



МОДУЛЬ 5. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ STR

КАФЕДРА
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

5.1 НАЗНАЧЕНИЕ ПРОТОКОЛА STP

5.1.1 ИЗБЫТОЧНОСТЬ В КОММУТИРУЕМЫХ СЕТЯХ УРОВНЯ 2

Трехуровневая иерархическая модель сети, которая использует уровни ядра, распределения и доступа с избыточностью, призвана устранить единую точку отказа в сети. Использование нескольких физически подключенных каналов между коммутаторами обеспечивает физическую избыточность в коммутируемой сети. Это повышает надёжность и доступность сети. Наличие альтернативных физических каналов для передачи данных по сети позволяет пользователям получить доступ к сетевым ресурсам даже в случае сбоя одного из каналов.

Для многих организаций доступность сети является важнейшим фактором обеспечения соответствия требованиям бизнеса. Таким образом, модель инфраструктуры сети является критически важным для бизнеса компонентом. Избыточность маршрута предоставляет решение, обеспечивающее необходимую доступность нескольких сетевых служб за счёт устранения потенциальной единой точки отказа.

Примечание. Избыточность на 1 уровне модели OSI демонстрируется с использованием нескольких каналов и устройств, однако для настройки сети требуется нечто большее, чем просто физическое планирование. Для систематической работы избыточности также необходимо использовать протоколы 2 уровня OSI (например STP).

5.1.1 ИЗБЫТОЧНОСТЬ В КОММУТИРУЕМЫХ СЕТЯХ УРОВНЯ 2

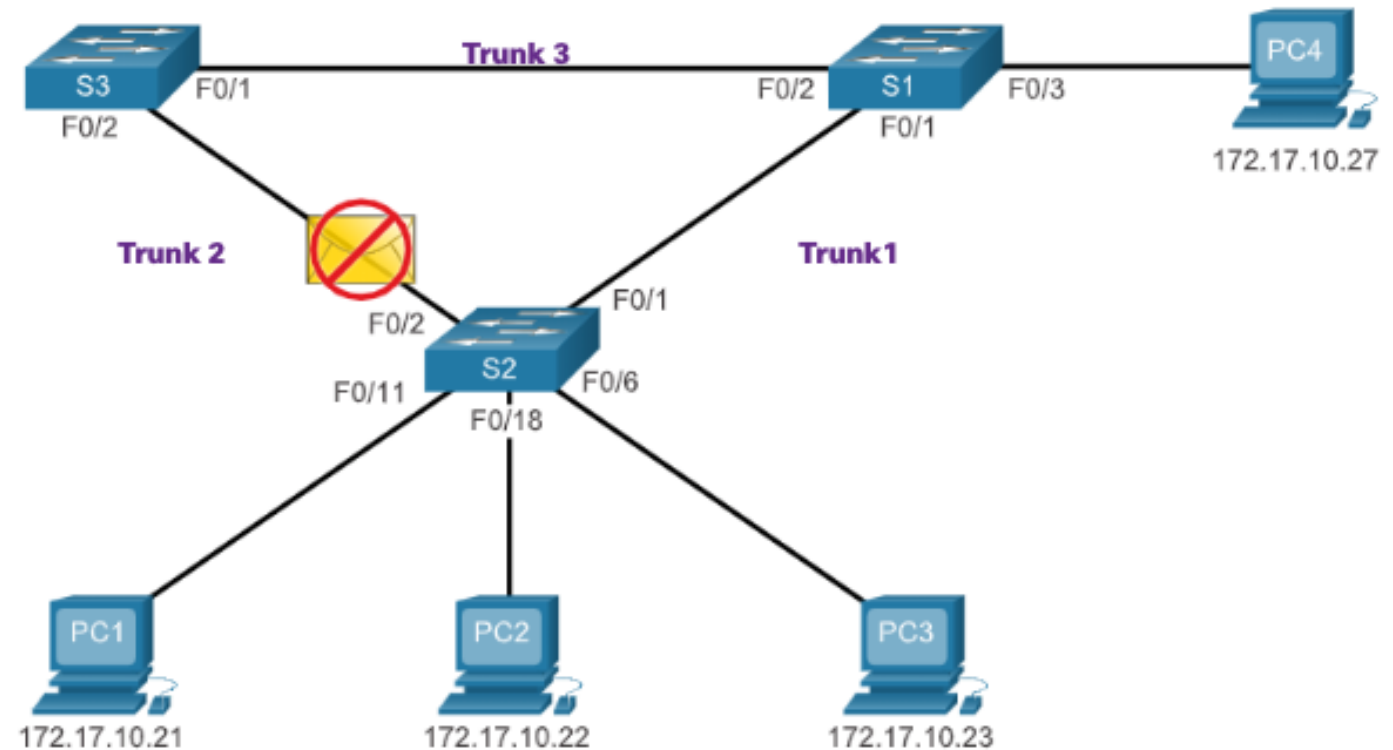
Важной частью иерархической архитектуры является избыточность, использование которой позволяет предотвратить перебои в обслуживании конечных пользователей. Для работы избыточных сетей требуются физические маршруты, однако и логическая избыточность также должна быть частью архитектуры. Тем не менее, избыточные маршруты в коммутируемой сети Ethernet могут привести к возникновению физических и логических петель 2 уровня.

Вследствие работы коммутаторов, особенно в процессе получения данных и пересылки, могут возникать логические петли 2 уровня. При наличии нескольких путей между двумя устройствами и отсутствии реализации протокола spanning-tree возникает петля 2 уровня. Как показано на рис. 2, петля 2 уровня, как правило, приводит к трем проблемам.

5.1.2 SPANNING TREE PROTOCOL

Протокол связующего дерева (STP) - это сетевой протокол предотвращения петель, который обеспечивает избыточность при создании топологии уровня 2 без петель.

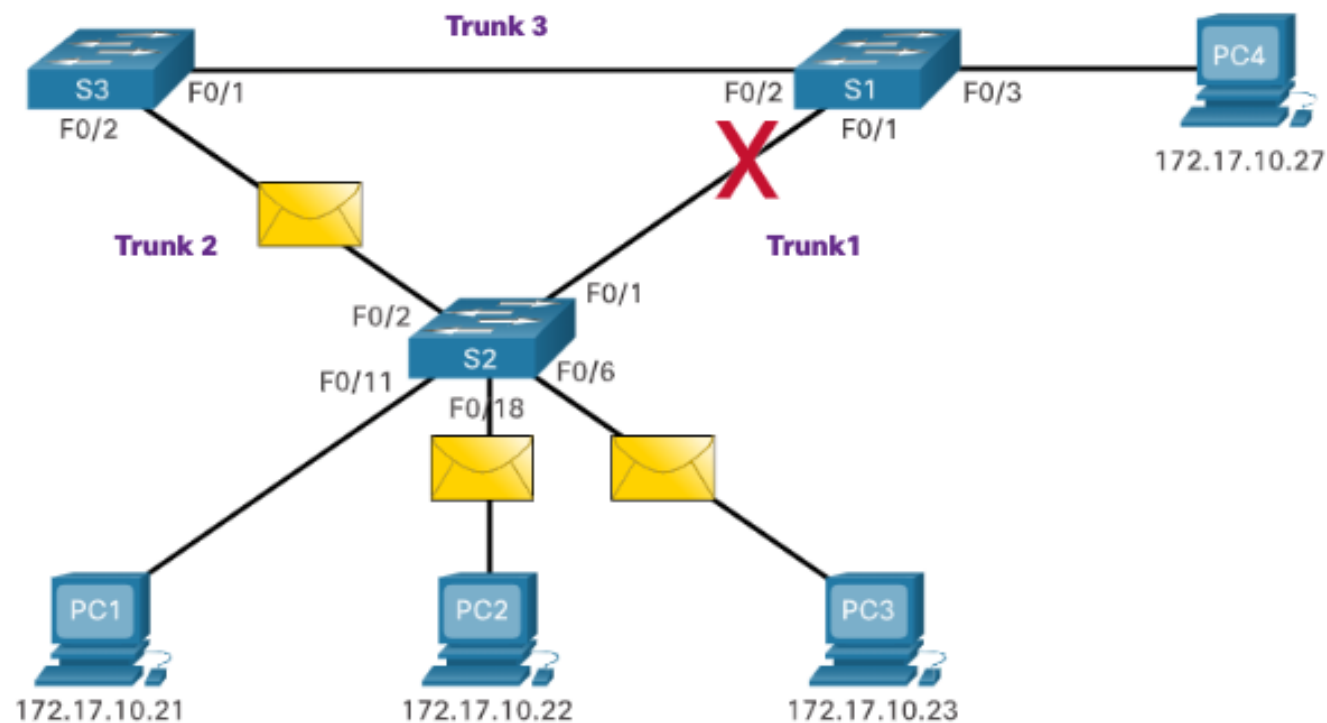
STP логически блокирует физические петли в сети уровня 2, предотвращая бесконечное хождение кадров в сети.



S2 drops the frame because it received it on a blocked port.

5.1.3 ПЕРЕСЧЕТ STP

STP компенсирует сбои в сети путем перерасчета и открытия ранее заблокированных портов.



5.1.4 ПЕРЕСЧЕТ STP

Резервирование путей обеспечивает необходимую доступность множества сетевых сервисов, устраняя вероятность перебоев в работе всех сетевых служб в случае отказа в отдельной точке. При наличии нескольких путей между двумя устройствами и отсутствии реализации протокола spanning-tree возникает петля 2-го уровня. Петли уровня 2 могут привести к нестабильности таблицы MAC-адресов, перегрузке каналов и высокой загрузке ЦП на коммутаторах и конечных устройствах, в результате чего сеть становится непригодной для использования.

Уровень 2 Ethernet не включает в себя механизм распознавания и устранения бесконечно закликивающихся кадров. Некоторые протоколы 3-го уровня используют механизмы времени жизни (TTL), которые ограничивают количество попыток повторной передачи пакетов сетевыми устройствами 3-го уровня. Маршрутизатор уменьшит TTL (Time to Live) в каждом пакете IPv4 и поле Hop Limit в каждом пакете IPv6. Когда эти поля уменьшатся до 0, маршрутизатор отбрасывает пакет. Коммутаторы Ethernet и протокол Ethernet не имеют сопоставимого механизма, когда коммутатор передает кадр уровня 2. STP был разработан специально в качестве механизма предотвращения петли для Ethernet уровня 2.

5.1.5 ПЕТЛИ УРОВНЯ 2

Без включения STP петли уровня 2 могут сформироваться, что приводит к бесконечному циклу широковещательных, многоадресных и неизвестных одноадресных кадров. Это может быстро разрушить сеть.

При появлении петли возникает возможность постоянного изменения таблицы MAC-адресов на коммутаторе обновлениями из кадров широковещательной рассылки, что приводит к нестабильности базы данных MAC-адресов. Это может привести к высокой загрузке ЦП, что приводит коммутатор в нерабочее состояние.

Неизвестный одноадресный кадр с коммутатора формируется, когда у коммутатора нет MAC-адреса назначения в таблице MAC-адресов, и он должен переслать этот кадр со всех своих портов, за исключением входного порта.

5.1.6 ШИРОКОВЕЩАТЕЛЬНЫЙ ШТОРМ

Широковещательный шторм - это ненормально большое количество широковещательных передач, подавляющих сеть в течение определенного периода времени. Широковещательные штормы могут отключить сеть за считанные секунды, перегружая коммутаторы и конечные устройства. Широковещательные штормы могут быть вызваны аппаратными проблемами, такими как неисправный сетевой адаптер или петля 2-го уровня в сети.

Широковещательные рассылки уровня 2 в сети, такие как ARP-запросы, очень распространены. Многоадресные рассылки второго уровня обычно пересылаются так же, как и широковещательные рассылки коммутатором. Пакеты IPv6 никогда не пересылаются как широковещательная рассылка уровня 2, ICMPv6 Neighbor Discovery использует многоадресную рассылку уровня 2.

Узел, участвующий в сетевой петле, недоступен для других узлов в сети. Кроме того, вследствие постоянных изменений в таблице MAC-адресов коммутатор не знает, из какого порта следует пересылать кадры одноадресной рассылки.

Во избежание подобных проблем в сети с избыточностью, на коммутаторах должны быть включены определённые типы протокола spanning-tree. Протокол spanning-tree по умолчанию включен на коммутаторах Cisco, предотвращая, таким образом, возникновение петель 2-го уровня.

5.1.7 АЛГОРИТМ STP

Протокол STP основан на алгоритме, изобретенном Радией Перлман (Radia Perlman) во время ее работы в Digital Equipment Corporation и опубликованном в статье 1985 г. «Алгоритм распределенного вычисления протокола связующего дерева в расширенной сети LAN» (An Algorithm for Distributed Computation of a Spanning Tree in an Extended LAN). Ее алгоритм связующего дерева (STA) создает топологию без петли, выбрав один корневой мост, где все остальные коммутаторы определяют один путь с наименьшей стоимостью.

Протокол STP предотвращает возникновение петель за счет настройки беспетлевого пути в сети с использованием портов, стратегически настроенных на заблокированное состояние. Коммутаторы, использующие протокол STP, могут компенсировать сбой за счет динамической разблокировки ранее заблокированных портов и разрешения передачи трафика по альтернативным путям.

5.1.7 АЛГОРИТМ STP

Как STA создает топологию без петли?

Выбор корневого моста: этот мост (коммутатор) является опорной точкой для всей сети для построения STP.

Блокирование резервных путей: протокол STP обеспечивает наличие только одного логического пути между всеми узлами назначения в сети путем намеренного блокирования резервных путей, которые могли бы вызвать петлю. Порт считается заблокированным, когда заблокирована отправка и прием данных на этот порт.

Создание топологии без петли: заблокированный порт приводит к тому, что этот канал не пересылает кадры между двумя коммутаторами. Это создает топологию, в которой каждый коммутатор имеет только один путь к корневому мосту, аналогично ветвям дерева, которые подключаются к корню дерева.

Пересчет в случае сбоя соединения: физические пути по-прежнему используются для обеспечения избыточности, однако эти пути отключены в целях предотвращения петель. Если путь потребуется для компенсации неисправности сетевого кабеля или коммутатора, протокол STP повторно рассчитывает пути и снимает блокировку с требуемых портов, чтобы разрешить активацию избыточного пути. Перерасчет STP также может происходить в любой момент, когда новый коммутатор или новый межкоммутационный канал добавляется в сеть.

5.2 ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ STP

5.2.1 ШАГИ К БЕЗ ПЕТЕЛЬНОЙ ТОПОЛОГИИ

Используя STA, STP строит топологию без петель в четырехэтапном процессе:

1. Выбор корневого моста.
2. Выбор корневых портов.
3. Выбор назначенных портов.
4. Выбор альтернативных (заблокированных) портов.

При работе STA и STP коммутаторы используют блоки данных протокола моста (**BPDU**) для обмена информацией о себе и своих каналах. BPDU используются для выбора корневого моста, корневых портов, назначенных портов и альтернативных портов.

Каждый BPDU содержит идентификатор **BID**, который определяет коммутатор, отправивший BPDU. BID участвует в принятии многих решений STA, включая роли корневого моста и портов.

Идентификатор BID содержит значение приоритета, MAC-адрес отправляющего коммутатора и дополнительный расширенный идентификатор системы. Самое низкое значение BID определяется комбинацией значений в этих трех полях.

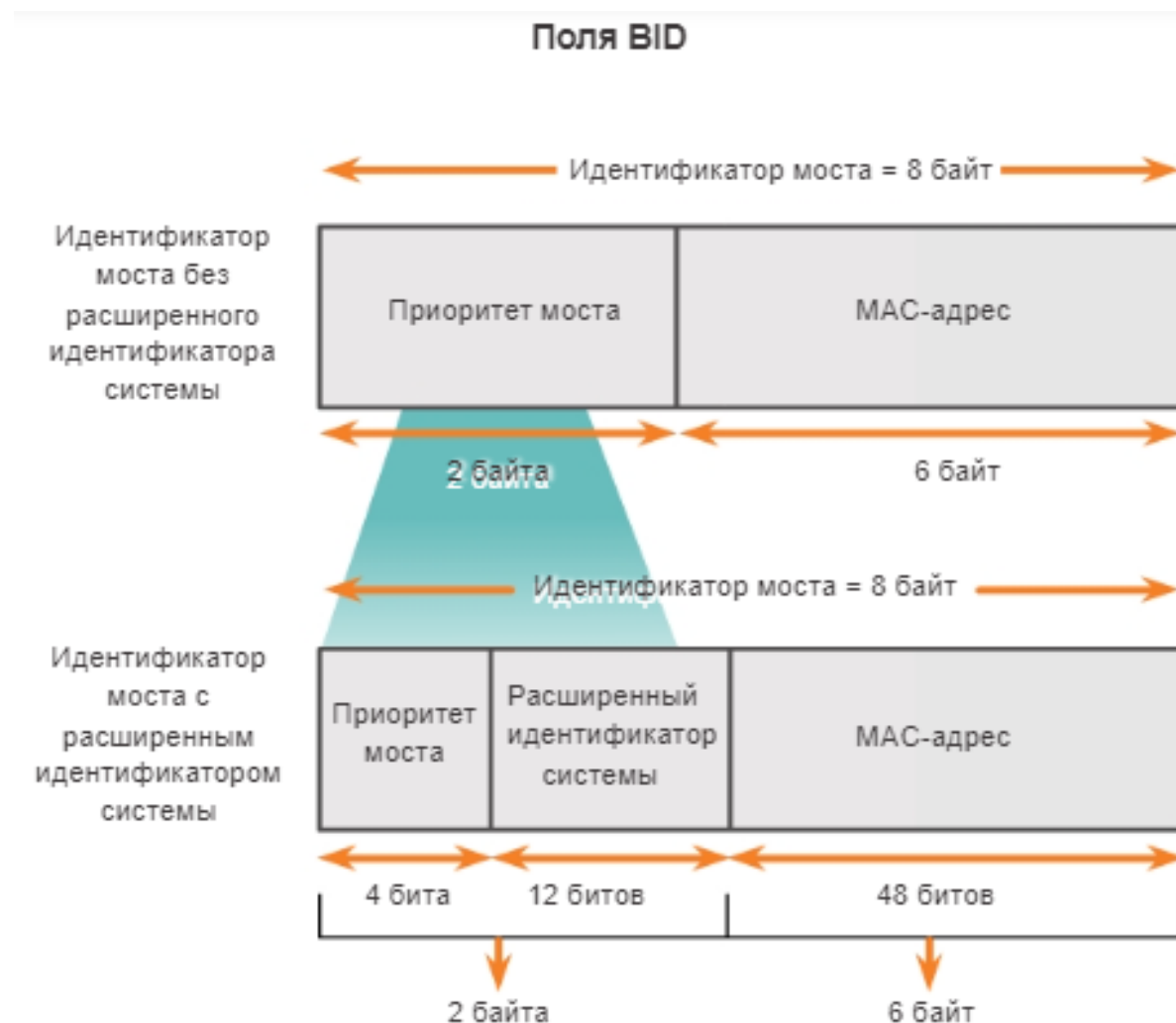
5.2.1 ШАГИ К БЕЗ ПЕТЕЛЬНОЙ ТОПОЛОГИИ

Приоритет моста: значение приоритета по умолчанию для всех коммутаторов Cisco равно десятичному значению 32768. Значения варьируются в диапазоне от 0 до 61440 с шагом в 4096. Предпочтительнее более низкий приоритет моста. Приоритет моста 0 имеет преимущество по сравнению со всеми остальными значениями приоритета моста.

Значение **расширенного идентификатора системы** — это десятичное значение, добавляемое к значению приоритета моста в BID для определения приоритета и сети VLAN кадра BPDU.

MAC-адрес: Если два коммутатора настроены с одинаковым приоритетом, и у них одинаковый расширенный идентификатор системы, то коммутатор с наименьшим значением MAC-адреса, выраженным в шестнадцатеричном формате, получит меньший идентификатор BID.

5.2.1 ШАГИ К БЕЗ ПЕТЕЛЬНОЙ ТОПОЛОГИИ

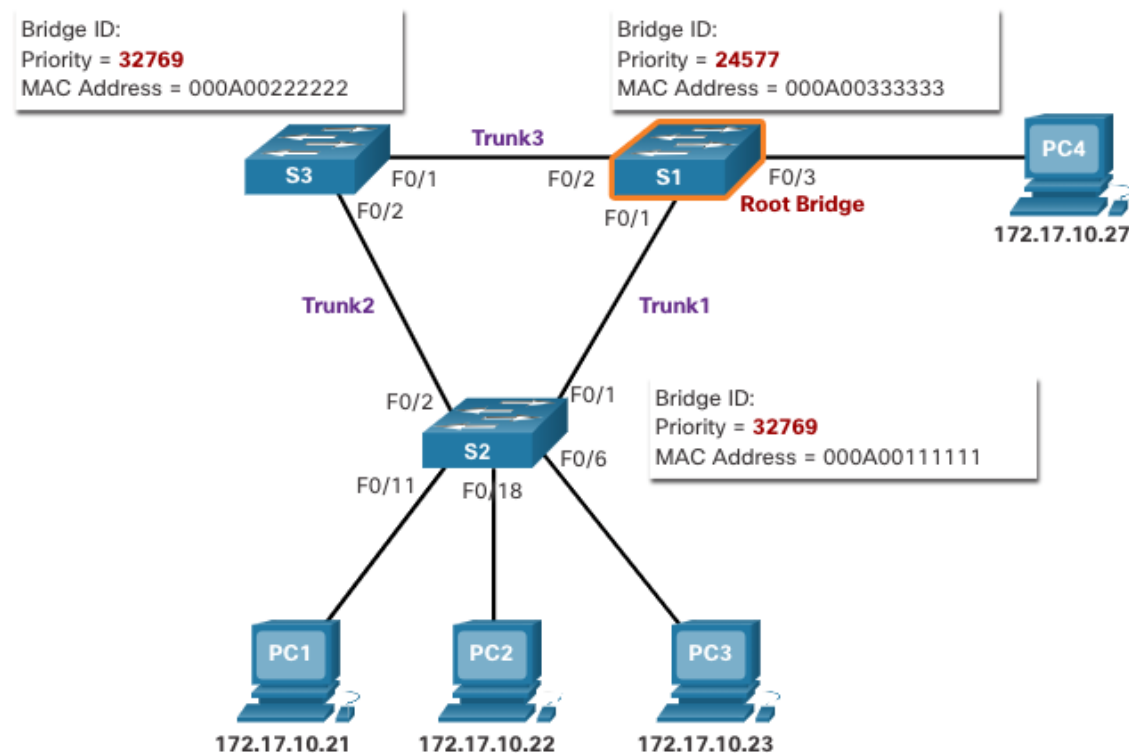


5.2.2 ВЫБОР КОРНЕВОГО МОСТА

STA назначает один из коммутаторов в качестве корневого моста и использует его как точку привязки для расчёта всех путей. Коммутаторы обмениваются BPDU для создания безпетельной топологии, начиная с выбора корневого моста.

Все коммутаторы в домене широковещательной рассылки участвуют в процессе выбора. После загрузки коммутатора они начинают рассылать кадры BPDU с интервалом в две секунды. Эти кадры BPDU содержат BID передающего коммутатора и BID корневого моста, известный как Root ID.

Коммутатор с самым низким значением идентификатора моста (BID) становится корневым мостом. Сначала все коммутаторы объявляют себя корневым мостом с собственным BID, установленным в качестве корневого идентификатора. В конце концов коммутаторы узнают через обмен BPDU, какой коммутатор имеет самый низкий BID, и далее будет выбран один корневой мост.

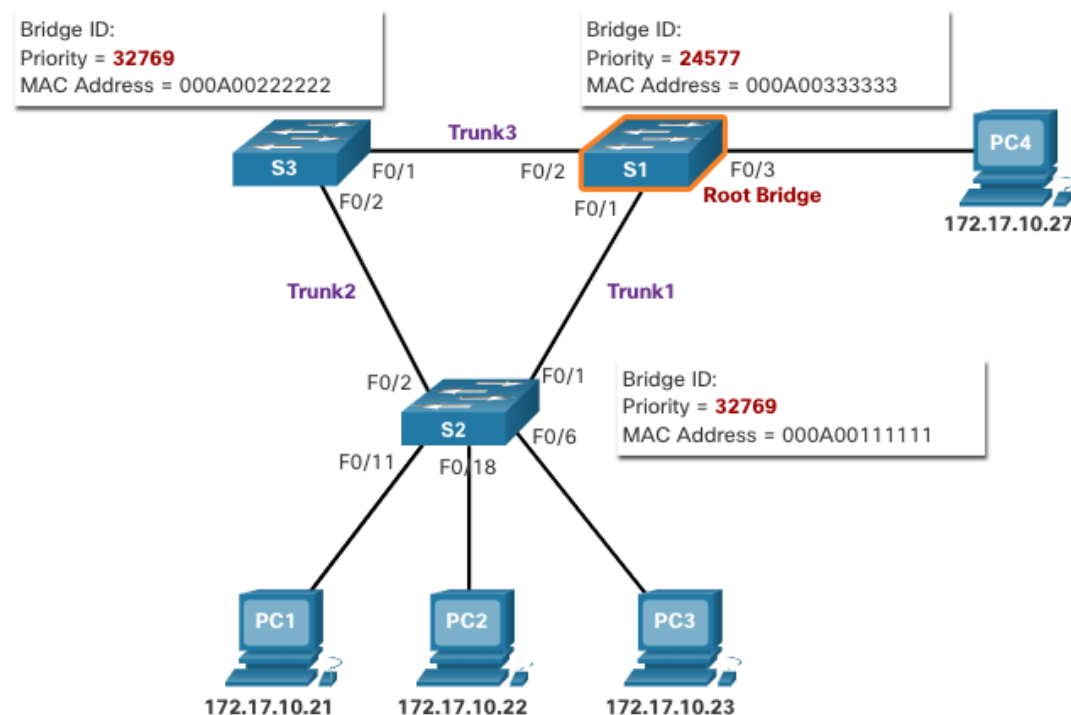


5.2.3 ВЛИЯНИЕ BID ПО УМОЛЧАНИЮ

Поскольку значение BID по умолчанию равно 32768, два или более коммутаторов могут иметь одинаковый приоритет. В этом сценарии, где приоритеты одинаковы, коммутатор с самым низким MAC-адресом станет корневым мостом. Администратор должен настроить требуемый коммутатор в качестве корневого моста с более низким приоритетом.

MAC-адрес становится решающим фактором в отношении того, какой коммутатор становится корневым мостом. MAC-адрес с самым низким шестнадцатеричным значением считается предпочтительным корневым мостом. В этом примере S2 имеет наименьшее значение MAC-адреса и, следовательно, назначается корневым мостом для этого экземпляра протокола spanning-tree.

Примечание: для всех коммутаторов используется значение 32769. Это значение основано на значении приоритета по умолчанию 32768 и назначении сети VLAN 1, связанном с каждым из коммутаторов (32768+1).



5.2.4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТОИМОСТИ КОРНЕВОГО ПУТИ

Если корневой мост выбран для экземпляра протокола spanning-tree, STA начинает процесс определения оптимальных путей к корневому мосту от всех некорневых коммутаторов в домене широковещательной рассылки. Информация о пути, известная как стоимость внутреннего корневого пути, равна сумме стоимости отдельных портов на пути от коммутатора к корневому мосту.

Когда коммутатор получает блок BPDU, он добавляет стоимость входного порта сегмента для определения своей стоимости для внутреннего корневого пути.

Стоимость портов по умолчанию определяется скоростью работы порта. В таблице показаны стоимости портов по умолчанию, предложенные IEEE. Коммутаторы Cisco по умолчанию используют значения, определенные стандартом IEEE 802.1D, также известные как стоимость наименьшего пути, как для STP, так и для RSTP.

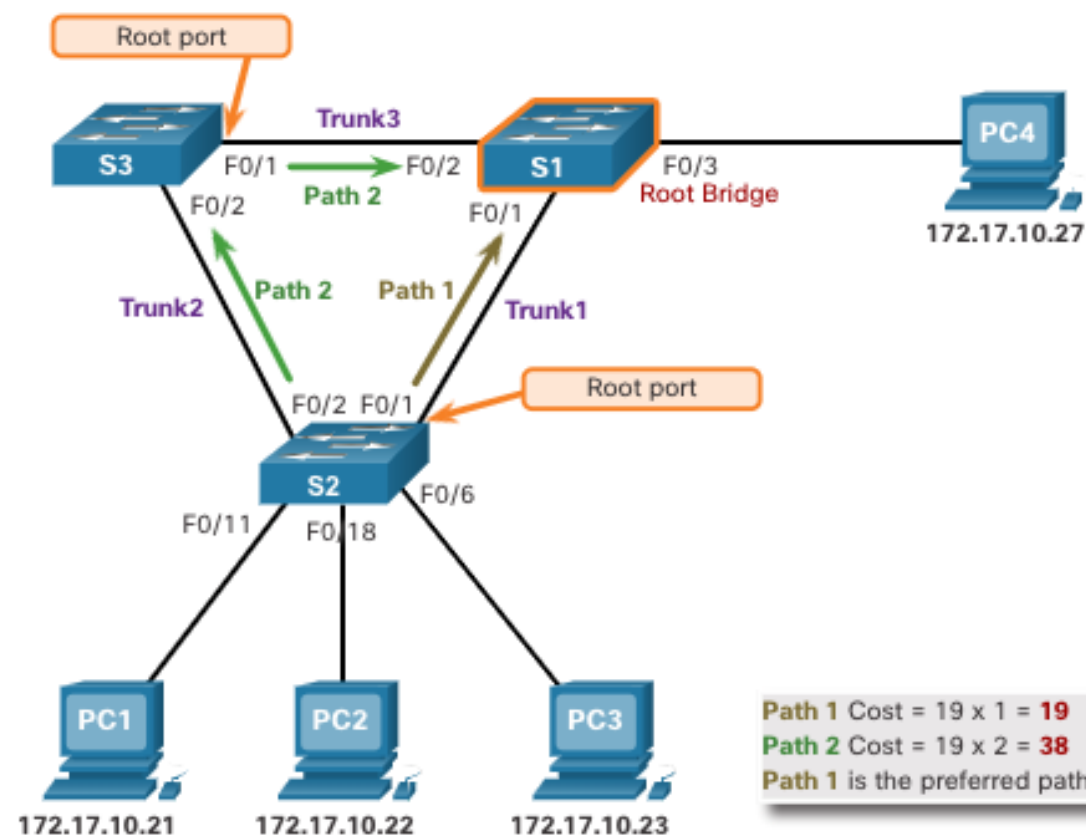
Хотя с портами коммутатора связано значение стоимости пути по умолчанию, значение стоимости порта можно настроить. Возможность настройки отдельных портов предоставляет администратору необходимую гибкость при контроле путей протокола spanning-tree к корневому мосту.

| Скорость канала | Стоимость STP: IEEE 802.1D-1998 | Стоимость RSTP: IEEE 802.1w-2004 |
|-----------------|---------------------------------|----------------------------------|
| 10 Гбит/с | 2 | 2 000 |
| 1 Гбит/с | 4 | 20 000 |
| 100 Мбит/с | 19 | 200 000 |
| 10 Мбит/с | 100 | 2 000 000 |

5.2.5 ВЫБОР КОРНЕВЫХ ПОРТОВ

После определения корневого моста для выбора корневого порта используется алгоритм STA. Каждый некорневой коммутатор выбирает один корневой порт. **Корневые порты** — порты коммутатора, ближайшие к корневому мосту с точки зрения общей стоимости маршрута к нему. Эта общая стоимость известна как стоимость пути до корневого моста.

Стоимость внутреннего корневого пути равна сумме стоимостей путей от всех портов к корневому мосту, как показано на рисунке. Пути с наименьшей стоимостью становятся предпочтительными, а все остальные избыточные пути блокируются. В этом примере стоимость внутреннего корневого пути от S2 до корневого моста S1 по пути 1 равна 19, а стоимость внутреннего корневого пути для пути 2 равна 38. Поскольку общая стоимость пути 1 к корневому мосту ниже, именно этот путь является предпочтительным.



5.2.6 ВЫБОР НАЗНАЧЕННЫХ ПОРТОВ

Каждый сегмент между двумя коммутаторами будет иметь один назначенный порт. **Назначенный порт** — это порт в сегменте, который имеет меньшую стоимость внутреннего корневого пути к корневому мосту. Другими словами, назначенный порт имеет наилучший путь для приема трафика, ведущего к корневому мосту.

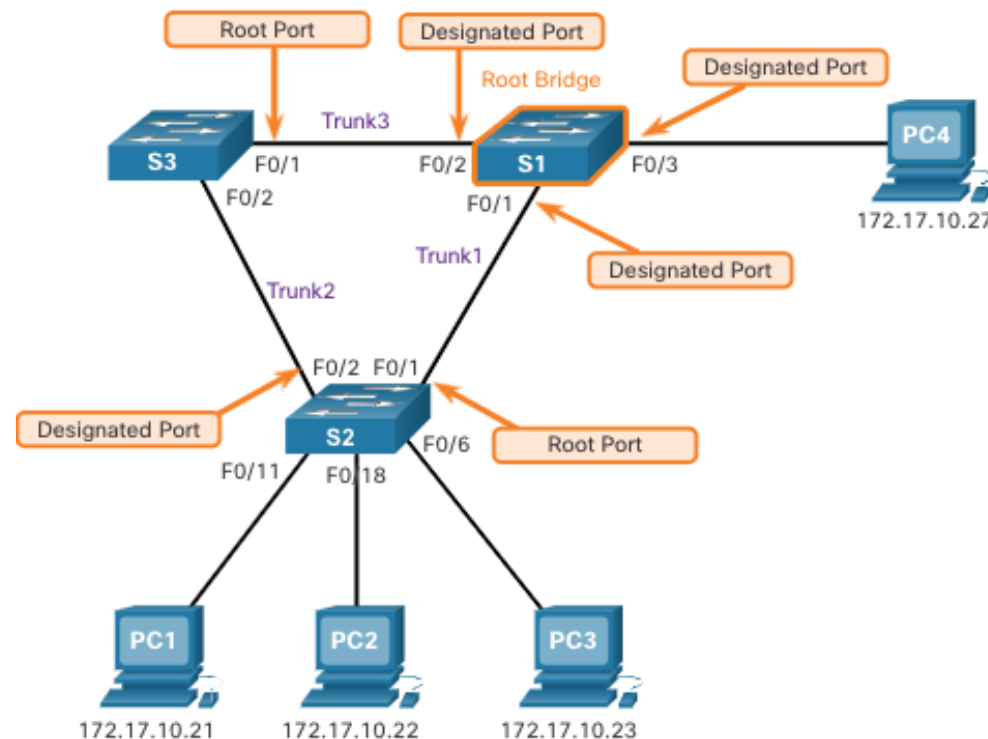
То, что не является корневым или назначенным портом, становится альтернативным или заблокированным портом.

Все порты на корневом мосте являются назначенными портами.

Если на одном конце сегмента находится корневой порт, на другом конце будет назначенный порт.

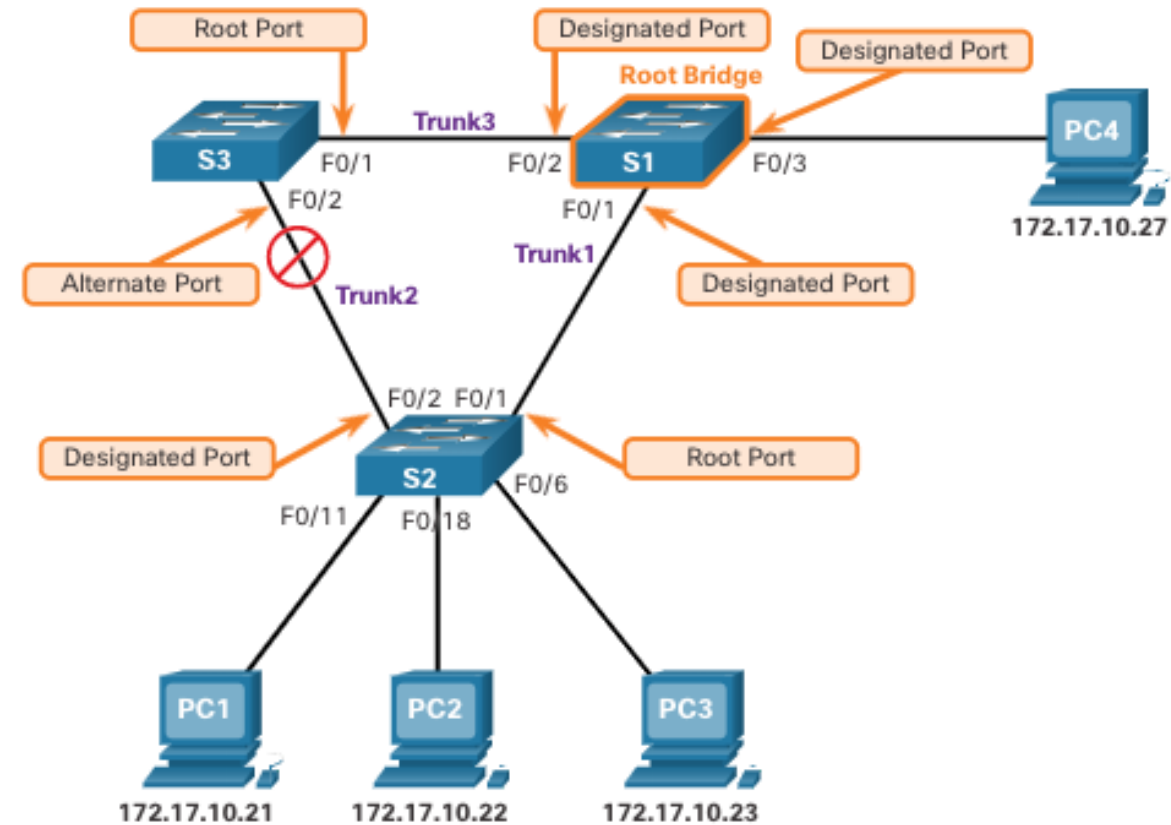
Все порты, подключенные к конечным устройствам, являются назначенными портами.

На сегментах между двумя коммутаторами, где ни один из коммутаторов не является корневым мостом, порт коммутатора с наименьшей стоимостью пути к корневому мосту является назначенным портом.



5.2.7 ВЫБОР АЛЬТЕРНАТИВНЫХ (ЗАБЛОКИРОВАННЫХ) ПОРТОВ

Если порт не является корневым или назначенным портом, он становится альтернативным (или резервным) портом. Альтернативные порты — находятся в состоянии отклонения или блокирования для предотвращения петель. На рисунке STA настроил порт F0/2 на коммутаторе S3 в роли альтернативного порта. Порт F0/2 на S3 находится в блокирующем состоянии и не будет пересылать кадры Ethernet. Все остальные порты между коммутаторами находятся в состоянии пересылки. Он работает как часть STP для предотвращения образования петель.



5.2.8 ВЫБОР КОРНЕВОГО ПОРТА ИЗ НЕСКОЛЬКИХ ПУТЕЙ РАВНОЙ СТОИМОСТИ

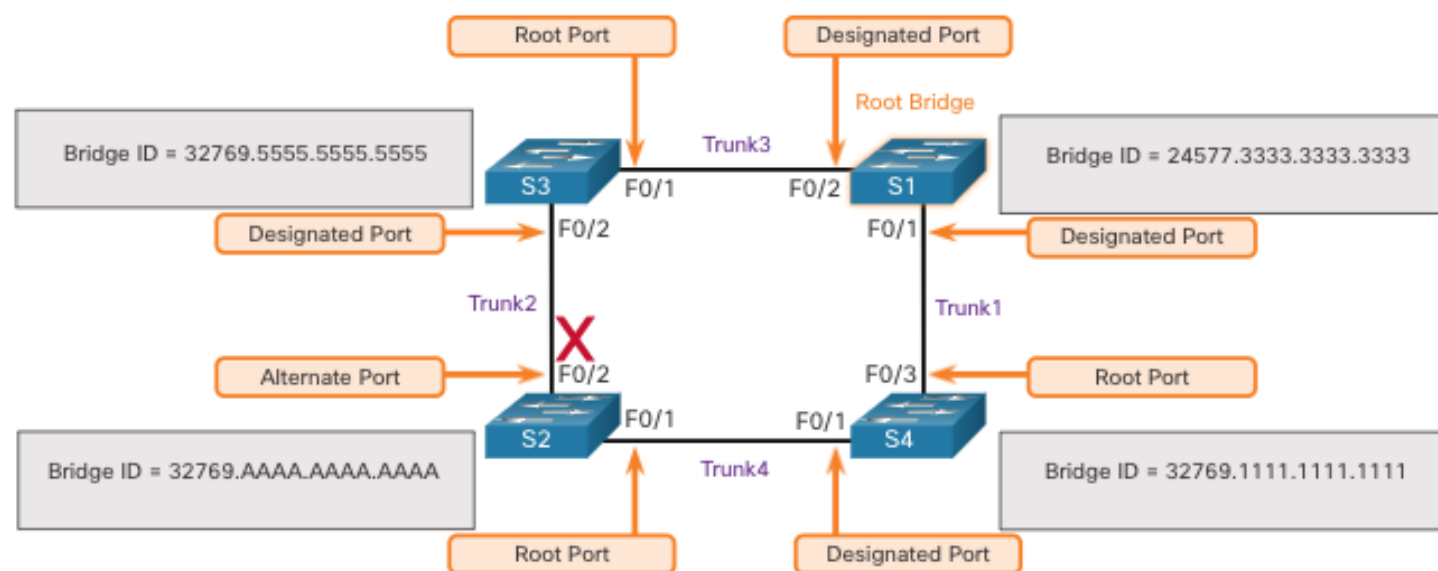
Если коммутатор имеет несколько путей равной стоимости к корневому мосту, коммутатор определяет порт, используя следующие критерии:

1. Самое низкое значение идентификатора моста-отправителя.
2. Самое низкое значение приоритета порта-отправителя.
3. Самое низкое значение идентификатора порта-отправителя.

Примеры будут рассмотрены на следующих слайдах.

5.2.8 ВЫБОР КОРНЕВОГО ПОРТА ИЗ НЕСКОЛЬКИХ ПУТЕЙ РАВНОЙ СТОИМОСТИ

Самый низкий BID отправителя: эта топология имеет четыре коммутатора с коммутатором S1 в качестве корневого моста. Порт F0/1 на коммутаторе S3 и порт F0/3 на коммутаторе S4 были выбраны в качестве корневых портов, поскольку они имеют наименьшую стоимость корневого пути к корневому мосту для соответствующих коммутаторов. S2 содержит два порта — F0/1 и F0/2 — с путями равной стоимости к корневому мосту. Идентификаторы моста S3 и S4 будут использоваться для разрыва связи. Для этого используется BID отправителя. S3 имеет BID 32769.5555.5555.5555, а S4 имеет BID 32769.1111.1111.1111. Поскольку значение BID для S4 меньше, корневым портом будет порт коммутатора S2 F0/1, подключенный к S4.

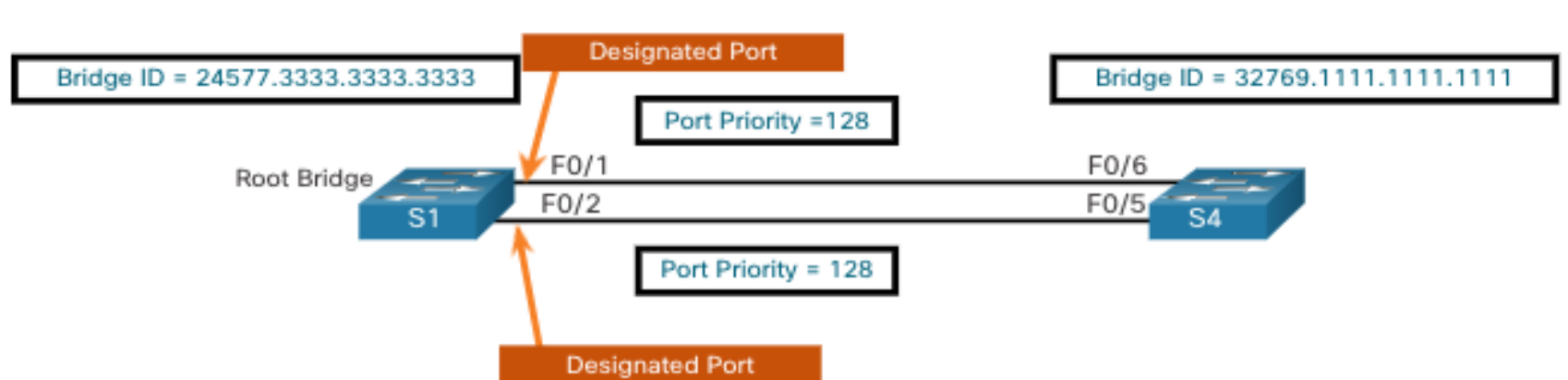


5.2.8 ВЫБОР КОРНЕВОГО ПОРТА ИЗ НЕСКОЛЬКИХ ПУТЕЙ РАВНОЙ СТОИМОСТИ

Самый низкий приоритет порта отправителя: эта топология имеет два коммутатора, которые связаны между собой двумя равноправными путями. S1 является корневым мостом, поэтому оба его порта являются назначенными портами.

S4 имеет два порта с равными по стоимости путями к корневому мосту. Поскольку оба порта подключены к одному коммутатору, BID отправителя (S1) равен. Итак, первый шаг - ничья.

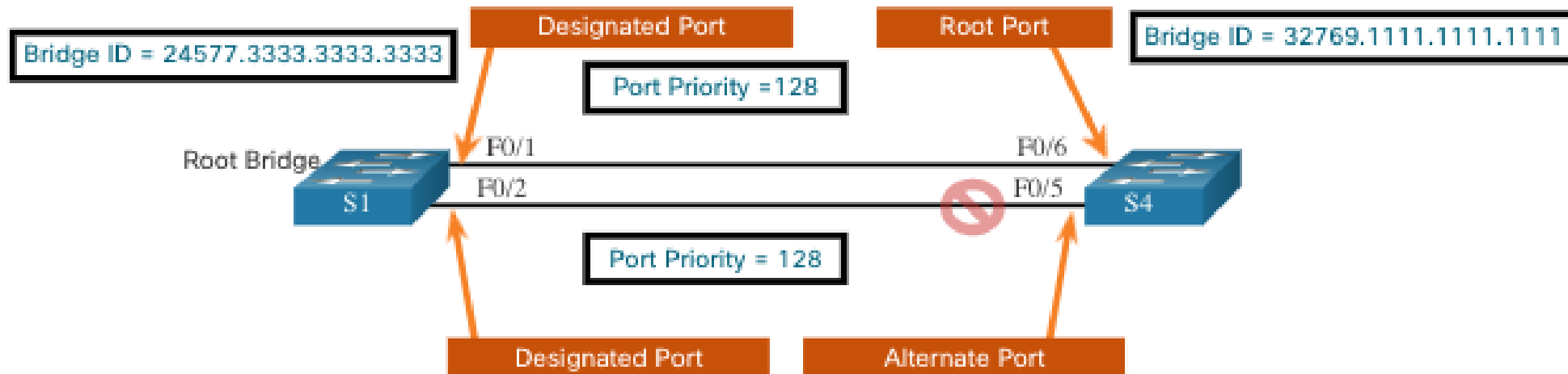
Далее — приоритет порта отправителя (S1). Приоритет порта по умолчанию равен 128, поэтому оба порта S1 имеют одинаковый приоритет порта. Это тоже ничья. Однако, если любой порт на S1 настроен с более низким приоритетом порта, S4 помещал бы свой смежный порт в состояние пересылки. Другой порт на S4 будет блокирующим состоянием.



5.2.8 ВЫБОР КОРНЕВОГО ПОРТА ИЗ НЕСКОЛЬКИХ ПУТЕЙ РАВНОЙ СТОИМОСТИ

Самый низкий идентификатор порта отправителя. Последний определитель - является самым низким идентификатором порта отправителя. Коммутатор S4 получил BPDU от порта F0/1 и порта F0/2 на S1. Решение основано на идентификаторе порта отправителя, а не на идентификаторе порта получателя. Поскольку идентификатор порта F0/1 на S1 меньше, чем порт F0/2, порт F0/6 коммутатора S4 будет корневым портом. Это порт на S4, который подключен к порту F0/1 на S1.

Порт F0/5 на S4 станет альтернативным портом и будет помещен в состояние блокировки.



5.2.9 ТАЙМЕРЫ STP И СОСТОЯНИЯ ПОРТОВ

Для конвергенции STP требуется три таймера, а именно:

Hello Timer - время приветствия, это интервал между отправкой BPDU. По умолчанию это значение равно 2 секундам, но его можно настроить в диапазоне от 1 до 10 секунд.

Forward Delay Timer - таймер задержки пересылки (Forward Delay Timer) (15 секунд) — время, проводимое в состояниях прослушивания и обучения. Значение по умолчанию составляет 15 секунд, но может быть изменено на 4-30 секунд.

Max Age Timer - это максимальное время ожидания коммутатора перед попыткой изменения топологии STP. По умолчанию это значение равно 20 секундам, но его можно настроить в диапазоне от 6 до 40 секунд.

Примечание. Время по умолчанию может быть изменено на корневом мосту, который определяет значение этих таймеров для домена STP.

5.2.9 ТАЙМЕРЫ STP И СОСТОЯНИЯ ПОРТОВ

Протокол STP упрощает создание логического беспетлевого пути по домену широковещательной рассылки. Протокол spanning-tree определяется с помощью данных, полученных в процессе обмена кадрами BPDU между соединенными друг с другом коммутаторами. Чтобы упростить процесс получения логического протокола spanning-tree, каждый порт коммутатора проходит через пять возможных состояний порта и три таймера BPDU.

Сразу после загрузки коммутатора начинается построение протокола spanning-tree. Если порт коммутатора переходит непосредственно из состояния блокировки в состояние пересылки, не используя во время перехода данные о полной топологии, порт может временно создавать петлю данных. Именно поэтому протокол STP использует пять состояний портов.

Далее перечислим состояния портов, обеспечивающих отсутствие петель, при формировании логического протокола spanning-tree.

5.2.9 ТАЙМЕРЫ STP И СОСТОЯНИЯ ПОРТОВ

Блокирование: порт является альтернативным и не участвует в пересылке кадров. Порт принимает кадры BPDU, чтобы определить местоположение и идентификатор корневого моста, а также роли порта, выполняемые каждым из портов коммутатора в конечной активной топологии STP.

Прослушивание: прослушивание пути к корневому мосту. Протокол STP определил, что порт может участвовать в пересылке кадров в соответствии с кадрами BPDU, которые коммутатор принял до этого момента. На этом этапе порт коммутатора не только принимает кадры BPDU, но также передает свои собственные кадры BPDU и сообщает смежным коммутаторам о том, что порт коммутатора готовится к участию в активной топологии.

Изучение: изучение MAC-адресов. На этапе подготовки к пересылке кадров порт начинает заполнять таблицу MAC-адресов.

Пересылка: порт считается частью активной топологии. Он пересылает кадры данных, отправляет и принимает кадры BPDU.

Отключенный: порт 2 уровня не участвует в протоколе spanning-tree и не пересылает кадры. Отключенное состояние устанавливается в том случае, если порт коммутатора отключен администратором.

5.2.9 ТАЙМЕРЫ STP И СОСТОЯНИЯ ПОРТОВ

В таблице приведены подробности работы каждого состояния порта.

| Состояние порта | BPDU | Таблица MAC-адресов | Пересылка кадров данных |
|---------------------|----------------------------|---------------------|-------------------------|
| Блокирующий режим | Только получение | Без обновления | Нет |
| Режим прослушивания | Получение и отправка | Без обновления | Нет |
| Обучение | Получение и отправка | Обновление таблицы | Нет |
| Режим пересылки | Получение и отправка | Обновление таблицы | Да |
| Отключено | Не отправлено или получено | Без обновления | Нет |

5.2.9 PVST+

В среде PVST+ (проприетарный протокол STP от компании Cisco) расширенный идентификатор коммутатора обеспечивает уникальный идентификатор BID для каждого коммутатора в каждой из сетей VLAN.

Например, сеть VLAN 2 будет использовать идентификатор BID по умолчанию 32770 (приоритет 32768 плюс расширенный идентификатор системы 2). Если приоритет не задан, коммутаторы будут использовать одинаковое значение приоритета по умолчанию, и выбор корневого моста для каждой сети VLAN будет выполняться на основе MAC-адреса. Этот метод служит для произвольного выбора корневого моста.

5.2.9 PVST+

В отдельных случаях администратор может выбрать отдельный коммутатор в качестве корневого моста. Тому может быть множество причин, среди которых более централизованное расположение коммутатора в модели сети LAN, более высокая мощность обработки коммутатора или просто более удобный доступ и удалённое управление для данного коммутатора. Для управления процессом выбора корневого моста следует просто назначить более низкий приоритет коммутатору, который должен быть выбран в качестве корневого моста.

PVST+ и расширенный идентификатор системы



5.3 ЭВОЛЮЦИЯ STP

5.3.1 РАЗЛИЧНЫЕ ВЕРСИИ STP

Многие специалисты используют термин spanning tree и STP для обозначения различных реализаций протокола spanning-tree, например протокола Rapid Spanning Tree Protocol (**RSTP**) и протокола Multiple Spanning Tree Protocol (**MSTP**). Чтобы правильно объяснять принципы протокола spanning-tree, важно понимать, о какой конкретно реализации или стандарте идет речь в данном контексте.

В новейшей документации IEEE по протоколу связующего дерева (IEEE-802.1D-2004) указано: «STP теперь заменен протоколом Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP)». IEEE использует «STP» для обозначения исходной реализации связующего дерева, а «RSTP» — для описания версии связующего дерева, указанной в IEEE-802.1D-2004.

Так как в этих двух протоколах используется по большей части одинаковая терминология и методы обеспечения пути без петель, основной акцент будет сделан на текущем стандарте и собственных реализациях Cisco для протоколов STP и RSTP.

Коммутаторы Cisco под управлением IOS 15.0 или более поздней версии по умолчанию запускают PVST+. Эта версия содержит множество спецификаций IEEE 802.1D-2004, таких как альтернативные порты вместо бывших неназначенных портов. Чтобы использовать протокол RSTP, коммутаторы должны быть явно настроены на быстрый режим связующего дерева.

5.3.2 ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ RSTP

Протокол RSTP (802.1w) заменяет собой исходный стандарт 802.1D, поддерживая при этом функции обратной совместимости. Терминология, относящаяся к STP 802.1w, остается в основном той же, что и для исходного стандарта STP IEEE 802.1D. Большинство параметров остались без изменений. Пользователи, знакомые с исходным стандартом STP, могут легко настроить RSTP. Один и тот же алгоритм связующего дерева используется для STP и RSTP для определения ролей портов и топологии.

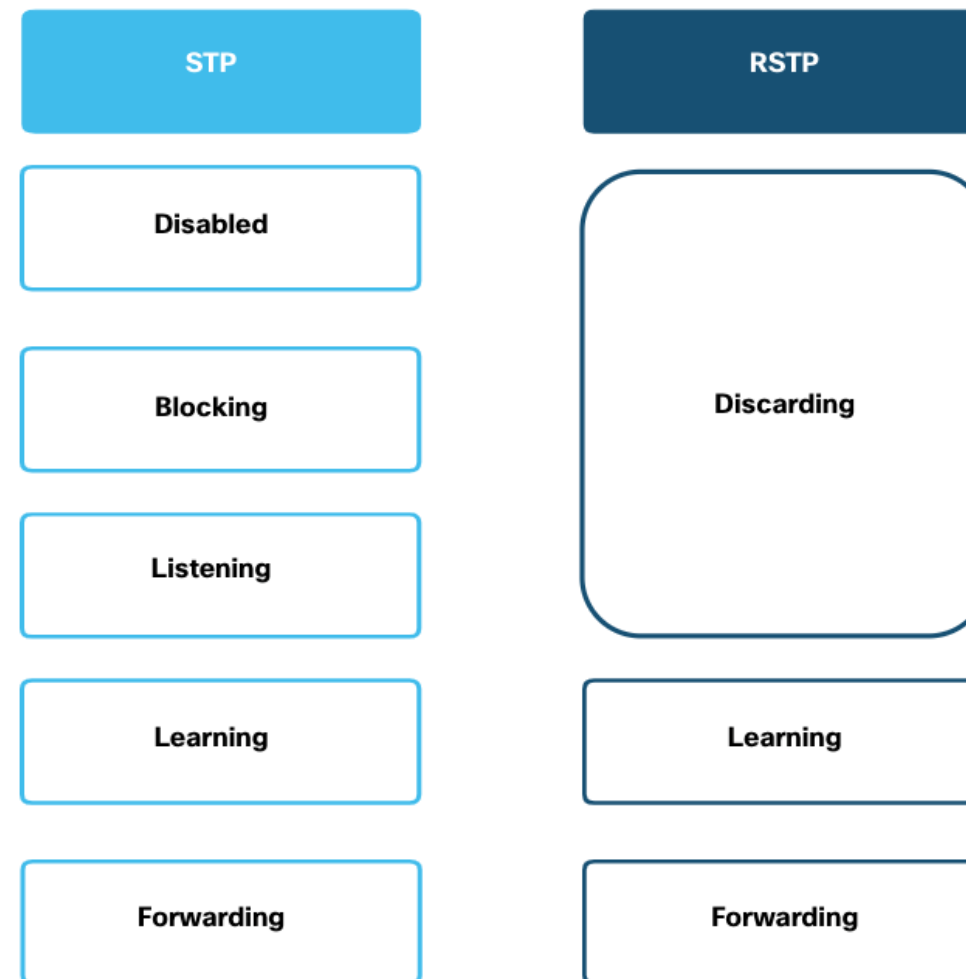
Протокол RSTP ускоряет повторный расчёт протокола spanning-tree в случае изменения топологии сети 2-го уровня. В правильно настроенной сети RSTP может достичь состояния сходимости гораздо быстрее, иногда всего за несколько сот миллисекунд. Если порт настроен альтернативным или резервным, он может немедленно перейти в состояние пересылки без ожидания сходимости сети.

Примечание: Rapid PVST+ представляет собой реализацию RSTP Cisco на основе отдельных VLAN. Для каждой VLAN запускается независимый экземпляр RSTP.

5.3.3 RSTP СОСТОЯНИЯ И РОЛИ ПОРТОВ

Существует только три состояния порта, которые соответствуют трем возможным рабочим состояниям STP.

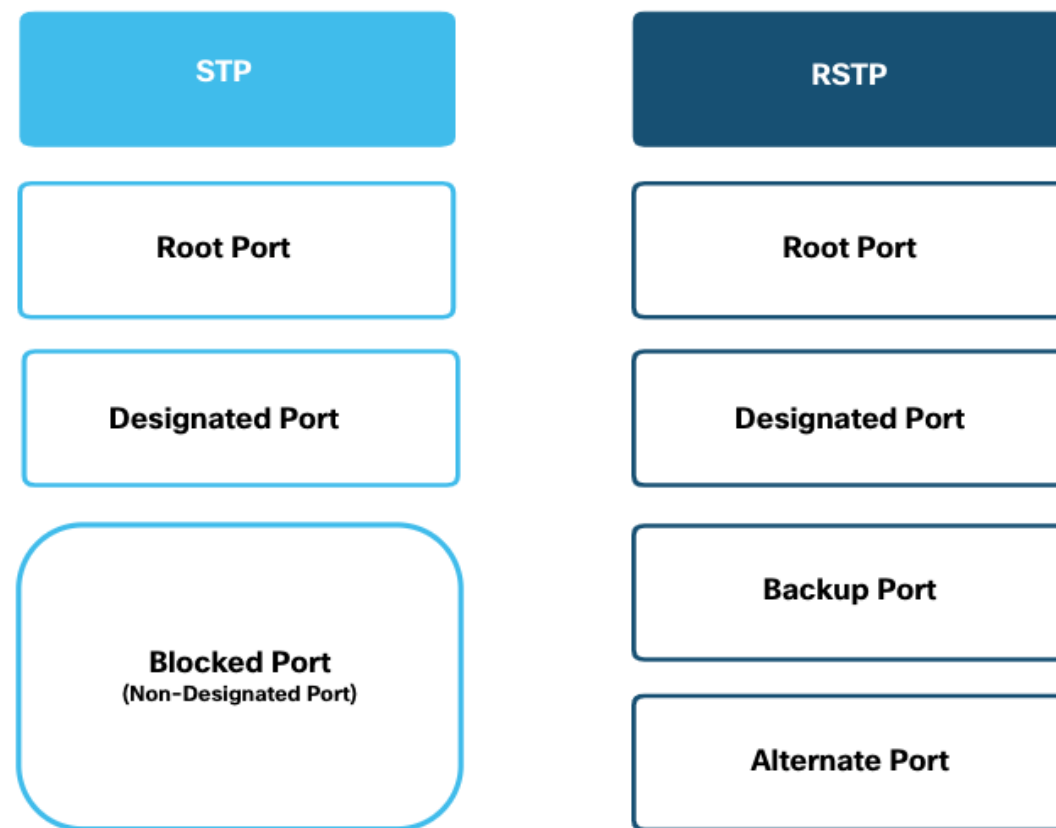
Состояние отключения, блокировки и прослушивания 802.1D объединяются в уникальное состояние отказа 802.1w.



5.3.3 RSTP СОСТОЯНИЯ И РОЛИ ПОРТОВ

Корневые порты и назначенные порты одинаковы для STP и RSTP. Тем не менее существует две роли порта RSTP, которые соответствуют состоянию блокировки STP.

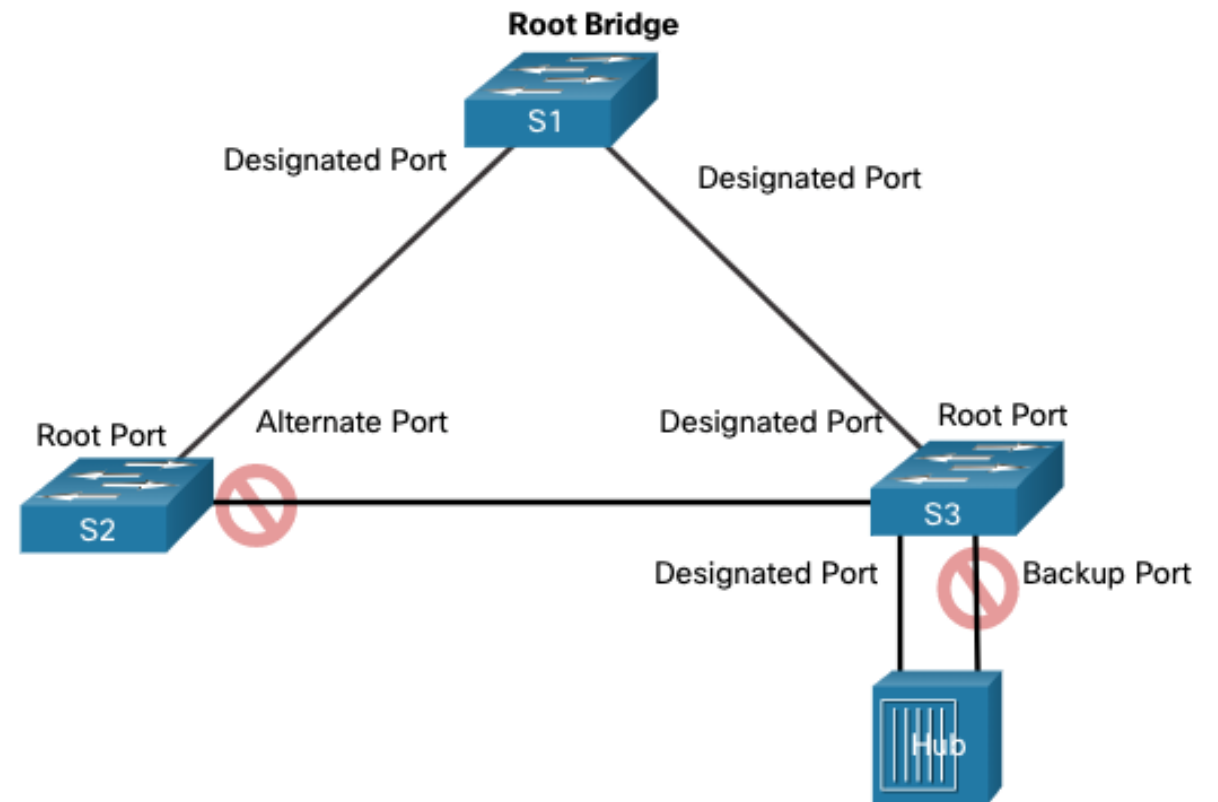
В STP заблокированный порт определяется как не являющийся назначенным или корневым портом. Для этой цели RSTP имеет две роли портов.



5.3.3 RSTP СОСТОЯНИЯ И РОЛИ ПОРТОВ

Альтернативный порт имеет альтернативный путь к корневому мосту.

Резервный порт является резервным к общей среде, такой как концентратор (hub). Резервный порт менее распространен, поскольку концентраторы в настоящее время считаются устаревшими устройствами.



5.3.4 RAPID RVST+

Пограничный порт под управлением RSTP представляет собой порт коммутатора, который никогда не планируется подключать к другому устройству коммутации. После включения он сразу же переходит в состояние пересылки. Концепция пограничного порта RSTP соответствует функции PVST+ PortFast. Пограничный порт напрямую подключен к конечной станции и предполагает, что к нему не подключено ни одно из устройств коммутации. Пограничные порты RSTP должны немедленно перейти в состояние пересылки, пропуская, таким образом, состояния прослушивания и изучения исходного 802.1D, которые занимают много времени. Реализация RSTP Cisco, Rapid PVST+ поддерживает использование ключевого слова PortFast с помощью команды настройки граничного порта **spanning-tree portfast**. Таким образом, переход от STP к RSTP осуществляется без проблем.



5.3.4 RAPID RVST+

На рисунке показаны примеры портов, отличных от граничных.

Примечание. Не рекомендуется настраивать граничные порты, которые будут соединены с другим коммутатором. Это может иметь негативные последствия для RSTP, поскольку появляется вероятность возникновения временной петли, приводящей к задержке схождения RSTP.



5.3.5 PORTFAST И BPDU GUARD

Когда устройство подключено к порту коммутатора или когда коммутатор включается, порт коммутатора проходит как прослушивание, так и обучение, каждый раз ожидая истечения срока действия таймера задержки. Эта задержка составляет 15 секунд для каждого состояния и в общей сложности – 30 секунд. Это может вызвать проблему для DHCP-клиентов, пытающихся обнаружить DHCP-сервер, поскольку процесс DHCP займет больше этого времени ожидания. В результате клиент IPv4 не получит действительный адрес IPv4.

Когда порт коммутатора настроен с помощью **PortFast**, этот порт переходит из состояния блокировки в состояние пересылки немедленно, избегая 30-секундной задержки. Можно использовать PortFast для портов доступа, чтобы устройства, подключенные к этим портам, могли немедленно получить доступ к сети. PortFast следует использовать только для портов доступа. Если функция PortFast включена на порте, подключенном к другому коммутатору, появится риск возникновения петли протокола spanning-tree.

Порт коммутатора с включенной функцией PortFast никогда не должен получать BPDU, поскольку это указывает на то, что коммутатор подключен к порту, что может вызвать петлю. Коммутаторы Cisco поддерживают функцию **BPDU guard**. Когда функция BPDU guard включена, при получении блока BPDU она переводит порт в состояние errdisabled (error-disabled — отключение из-за ошибки). Это защищает от потенциальных петель, эффективно отключая порт. Администратор должен вручную вернуть интерфейс в эксплуатацию.

5.3.6 АЛЬТЕРНАТИВЫ STP

С годами организациям требовалась повышенная отказоустойчивость и доступность локальной сети. Сети Ethernet перешли от нескольких взаимосвязанных коммутаторов, подключенных к одному маршрутизатору, к сложной иерархической структуре сети, включающей коммутаторы доступа, распределения и уровня ядра.

В зависимости от реализации уровень 2 может включать не только уровень доступа, но и распределение или даже уровни ядра. Эти топологии могут включать сотни коммутаторов с сотнями или даже тысячами VLAN. STP адаптировалась к дополнительной избыточности и сложности благодаря усовершенствованиям, как часть RSTP и MSTP.

Важным аспектом проектирования сети является быстрая и предсказуемая сходимость при сбое или изменении топологии. Связующее дерево не обеспечивает такую же эффективность и предсказуемость, которая обеспечивается протоколами маршрутизации на уровне 3.

Маршрутизация уровня 3 позволяет создавать избыточные пути и петли в топологии без блокировки портов. По этой причине некоторые среды переходят на уровень 3 везде, за исключением тех случаев, когда устройства подключаются к коммутатору уровня доступа.

Другими словами, соединения между коммутаторами уровня доступа и коммутаторами распределения будут иметь уровень 3, а не уровень 2.

5.3.7 ПРОБЛЕМЫ НАСТРОЙКИ STP

Для анализа топологии STP выполните следующие действия:

Шаг 1. Обнаружение топологии 2 уровня. Используйте сетевую документацию (если есть) или команду **show cdp neighbors** для обнаружения топологии 2 уровня.

Шаг 2. После обнаружения топологии 2 уровня используйте сведения об STP для определения ожидаемого пути 2 уровня. Необходимо знать, какой коммутатор является корневым мостом.

Шаг 3. Чтобы определить, какой коммутатор является корневым мостом, используйте команду **show spanning-tree vlan**.

Шаг 4. Используйте команду **show spanning-tree vlan** для всех коммутаторов, чтобы выяснить, какие порты находятся в состоянии блокировки или пересылки и подтвердить ожидаемый путь 2 уровня.