAN отдельно)	1000 Мбит/с: 4 100 Мбит/с: 19 10 Мбит/с: 100
Таймеры связующего дерева	Время приветствия: 2 секунды Время задержки при пересылке: 15 секунд Максимальный возраст в секундах: 20 секунд Счетчик задержки передачи: 6 BPDU

Задание и проверка идентификатора моста

- Существуют два способа повлиять на выбор корневого моста.
 - С помощью команды **spanning-tree vlan x root primary** или **secondary**.
 - Путем изменения значения приоритета с помощью команды **spanning-tree vlan x priority x**.
- Проверьте идентификатор моста и выбор корневого моста с помощью команды **show spanning-tree**.

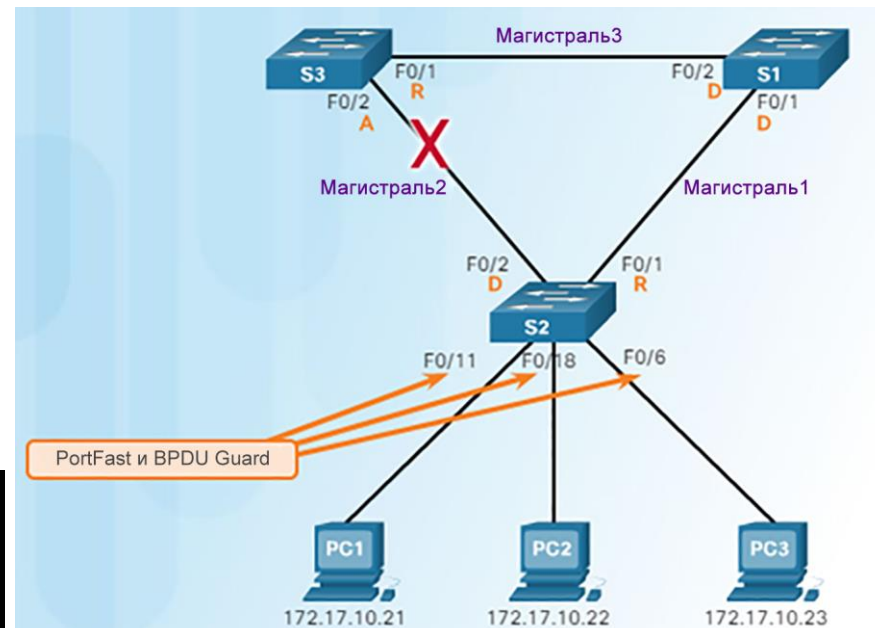
```
S3# show spanning-tree
VLAN0001
  Spanning tree enabled protocol ieee
  Root ID    Priority    24577
             Address     00A.0033.3333
             This bridge is the root
             Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
  Bridge ID  Priority    24577 (priority 24576 sys-id-ext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



PortFast и функция защиты от атак на уровне BPDU

- PortFast используется на портах, к которым подключены оконечные устройства.
 - Переводит порт в состояние пересылки
 - Обеспечивает надлежащую работу DHCP
- При получении сообщения BPDU функция защиты от атак на уровне BPDU отключает порт, на котором настроена функция PortFast



```
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# show running-config interface f0/11
Building configuration...

Current configuration : 90 bytes
!
interface FastEthernet0/11
 spanning-tree portfast
 spanning-tree bpduguard enable
```

Настройка PVST+

Распределение нагрузки PVST+

```
S3(config)# spanning-tree vlan 20 root primary
S3(config)# spanning-tree vlan 10 root secondary
```

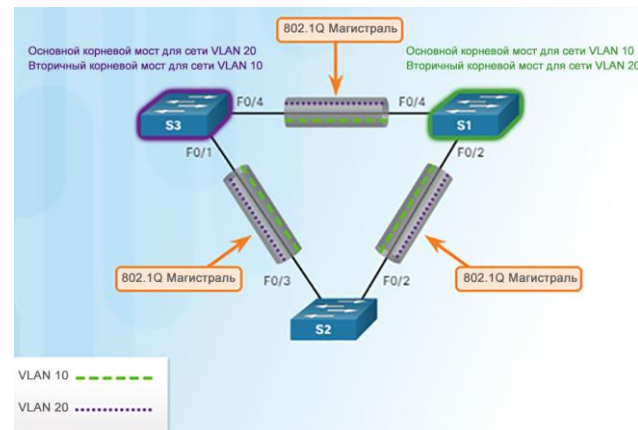
ИЛИ

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

```
S1(config)# spanning-tree vlan 10 root primary
S1(config)# spanning-tree vlan 20 root secondary
```

ИЛИ

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



```
S1# show spanning-tree active
<output omitted>

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
```

```
S1# show running-config
Building configuration...

Current configuration : 1595 bytes
!
version 12.2
<output omitted>

!
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
```

Настройка Rapid PVST+

Режим связующего дерева

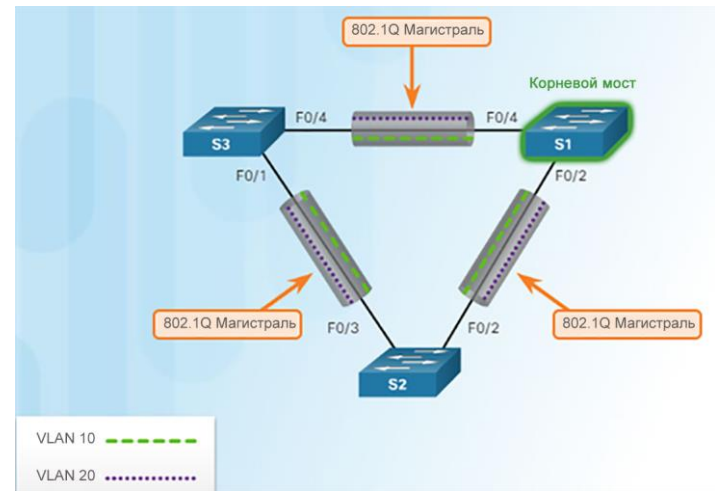
- Протокол Rapid PVST+ поддерживает RSTP для отдельных виртуальных сетей VLAN.
- По умолчанию в коммутаторах 2960 задан режим PVST+.
- Команда **Spanning-tree mode rapid-pvst** переводит коммутатор в режим Rapid PVST+.
- Интерфейсная команда **Point-to-point spanning-tree link-type** назначает определенный порт в качестве канала «точка-точка» (point-to-point) (без подключенного концентратора).
- Команда привилегированного режима **clear spanning-tree detected-protocols** используется для очистки STP.

```
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
```

```
S1# show run

<output omitted>

spanning-tree mode rapid-pvst
spanning-tree extend system-id
spanning-tree vlan 1 priority 24576
spanning-tree vlan 10 priority 4096
spanning-tree vlan 20 priority 28672
```



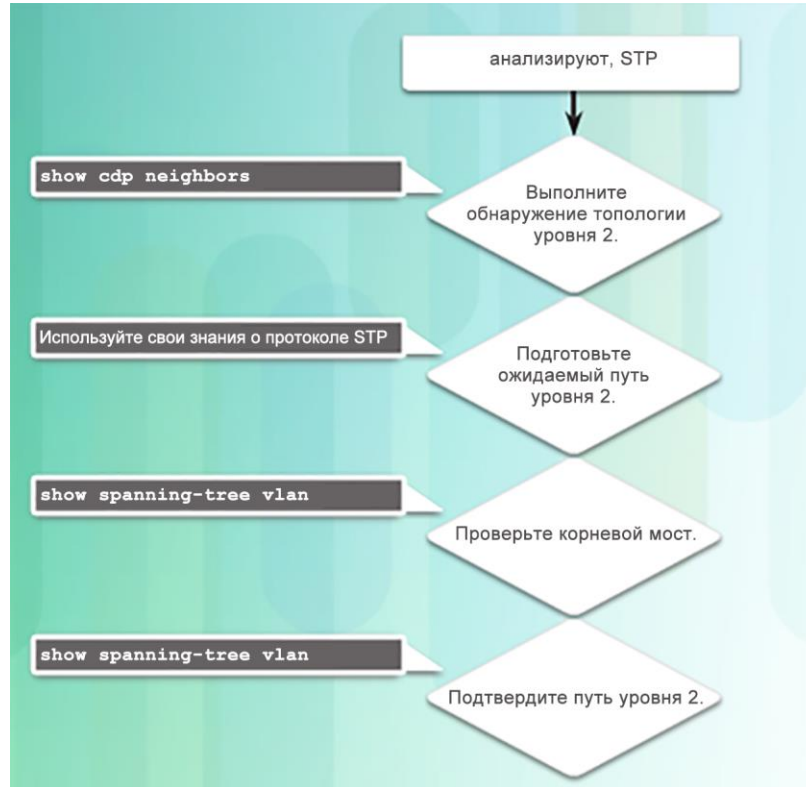
```
S1# show spanning-tree vlan 10
```

```
VLAN0010
Spanning tree enabled protocol rstp
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 LRN 19 128.2 P2p
Fa0/4 Desg LRN 19 128.4 P2p
```

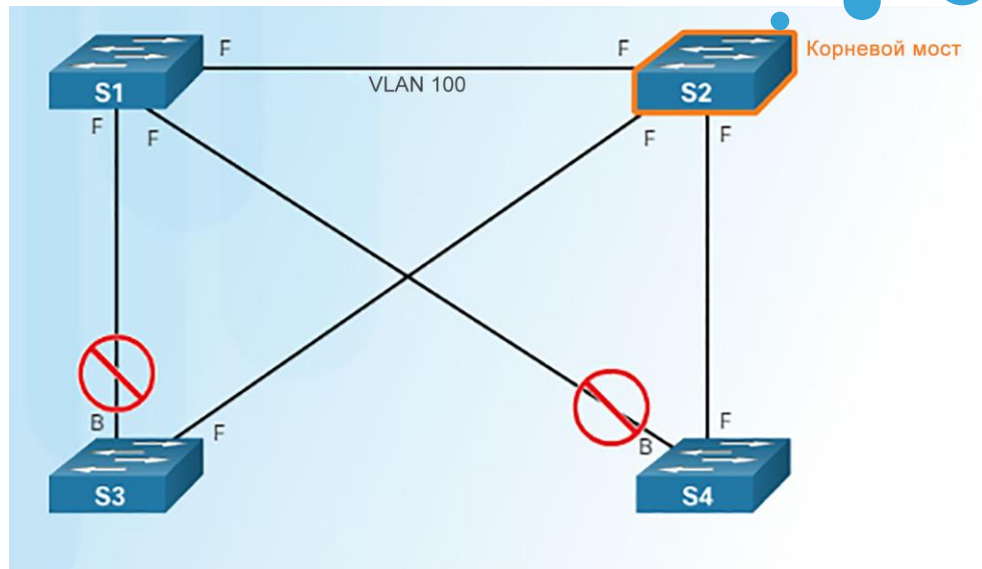
Проблемы настройки STP

Анализ топологии STP



Ожидаемая топология по сравнению с фактической

- Убедитесь, что топология протокола связующего дерева соответствует ожидаемой топологии.

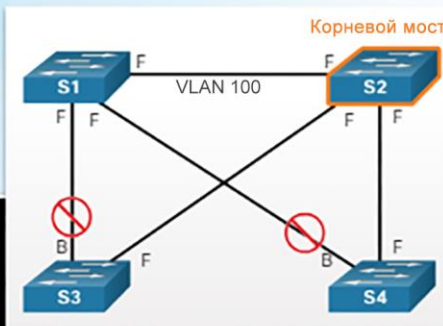


Для проверки STP используются команды **show**. Не забудьте проверить распределение нагрузки.

Проблемы настройки STP

Обзор статуса STP

- Используйте команды **show spanning-tree** и **show spanning-tree vlan x** для проверки статуса STP.



```
S1# show spanning-tree vlan 100

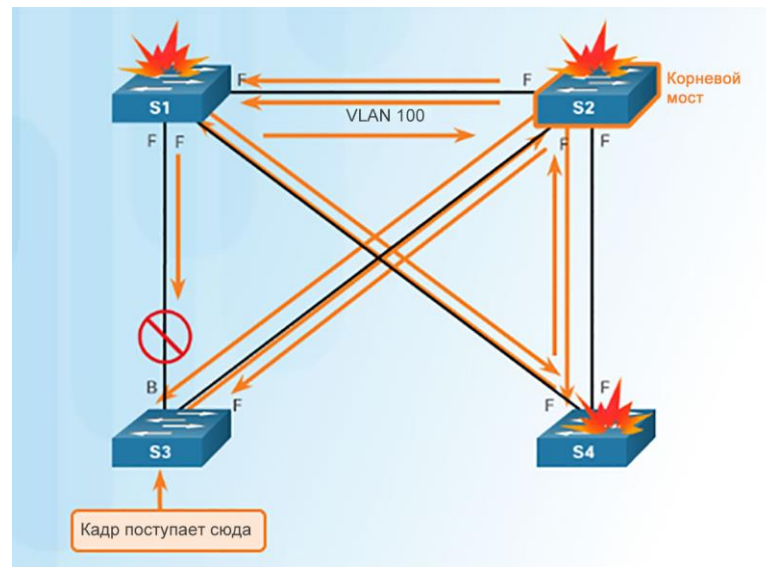
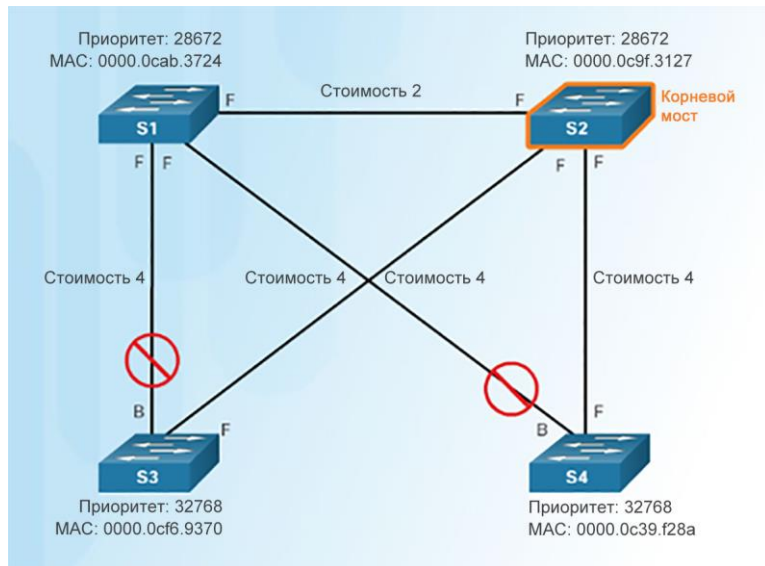
VLAN0100
Spanning tree enabled protocol rstp
Root ID    Priority    28772
           Address    0000.0c9f.3127
           Cost       2
           Port       88 (TenGigabit9/1)
           Hello Time  2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
Bridge ID   Priority    28772 (priority 28672 sys-id-ext 100)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

Интерфейс Ethernet
на десять гигабайт

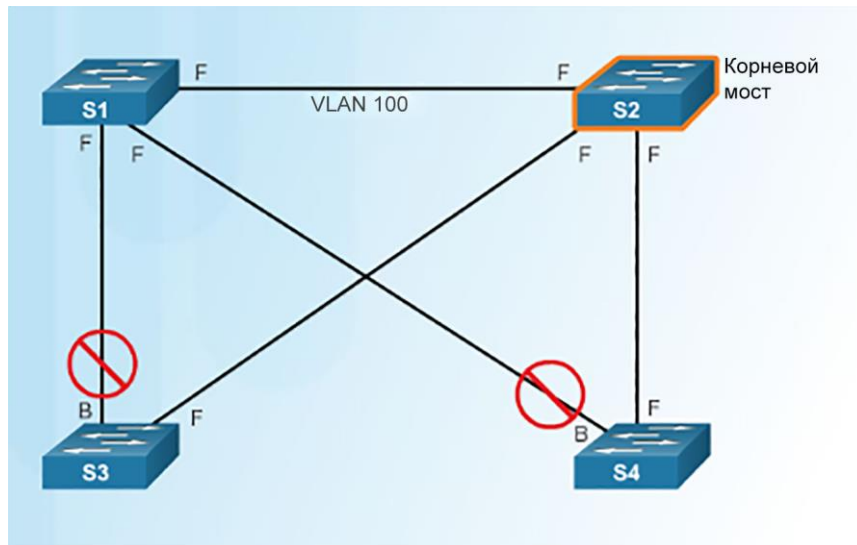
Последствия сбоя связующего дерева

- НИКОГДА не отключайте STP: это может привести к непригодности коммутируемой сети. Запомните, что на 2-м уровне нет механизма TTL.



Устранение проблем связующего дерева

- Удалите резервные каналы вручную (отсоедините кабель физически ИЛИ, если возможно, сделайте это путем настройки).
- Определите и устраните причину сбоя протокола связующего дерева.
- Если не удастся определить проблему, то повторно подключите кабели по одному (или заново включите порты), чтобы выявить проблему.



Стекирование коммутаторов и агрегация корпуса

Принципы и понятия стекирования коммутаторов

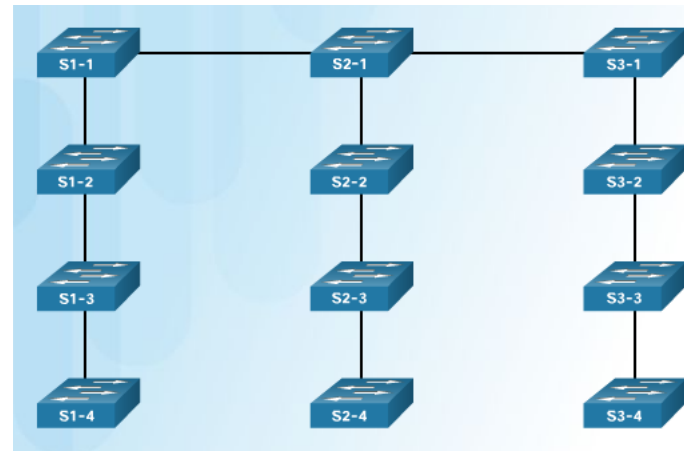
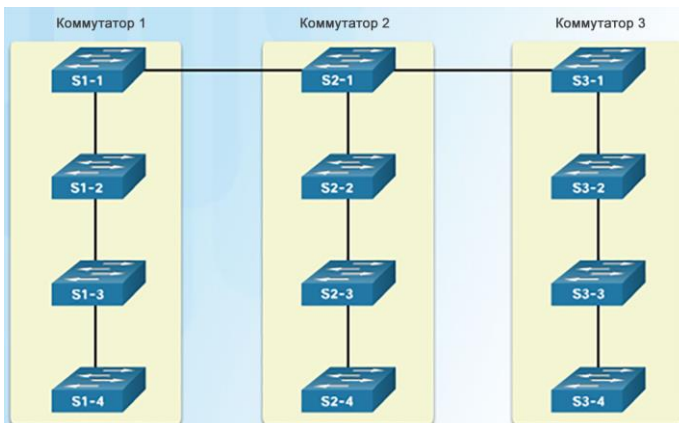
- Можно подключить до девяти коммутаторов 3750
- Один коммутатор (главный компонент стека) управляет работой стека
 - Если этот коммутатор выходит из строя, то выбирается новый главный компонент стека
- В сети отображается как один объект
 - Стеку назначается один IP-адрес
- У каждого коммутатора есть уникальный номер элемента стека
 - Можно настроить значение приоритета, чтобы определить, какой коммутатор является главным компонентом стека
 - У главного компонента стека наивысшее значение приоритета элемента стека
- Главный компонент стека имеет файлы сохраненной и текущей конфигурации стека.
 - При использовании стека работа обслуживания ведется только с одним файлом конфигурации



```
Switch# show running-config | begin interface
interface GigabitEthernet1/0/1
!
interface GigabitEthernet1/0/2
!
interface GigabitEthernet1/0/3
!
<output omitted>
!
interface GigabitEthernet1/0/52
!
interface GigabitEthernet2/0/1
!
interface GigabitEthernet2/0/2
!
<output omitted>
!
interface GigabitEthernet2/0/52
!
interface GigabitEthernet3/0/1
!
interface GigabitEthernet3/0/2
!
<output omitted>
!
interface GigabitEthernet3/0/52
```

Протокол связующего дерева и стеки коммутаторов

- Каждый стек отображается в виде одного экземпляра протокола связующего дерева
- Коммутаторы можно добавлять, при этом диаметр STP останется неизменным (должно быть обеспечено пересечение максимального числа каналов данных коммутаторов, чтобы имелось соединение между любыми двумя коммутаторами)
- Согласно рекомендациям IEEE максимальный диаметр для таймеров STP по умолчанию составляет 7 коммутаторов
- Таймеры STP по умолчанию: приветствие — 2 секунды, максимальный возраст — 20 секунд, таймер задержки пересылки — 15 секунд.



Диаметр 9 от коммутатора S1-4 к S3-4

С использованием стека коммутаторов диаметр составляет 3

