



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



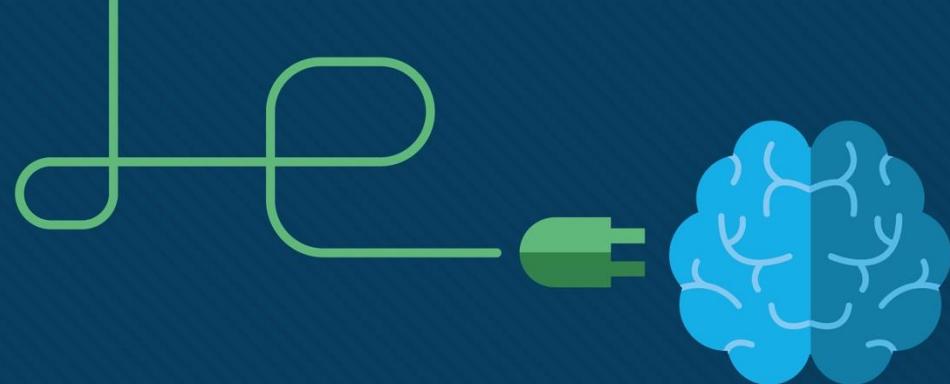
Типы протоколов связующего дерева



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)

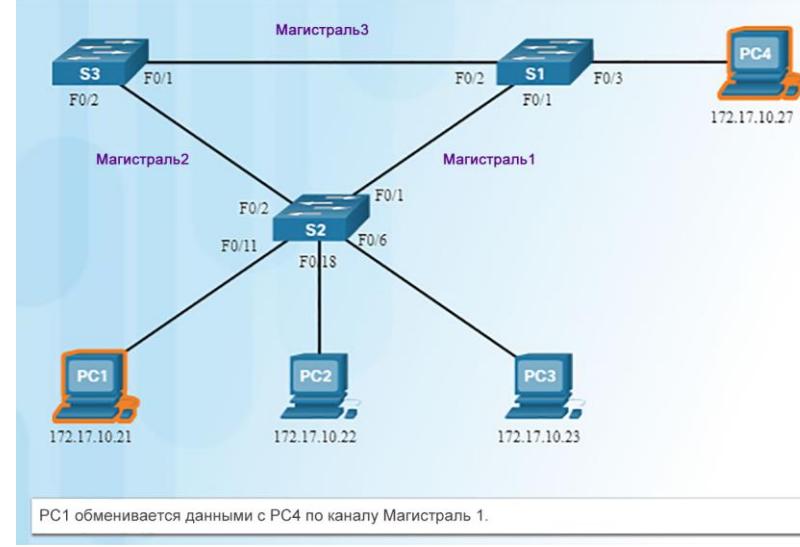
- 3.3. Настройка связующего дерева
  - Реализуйте PVST+ и Rapid PVST+ в среде коммутируемой локальной сети.
  - Настройте протокол PVST+ в коммутируемой среде LAN.
  - Настройте протокол Rapid PVST+ в коммутируемой среде LAN.
  - Проанализируйте типовые ошибки конфигурации STP.

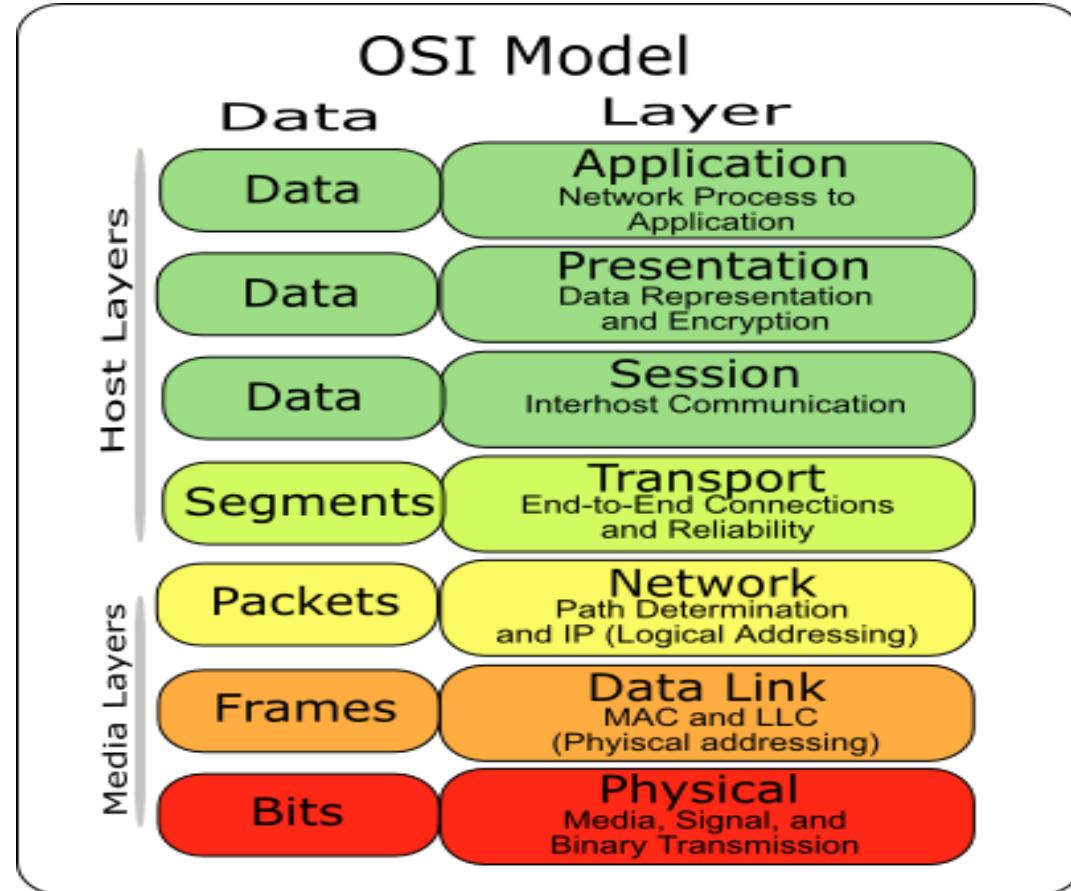
# 3.1. Принципы работы протокола STP

## Связующее дерево

# 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.

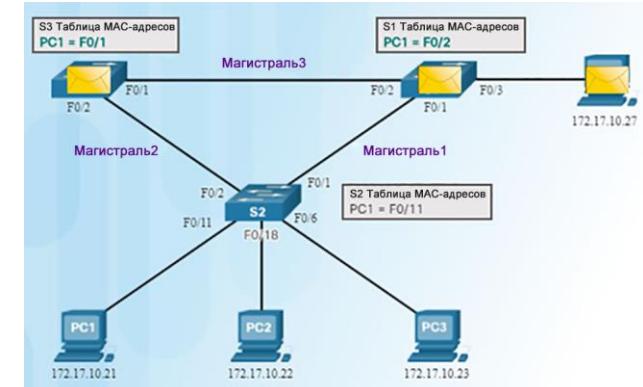
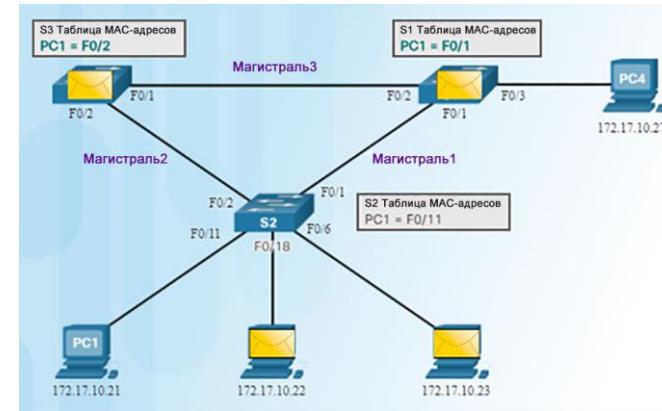




# Связующее дерево

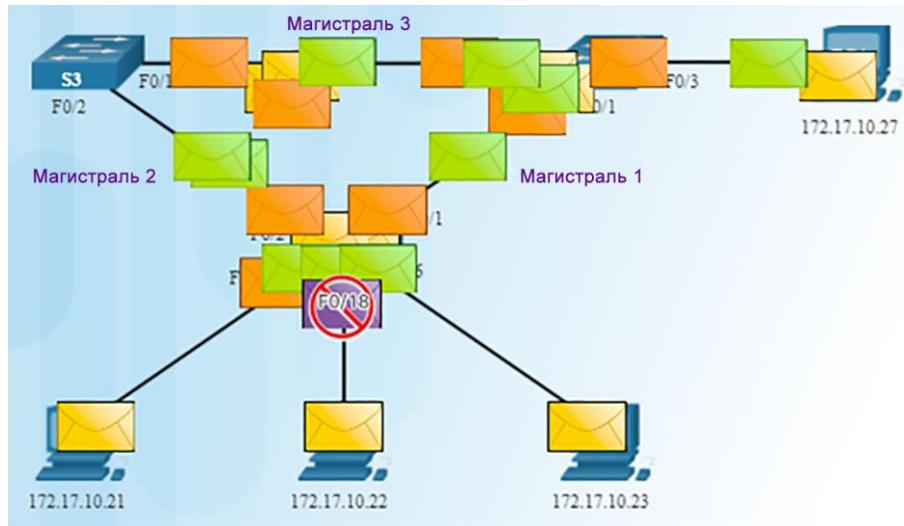
## Проблемы с резервированием на уровне 1. Нестабильность базы данных MAC-адресов

- 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 пересыпает 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 пересыпает 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 пересыпать кадры.

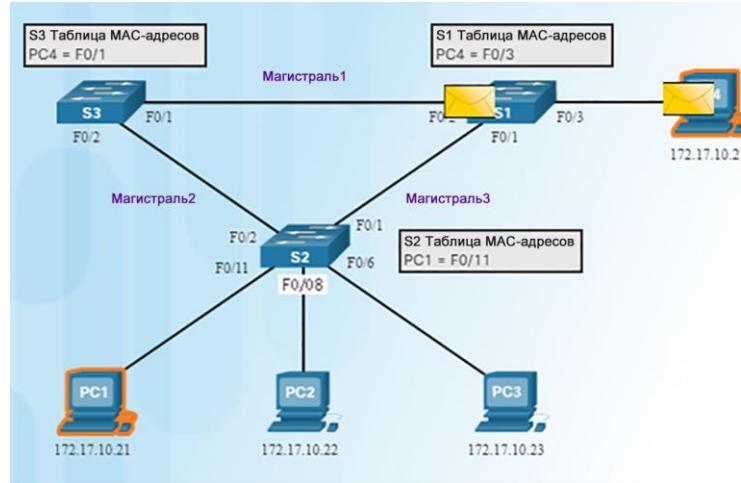


## Проблемы с резервированием на уровне 1. Широковещательные штормы

- 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

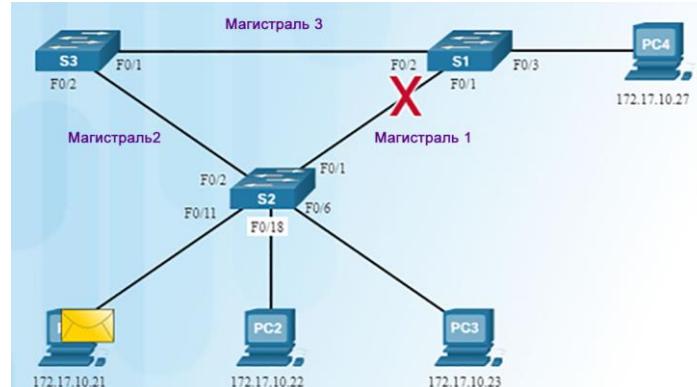
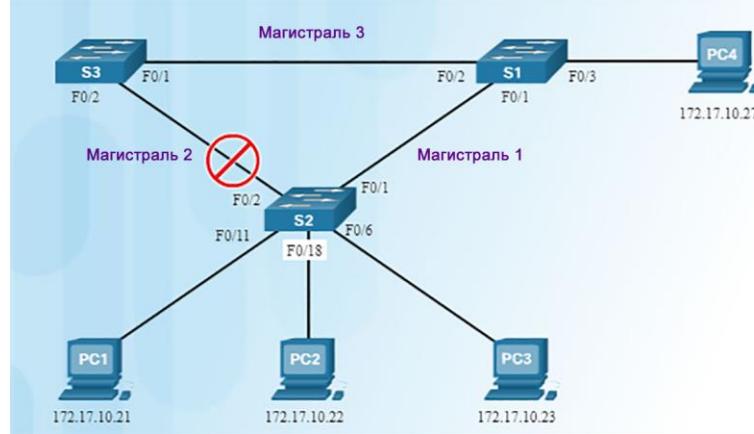


- Неизвестный одноадресный кадр формируется, когда в таблице MAC-адресов коммутатора нет MAC-адреса назначения и ему приходится выполнять широковещательную рассылку этого кадра изо всех своих портов, за исключением того, на который он был получен (входного порта).
- Неизвестные одноадресные кадры, отправленные 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 пересыпает кадр изо 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.

## Принципы работы STP

# Алгоритм связующего дерева. Введение

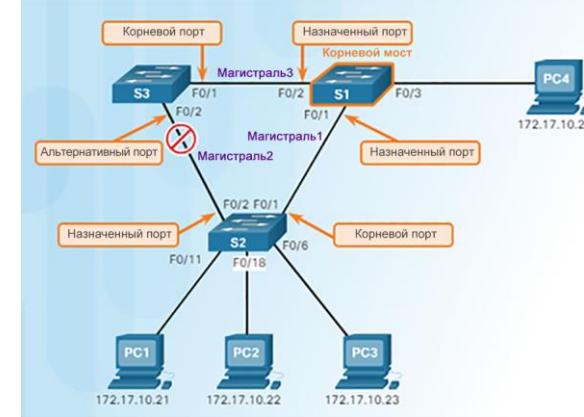
- Протокол связующего дерева (STP) создает один логический путь через коммутационную сеть (все узлы назначения в сети).
  - Блокирует резервные пути, на которых могут возникнуть петли.
  - Чтобы создать один логический путь, протокол STP отправляет блоки протокольных данных моста (BPDUs) между устройствами 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.



## Принципы работы STP

# 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.

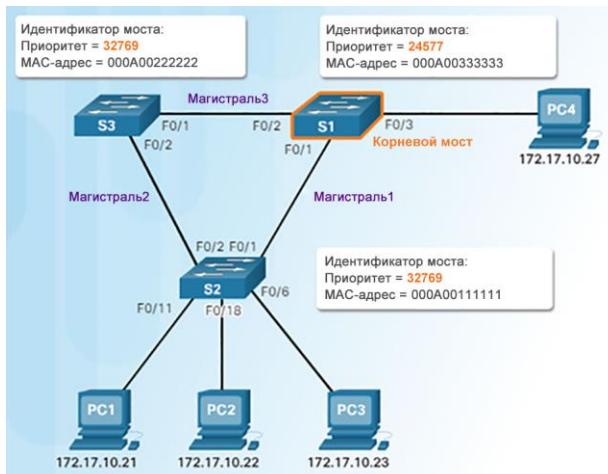


## Принципы работы STP

# Алгоритм связующего дерева. Корневой мост

Поддерживает  
операции STP  
для каждой сети  
VLAN

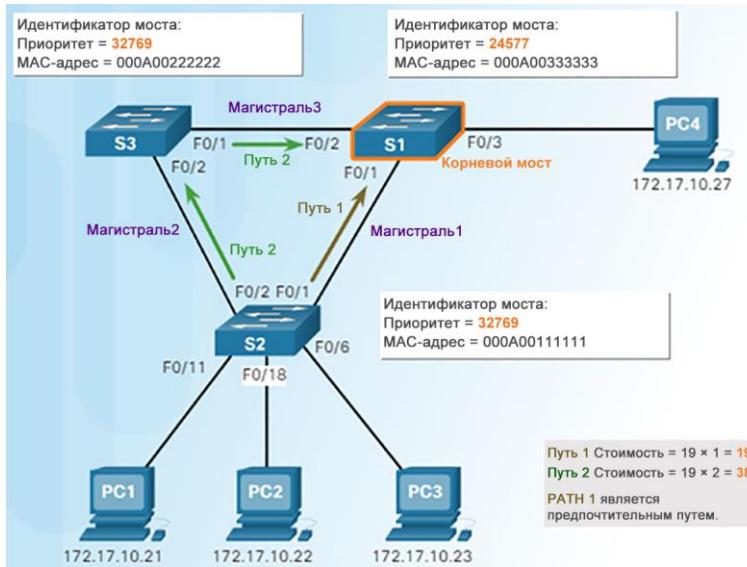
- Мост с наименьшим идентификатором (BID) становится корневым мостом
  - Изначально в BID было два поля: приоритет и MAC-адрес моста
  - Значение приоритета моста по умолчанию — 32 768 (его можно изменить)
  - Если приоритет моста не изменяется, то определяющим для выбора корневого моста становится самый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



# Принципы работы STP

## Алгоритм связующего дерева: стоимость корневого пути

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



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

```
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

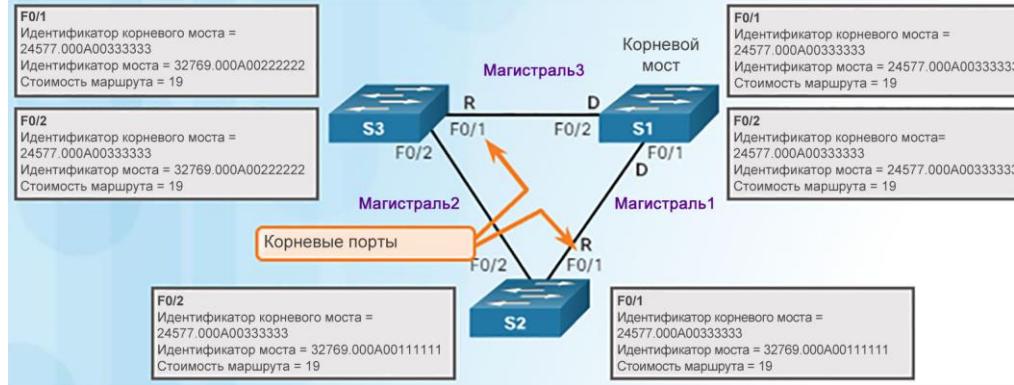
  Bridge ID Priority  32769 (priority 32768 sys-id-ext 1)
            Address 000A.0011.1111
            Hello time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
            Aging Time 300

  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

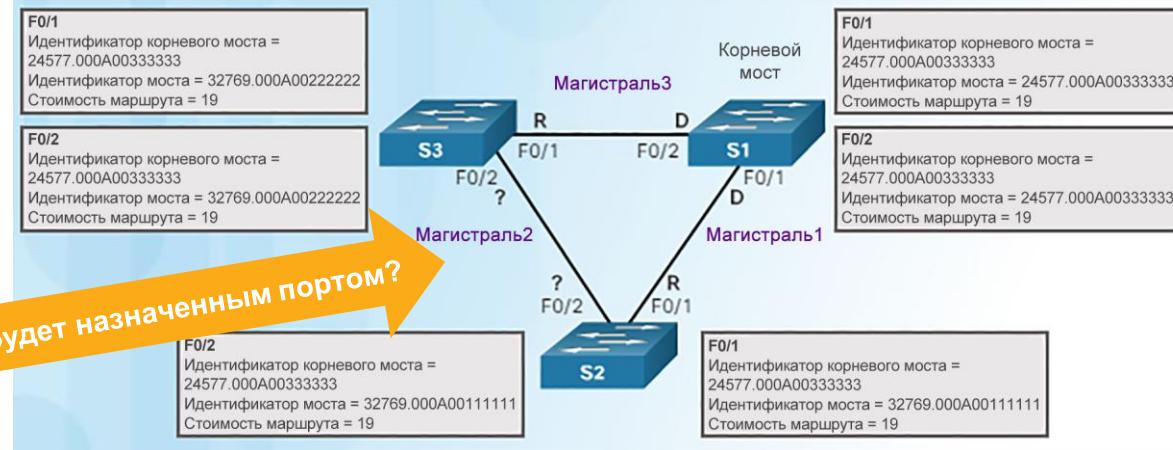


## Принцип работы STP

# Определение ролей портов для RSTP (продолжение)

Какой коммутатор (S3 или S2) имеет наименьшее значение BID?

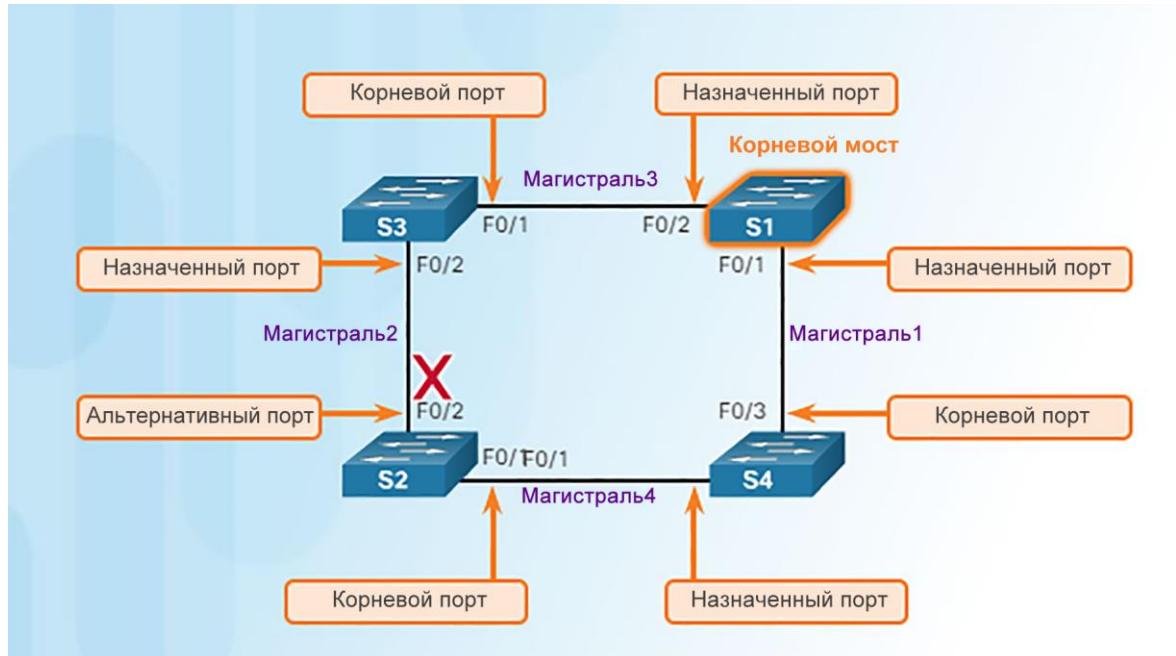
|| Какой порт будет назначенным портом?



- 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

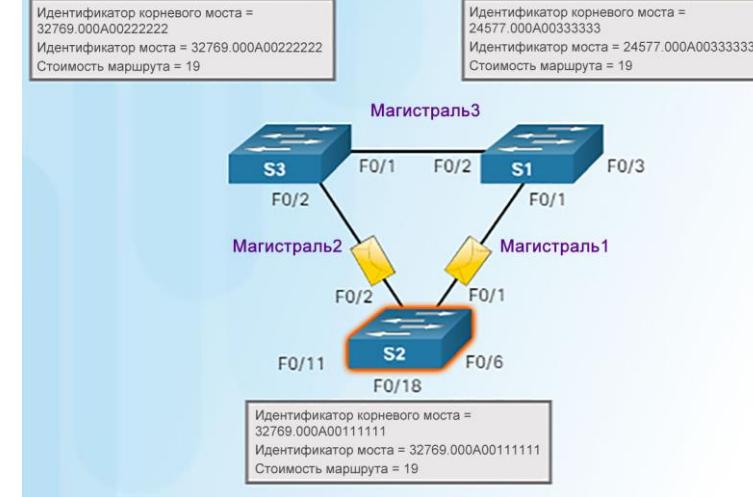
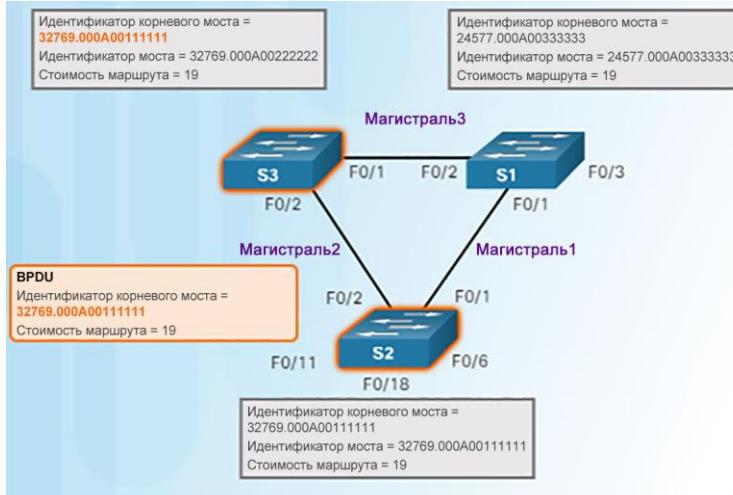
```
Frame 1 (60 bytes on wire, 60 bytes captured)
  IEEE 802.3 Ethernet
    Destination: Spanning-tree-(for-bridges)_00 (01:80:c2:00:00:00)
    Source: Cisco_9e:93:03 (00:19:aa:9e:93:03)
    Length: 38
    Trailer: 0000000000000000
  Logical-Link Control
  Spanning Tree Protocol
    Protocol Identifier: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

## BPDUs 802.1D, распространение и обработка

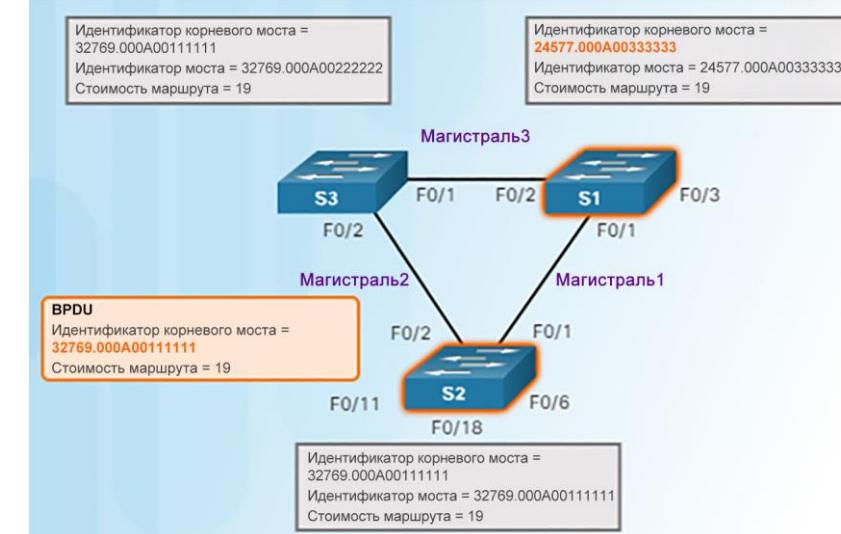
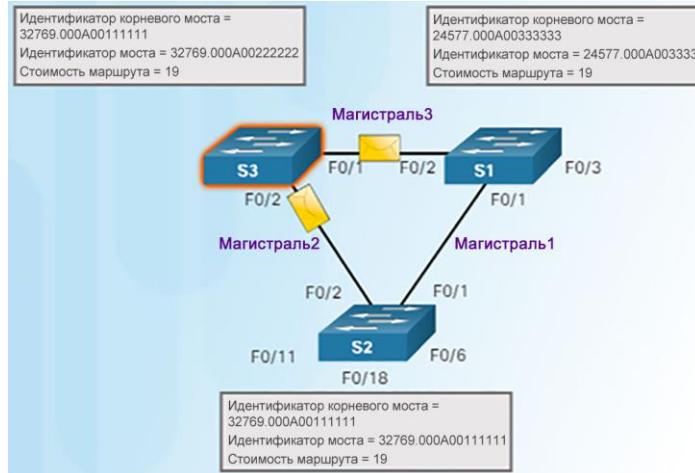
- После включения коммутатора он предполагает, что является корневым мостом до тех пор, пока не будут отправлены кадры BPDU и выполнены расчеты STP. Коммутатор S2 отправляет кадры BPDU.
- S3 сравнивает свой корневой идентификатор с сообщением BPDU от коммутатора S2. S2 имеет меньшее значение, поэтому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



## Принципы работы STP

# 802.1D BPDU, распространение и обработка (продолжение)

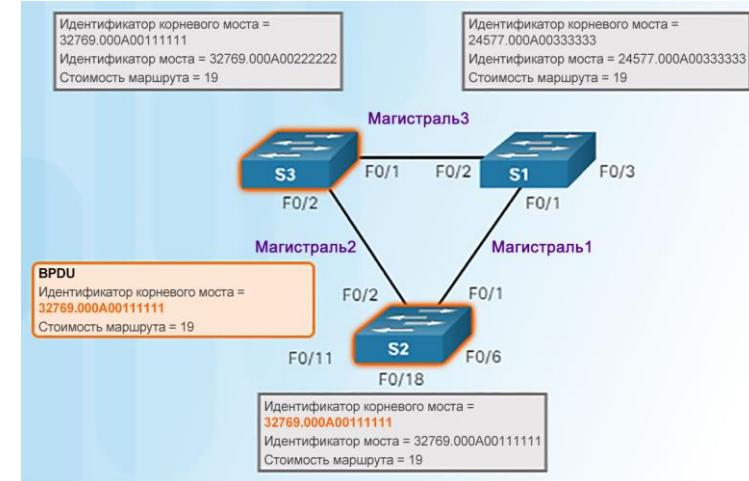
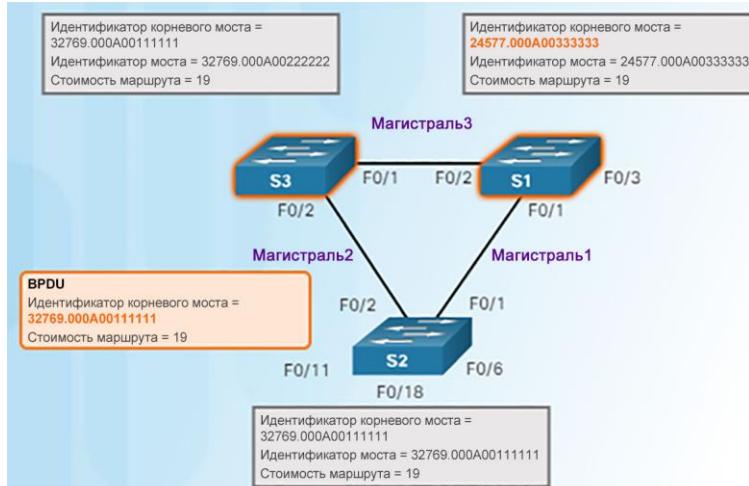
3. S1 получает ту же информацию от S2 и, поскольку у S1 более низкое значение BID, не учитывает информацию, полученную от коммутатора S2.
4. S3 отправляет кадры BPDU изо всех портов, указывая, что S2 — это корневой мост.



## Принципы работы STP

# 802.1D BPDU, распространение и обработка (продолжение)

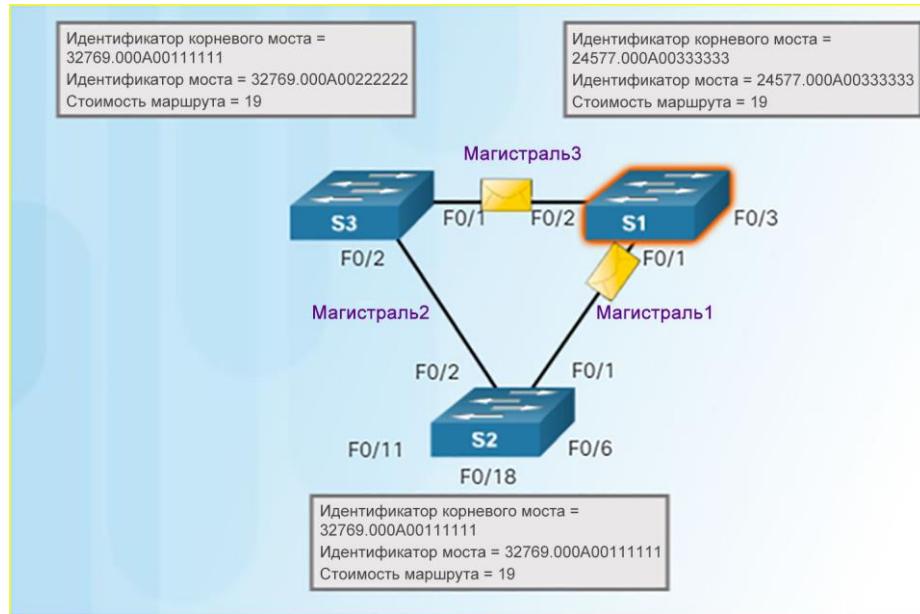
5. S2 сравнивает информацию от S3, поэтому S2 по-прежнему считает, что он корневой мост.
6. S1 получают такую же информацию от S3 (что S2 — корневой мост), но, поскольку у S1 более низкое значение BID, коммутатор не учитывает информацию, приведенную в BPDU.



## Принципы работы STP

# 802.1D BPDU, распространение и обработка (продолжение)

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

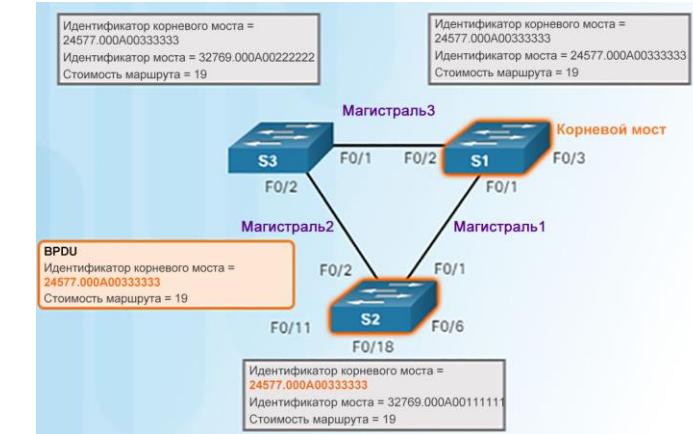
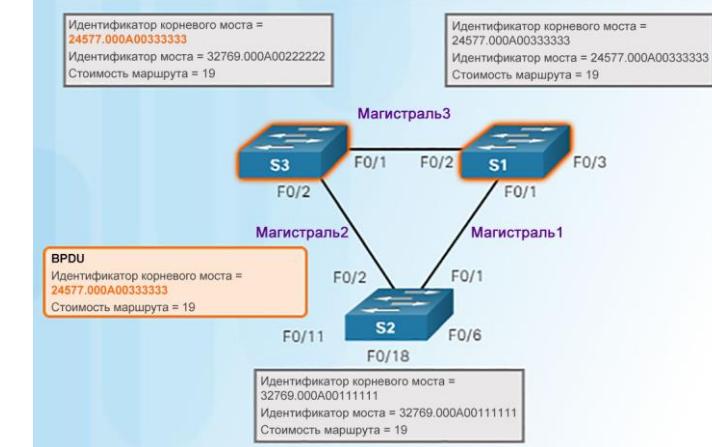


## Принципы работы STP

# 802.1D BPDU, распространение и обработка (продолжение)

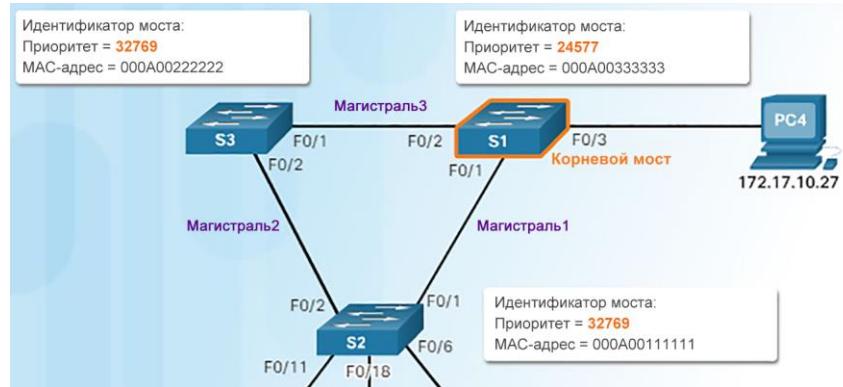
8. S3 сравнивает информацию, полученную от коммутатора S1, и видит, что BID от коммутатора S1 меньше, чем BID, указанный в сохраненной у него информации о корневом мосте, согласно которой S2 — это в настоящее время корневой мост. S3 изменяет корневой идентификатор на информацию, полученную от коммутатора 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.

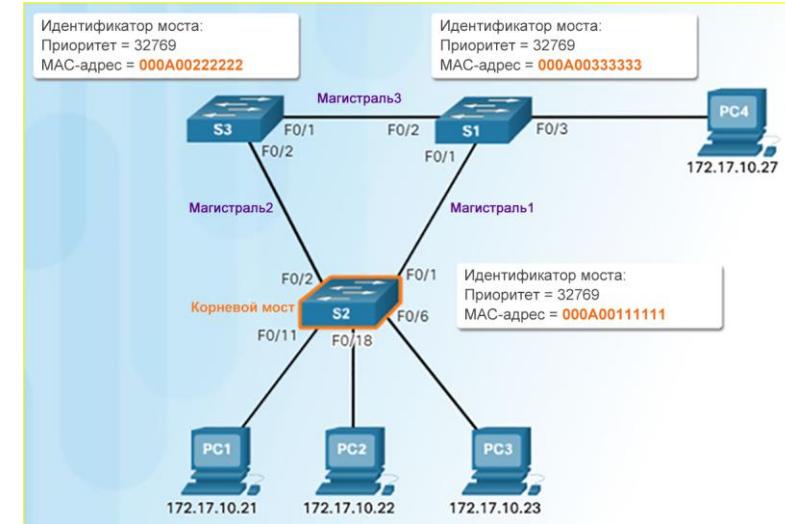


# Принципы работы STP Расширенный идентификатор системы

- 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.



Запомните, что  
коммутатор  
с наименьшим  
значением BID  
становится корневым



## 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

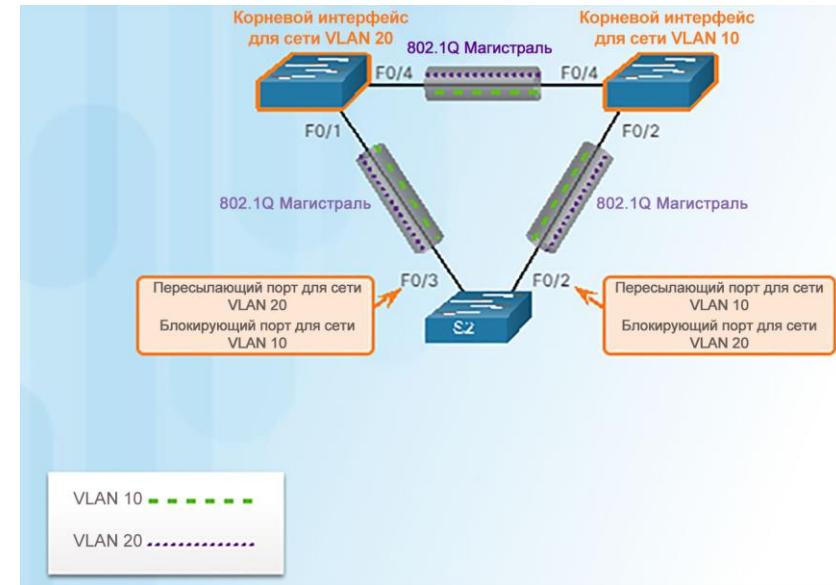
## Характеристики протоколов связующего дерева

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 экземпляр

# 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 пересыпать кадры данных, полученные на интерфейс	Нет	Нет	Нет	Да	Нет
Может пересыпать кадры данных, полученные из другого интерфейса	Нет	Нет	Нет	Да	Нет
Может получать данные MAC-адресов	Нет	Нет	Да	Да	Нет

## Разновидности протоколов связующего дерева

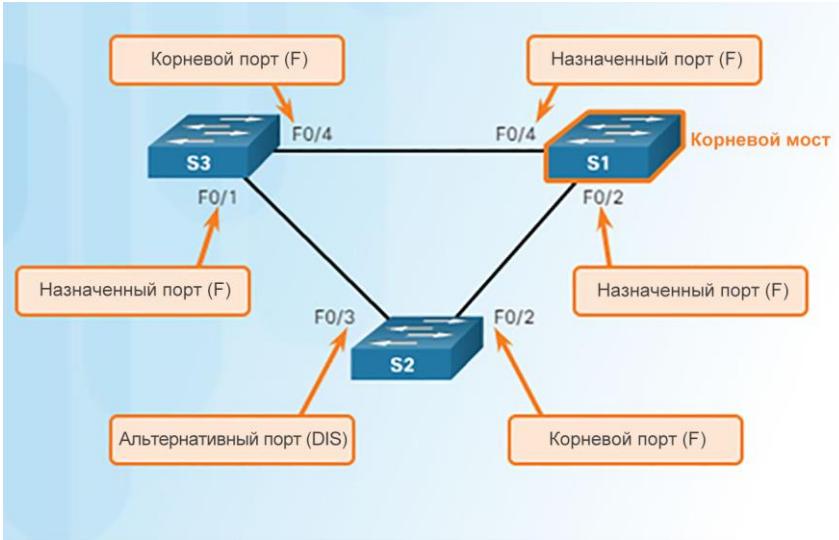
# Расширенный идентификатор системы и принципы работы PVST+

- 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



# 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	7
Подтверждение	

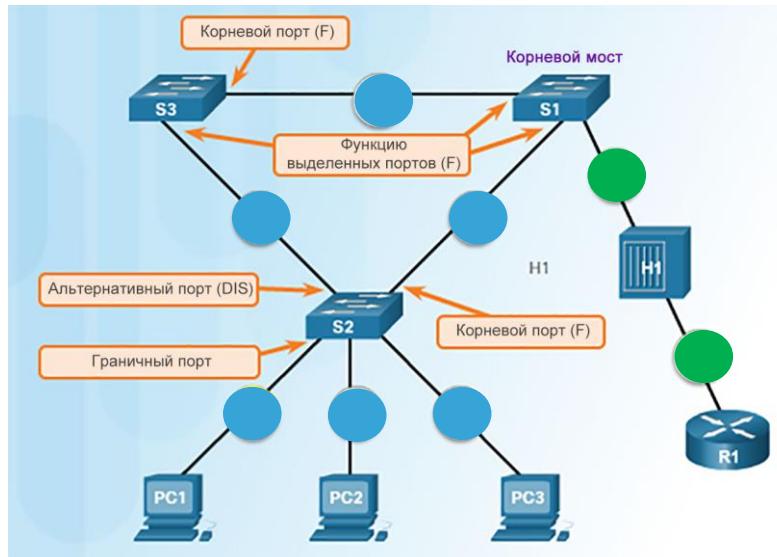
## Границные порты

- 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 полуудуплексном 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

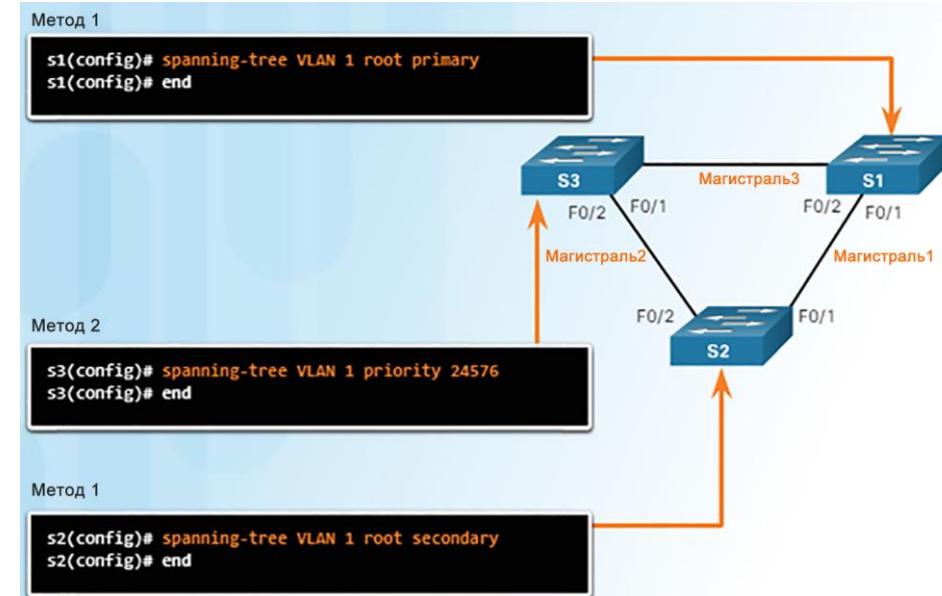
## Настройка PVST+

# 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   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
```



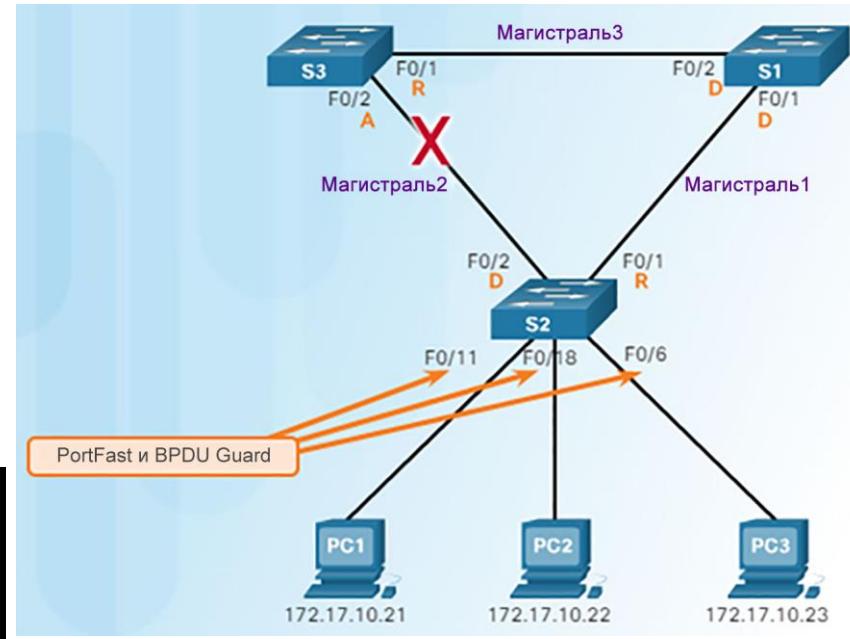
## Настройка PVST+

# 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

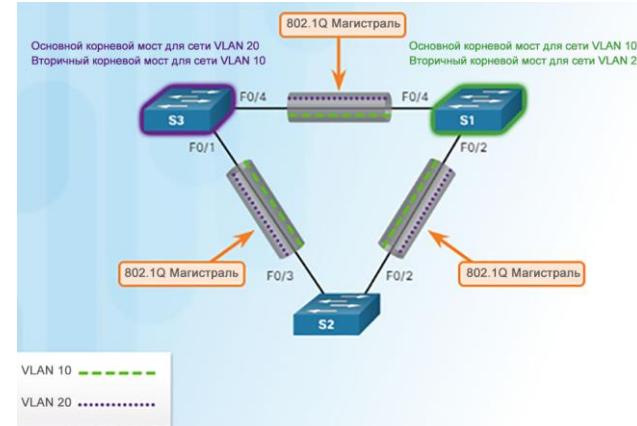
```
S3(config)# spanning-tree vlan 20 priority 4096
```

```
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
```

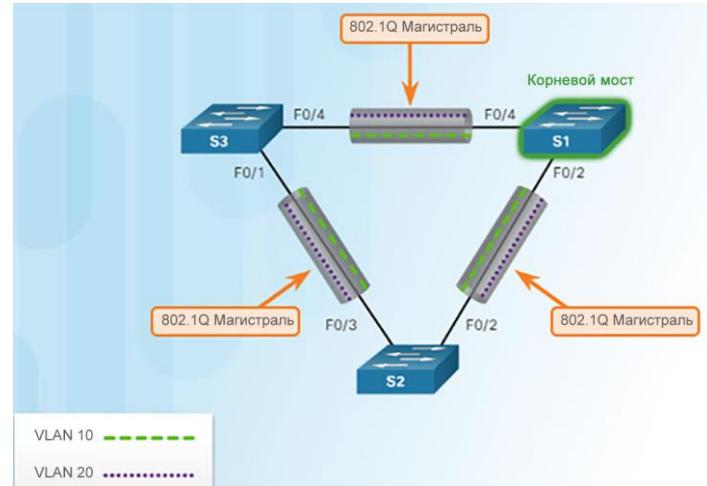
# Настройка Rapid PVST+

## 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
```



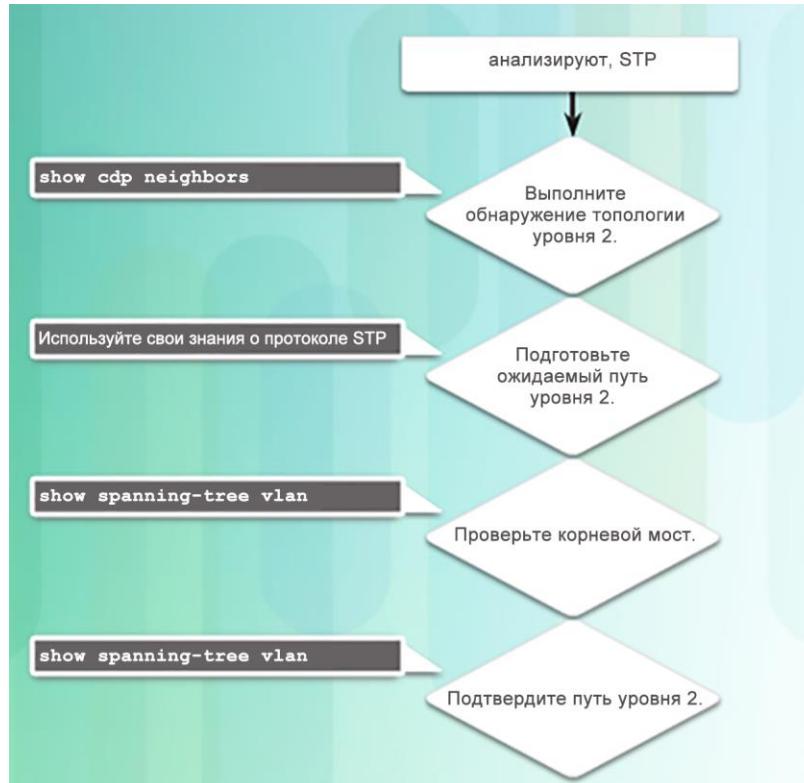
```
S1# show spanning-tree vlan 10
```

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

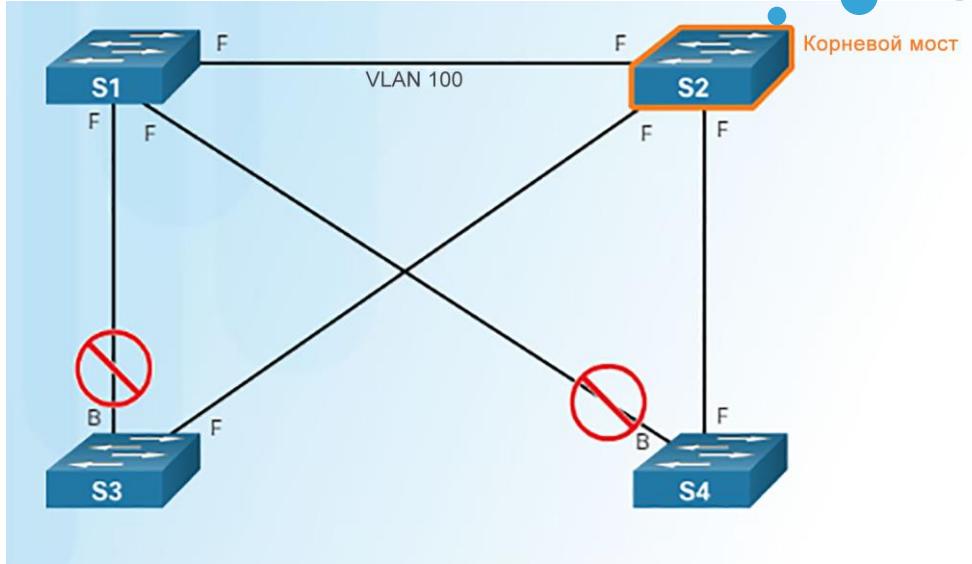
## Анализ топологии STP



# 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
```

Корневой мост

VLAN 100

S1 S2 S3 S4

Gi3/1 Gi3/2 Te9/1

B B

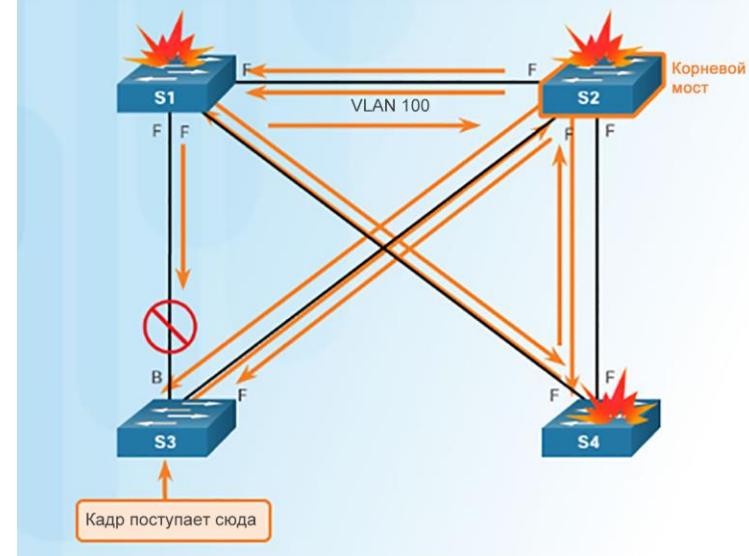
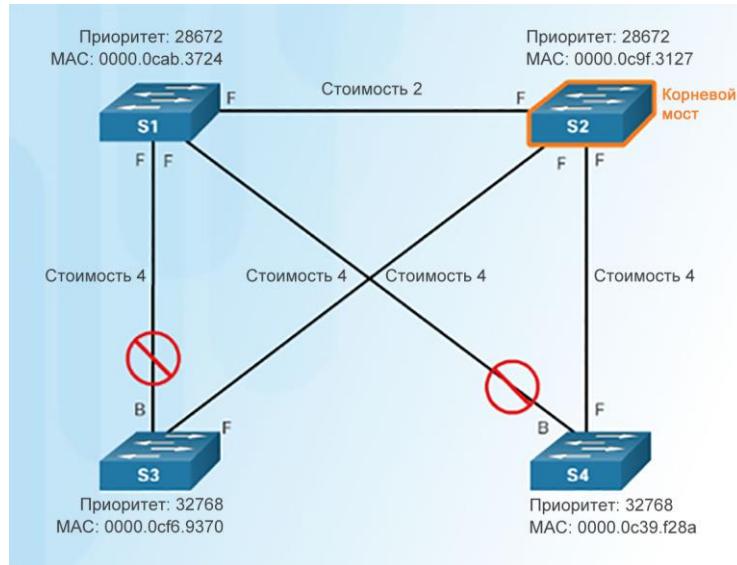
Интерфейс Ethernet  
на десять гигабайт



## Проблемы настройки STP

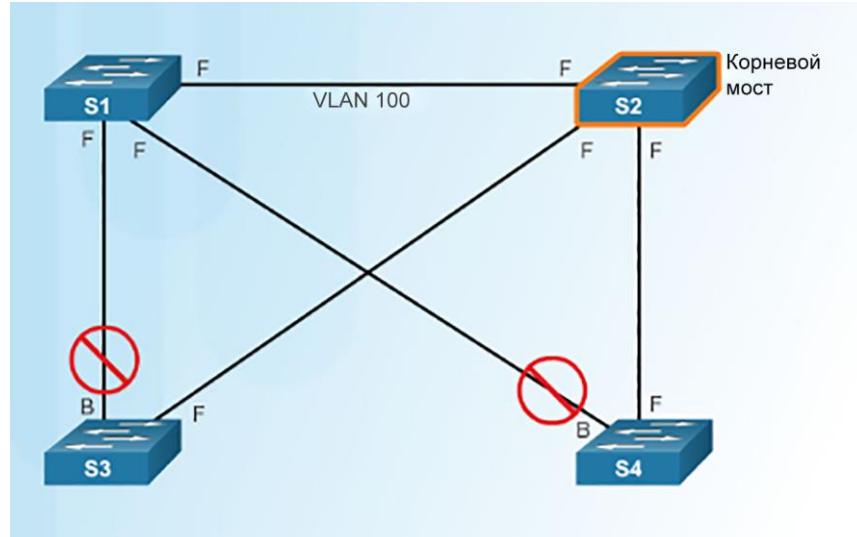
# Последствия сбоя связующего дерева

- 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 устранимте причину сбоя протокола связующего дерева.
  - Если не удается 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

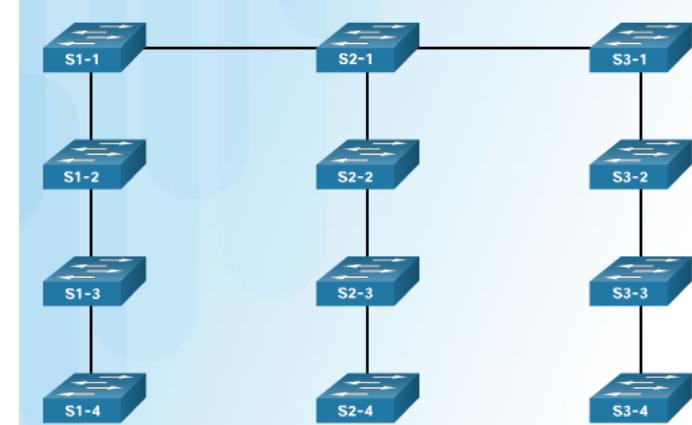


```
Switch# show running-config | begin interface
!
interface GigabitEthernet1/0/1
!
interface GigabitEthernet1/0/2
!
interface GigabitEthernet1/0/3
!
<output omitted>
!
interface GigabitEthernet1/0/52
!
interface GigabitEthernet2/0/1
!
interface GigabitEthernet2/0/2
!
<output omitted>
!
interface GigabitEthernet2/0/52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

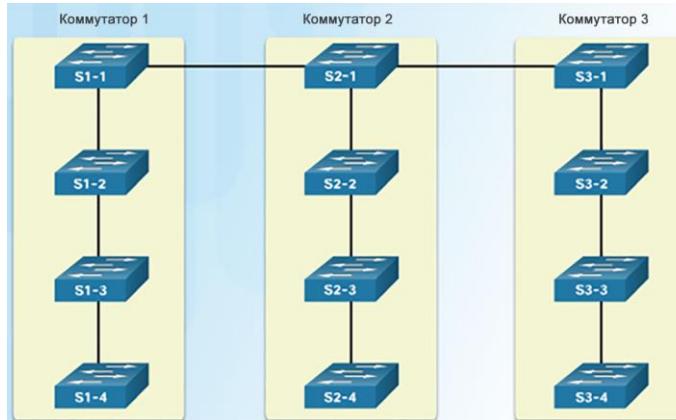
## Объединение коммутаторов в стек и агрегация шасси

# 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

