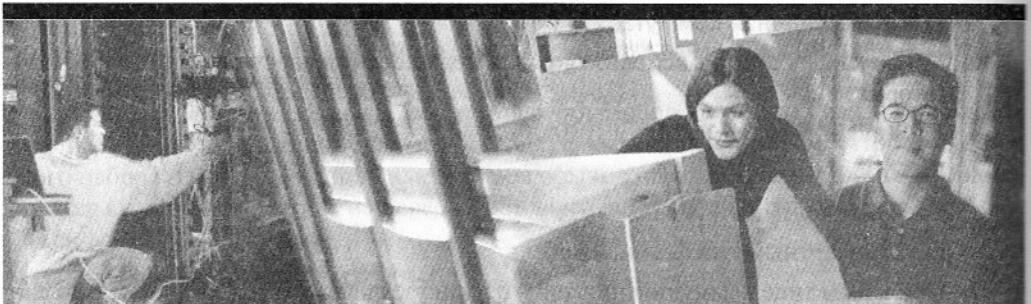


Сетевые технологии Cisco — это не просто набор протоколов и устройств, это целая система, способная решать самые сложные задачи. Использование Cisco включает в себя не только внедрение и поддержку технологий, но и консультирование, обучение персонала, разработку и производство оборудования.



В этой главе...

- Описаны цели использования топологий с избыточными маршрутами
- Описан протокол связующего дерева (Spanning Tree Protocol — STP)
- Описаны различные состояния портов связующего дерева и выбор назначенных портов
- Описаны различные этапы выбора корневого моста
- Описано назначение оценки маршруту
- Описана установка таймеров STP
- Описано, как протокол STP способствует ускорению конвергенции
- Описан быстрый протокол связующего дерева (Rapid Spanning Tree Protocol — RSTP)

Протокол связующего дерева STP

В настоящей главе описываются топологии с избыточностью и объясняется их важность для поддержки устойчивой работы сетей. Кроме того, в ней описаны функции двух протоколов: протокола связующего дерева (Spanning Tree Protocol — STP) и протокола RSTP.

Рекомендуется также выполнить лабораторные работы (e-Lab Activities), ознакомиться с видеоклипами (Videos) и фотографиями (PhotoZooms), которые находятся на прилагаемом к книге компакт-диске. Эти приложения дополняют материал книги и помогают лучше усвоить используемые понятия и методы.

Обзор топологий с избыточностью

Наличие избыточности в сети является важным фактором. Избыточность делает сеть устойчивой к возможным сбоям. Избыточность топологии защищает сеть и обеспечивает ее функционирование в случае сбоя в отдельном канале, на порте или в сетевом устройстве. Однако топологии сетей, построенных на использовании коммутаторов и мостов, обладающие избыточностью, подвержены широковещательным штормам (broadcast storms), множественным передачам фреймов и неустойчивости баз данных, в которых находятся адреса управления доступом к среде передачи (*Media Access Control — MAC*), называемые также MAC-адресами.

Что понимается под избыточностью в сети

В настоящее время частные компании и государственные организации в своей деятельности все более полагаются на компьютерные сети. Доступ к файловым серверам, базам данных, к сети Internet, к инTRANET- и экSTRANET-сетям является критически важным для успешной работы компаний. В случае неработоспособности сети резко падает производительность работы компаний, а потребители выражают неудовлетворенность. Поэтому компании стремятся добиться круглосуточной работоспособности сети на протяжении всей рабочей недели.

Достижение 100% работоспособности сети, вероятно, невозможно, однако обеспечение работоспособности сети на 99,999% (такой уровень надежности называется “пятью девятками”) — цель, которую ставят перед собой компании и организации. Это значение можно представить в среднем как один деньостоянки за 30 лет, один часостоянки за 4000 дней или 5,25 минутостоянки за год. Эта оценка применима и к другим важным службам, таким как финансовые операции, больницы, работа провайдеров служб Internet и т.д. Цена простое оказывается весьма высокой. Многим другим предприятиям для уменьшения расходов приходится жертвовать надежностью сети.

Достижение уровня надежности 99,999% требует исключительной надежности от сети. Эта надежность достигается за счет использования надежного оборудования и путем проектирования сети, устойчивой к сбоям и ошибкам. Для этого сеть проектируется таким образом, чтобы в ней быстро происходила реконвергенция и при передаче данных обходился участок со сбоем.

Устойчивость к сбоям достигается за счет создания избыточности в сети. Избыточность означает наличие в сети средств, которые превышают требования обычной ситуации при работе сети. Как избыточность помогает обеспечить надежность?

Предположим, что единственным способом добраться до работы является ваш личный автомобиль. Если в нем произошла поломка, которая сделала его неработоспособным, то добраться до работы станет невозможным до тех пор пока автомобиль не будет отремонтирован.

Если в автомобиле происходит поломка, которая делает его неработоспособным, один раз в десять дней, то процент использования автомобиля составляет 90%. Возможность поехать на работу при этом обеспечивается в 9 днях из 10. Соответственно, надежность составляет 90%.

Покупка еще одного автомобиля улучшает ситуацию, однако для того, чтобы в обычной ситуации просто добраться до работы, двух автомобилей не требуется. Один из них является лишним, однако он доступен в том случае, когда имеются проблемы с первым автомобилем. Это обеспечивает дополнительную надежность.

Топологии с избыточностью

Целью создания избыточности в сети является предотвращение простоя в сети в тех случаях, когда в отдельной точке сети происходит сбой. Для повышения надежности все сети должны обладать избыточностью. Примером сети с избыточностью может служить сеть автомобильных дорог. Если одна трасса закрыта для ремонта, то имеются другие маршруты к требуемому месту.

Предположим, что у крупного города есть небольшой пригород, который отделен от центральной части города рекой. Если через эту реку существует только один мост, то, соответственно, имеется лишь один маршрут к центру города. При такой топологии избыточность отсутствует.

Если на мосту возникла "пробка" или он поврежден в результате дорожного происшествия, то поездка в город через этот мост становится невозможной. Построение второго моста через эту реку создает избыточность в такой автомобильной сети. В этом случае пригород не оказывается отрезанным от центра города в том случае, если по одному из мостов проехать нельзя.

Избыточность в сетях с коммутацией

Сети, в которых имеется избыточность маршрутов и устройств, позволяют сети поддерживать работоспособное состояние в течение более длительного времени. Как показано на рис. 8.1, топологии с избыточностью устойчивы по отношению к отдельным точкам сбоев. Если какой-либо маршрут или устройство выходят из строя, то избыточный маршрут или устройство могут принять на себя выполнение их функций.

Если коммутатор А выходит из строя, то потоки данных по прежнему могут передаваться из сегмента 2 в сегмент 1 и далее в канал маршрутизатора через коммутатор В.

Если на порте 1 коммутатора А происходит сбой, то потоки данных могут по-прежнему пересыпаться через порт 1 коммутатора В.

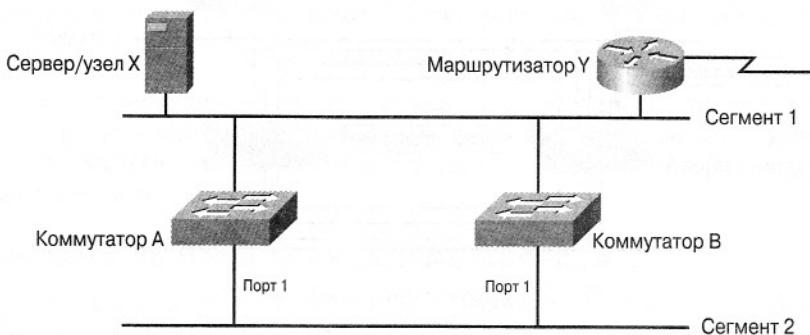


Рис. 8.1. Избыточность топологии коммутатора

Коммутаторы изучают *MAC-адреса* устройств, подсоединенных к их портам для того, чтобы соответствующим образом передать данные получателю. До тех пор, пока не стали известны все MAC-адреса устройств, одним из решений является отправка фреймов с неизвестным адресом получателя методом лавинной рассылки (*to flood frames*), т.е. всем устройствам, кроме того, от которого эти фреймы поступили. Широковещательные и многоадресатные сообщения также рассыпаются методом лавинной рассылки.

В сети, использующей коммутацию, и обладающей избыточной топологией, происходят широковещательные штормы (*broadcast storms*), многократное копирование фреймов и возникают проблемы, связанные с неустойчивостью таблиц MAC-адресов.

Широковещательные штормы

Широковещательные и многоадресатные сообщения являются причиной потенциальных проблем в сети с коммутацией. Коммутаторы обращаются с многоадресатными сообщениями как с широковещательными. Широковещательные и многоадресатные сообщения рассыпаются методом лавинной рассылки. В этом случае фрейм рассыпается со всех портов коммутатора, за исключением того, на котором он был получен.

Как показано на рис. 8.2, если узел X посыпает широковещательное сообщение, такое, например, как запрос протокола преобразования адресов (*Address Resolution Protocol — ARP*) относительно адреса 2-го уровня для маршрутизатора, то коммутатор А рассыпает это сообщение со всех своих портов. Поскольку коммутатор В сам находится в этом же сегменте, то и он также получает все широковещательные сообщения. Коммутатор В получает все широковещательные сообщения, рассыпаемые коммутатором А, а коммутатор А, в свою очередь, получает все широковещательные сообщения, рассыпаемые коммутатором В. Коммутатор А получает эти новые широковещательные сообщения и вновь широковещательно рассыпает их, как и коммутатор В. Пример такой ситуации приведен на рис. 8.2.

Таким образом, коммутаторы непрерывно рассыпают одни и те же широковещательные фреймы. Такое явление называется широковещательным штормом и оно продолжается до тех пор, пока один из коммутаторов не будет отсоединен от сети. При этом коммутаторы и конечные устройства настолько заняты обработкой широковещательных сообщений, что передача данных пользователей становится маловероятной. Передача полезных данных по сети при этом либо происходит крайне медленно, либо вообще не функционирует.

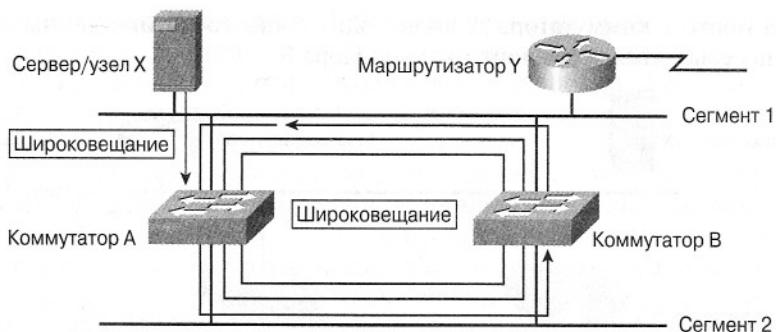


Рис. 8.2. Широковещательный шторм

Множественная передача фреймов

В сети с избыточной топологией конечное устройство может получить несколько копий одного и того же фрейма (рис. 8.3).

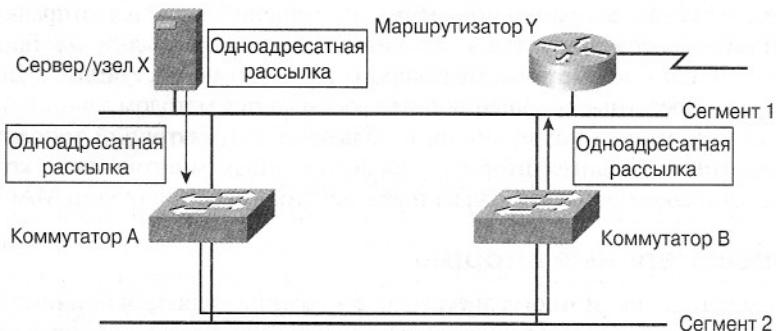


Рис. 8.3. Множественная передача фрейма

Большинство протоколов устроены таким образом, что они игнорируют множественные передачи или выдерживают их без существенного нарушения работы сети. В целом протоколы, использующие механизм последовательной нумерации, предполагают, что множественная передача закончена и нумерация в последовательности вновь начинается с нуля. Другие протоколы пытаются передать фреймы, дублирующие друг друга, соответствующему протоколу более высокого уровня, часто с непредсказуемыми результатами. Для того, чтобы понять, как возникает множественная передача, рассмотрим ситуацию, показанную на рис 8.3, в которой происходят описанные ниже действия.

- Когда узел X посылает одноадресатный фрейм маршрутизатору Y, одна его копия принимается через непосредственное соединение Ethernet в сегменте 1, в то время как коммутатор A также получает его копию и помещает ее в свой буфер.
- Если коммутатор A просматривает поле адреса получателя в этом фрейме и не обнаруживает соответствующей позиции для маршрутизатора Y в своей таблице MAC-адресов, то он лавинным образом рассыпает этот фрейм со всех своих портов, за исключением порта, на который этот фрейм поступил.

- Если коммутатор В получает копию этого фрейма через коммутатор А в сегменте 2 и также не находит соответствующей записи в своей таблице MAC-адресов, то он так же пересыпает копию этого фрейма в сегмент 1.
- Маршрутизатор Y получает вторую копию того же самого фрейма.

Решением, позволяющим избежать появления петель и решить проблему множественной передачи одних и тех же фреймов, является логический разрыв петли и предотвращение рассылки фреймов с одного из четырех интерфейсов при нормальной работе сети.

Неустойчивость базы данных MAC-адресов

В сети, использующей коммутацию и обладающей избыточностью, коммутаторы могут получать неправильную информацию. Возможна ситуация, когда коммутатору поступает информация о том, что порту соответствует некоторый MAC-адрес, что на самом деле не соответствует действительности. Пример неустойчивости базы данных MAC-адресов показан на рис. 8.4.

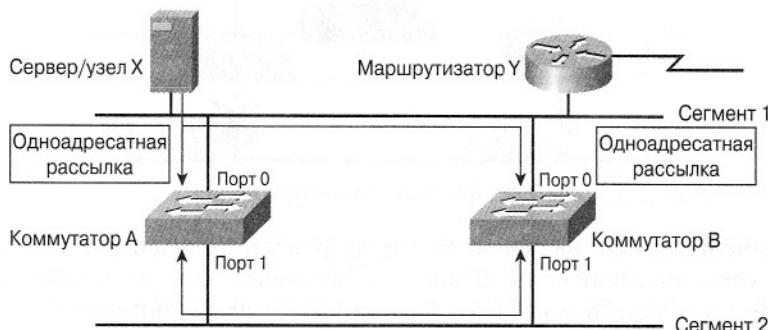


Рис. 8.4. Неустойчивость базы данных MAC-адресов

В этом примере коммутатор В устанавливает соответствие между MAC-адресом узла X и портом 0, который подсоединяется к сегменту 1 при поступлении первого фрейма. Несколько позже, когда копия этого фрейма, переданная через коммутатор А, поступает на порт 1 коммутатора В, этот коммутатор должен удалить первую запись и создать новую, в которой будет ошибочно указано, что MAC-адресу станции X соответствует порт 1, подсоединененный к сегменту 2.

В зависимости от внутренней архитектуры рассматриваемого коммутатора последний может успевать или не успевать за быстрыми изменениями базы данных MAC-адресов. В данном случае решением, позволяющим решить проблему, вызванную тем, что коммутатор не успевает за быстрыми изменениями базы данных MAC-адресов, является логический разрыв петли и предотвращение рассылки фреймов с одного из четырех интерфейсов при нормальной работе сети.

Обзор протокола связующего дерева

Протокол связующего дерева (*Spanning Tree Protocol — STP*) является протоколом управления каналом 2-го уровня, который используется для поддержки такого состояния сети, в котором в ней отсутствуют петли. Первоначальная версия протокола STP

была разработана корпорацией Digital Equipment (Digital). Впоследствии комитет IEEE 802 модернизировал алгоритм связующего дерева и опубликовал его в виде спецификации IEEE 802.1d. Алгоритмы корпорации Digital и комитета IEEE отличаются друг от друга и несовместимы. Коммутаторы Cisco, такие как Catalyst 1900 и 2950, используют версию протокола STP спецификации IEEE 802.1d.

Назначение протокола STP состоит в поддержке такого состояния сети, в котором в ней отсутствуют петли. Для того, чтобы сеть была свободна от петель, при ее обнаружении мост или коммутатор автоматически осуществляет логическую блокировку одного или нескольких избыточных портов.

Протокол STP постоянно проверяет сеть на предмет появления нового канала или сбоя в уже существующих; в этом случае коммутатор или мост получает информацию о таком событии. Пример работы протокола STP показан на рис. 8.5. В случае изменения топологии сети коммутаторы и мосты, на которых функционирует протокол STP, автоматически реконфигурируют свои порты для того, чтобы предотвратить потерю связи в каналах и возникновение петель.

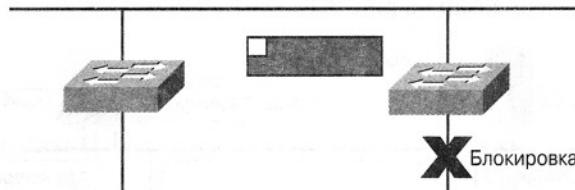


Рис. 8.5. Протокол связующего дерева

В объединенных сетях на основе коммутаторов петли на физическом уровне могут вызвать серьезные проблемы. Широковещательные штормы, множественная передача фреймов и нестабильность баз данных MAC-адресов могут сделать такие сети неработоспособными.

Сетям на основе коммутации присущи такие преимущества, как малый размер коллизионных доменов, микросегментация и дуплексный режим работы. Правда говоря, преимуществом таких сетей является высокая производительность. Протокол STP используется в сетях с коммутацией для создания логической топологии, свободной от петель, из физической топологии, в которой петли присутствуют. Каналы, порты и коммутаторы, которые не являются элементами активной, свободной от петель топологии не участвуют в пересылке фреймов данных.

Если какой-либо элемент активной топологии выходит из строя, то необходимо определить новую свободную от петель топологию. Вычислить новую свободную от петель топологию или выполнить конвергенцию сети необходимо как можно быстрее для того, чтобы свести к минимуму время, в течение которого конечные станции не имеют доступа к сетевым ресурсам.

Для современных сетей версия протокола STP, определенная в стандарте IEEE 802.1d, осуществляет конвергенцию к новой топологии слишком медленно. Для преодоления этих ограничений был разработан новый стандарт — IEEE 802.1w или RSTP. В настоящей главе рассматривается как протокол STP, так и протокол RSTP.

Работа протокола связующего дерева

После того, как работа сети стабилизирована и в ней произошла конвергенция, каждая сеть имеет одно связующее дерево. В результате этого для каждой сети использующей коммутацию, будут выполнены следующие условия:

- В каждой сети существует один корневой мост;
- У каждого моста, который не является корневым, имеется один корневой порт;
- В каждом сегменте имеется один назначенный порт;
- Порты, которые не являются назначенными, не используются.

Для пересылки (forwarding — F) используются только корневые и назначенные порты. Порты, которые не являются назначенными, отбрасывают поступающие на них фреймы. Такие порты называются блокирующими (blocking — B) или отбрасывающими. Корневым портом моста называется порт, ближайший к корневому мосту. Для каждого некорневого моста должен быть выбран один корневой порт. На рис. 8.6 показана работа алгоритма связующего дерева.

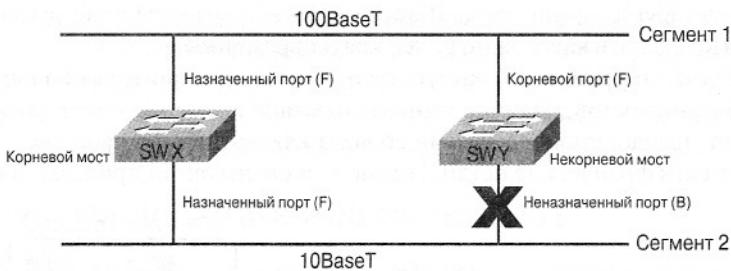


Рис. 8.6. Функционирование алгоритма связующего дерева

Сначала протокол STP осуществляет конвергенцию сети к свободной от петель логической топологии, путем выполнения описанных ниже трех этапов.

- 1. Выбор корневого моста.** В протоколе STP имеется механизм выбора корневого моста. В одной конкретной сети в качестве корневого может выступать только один мост. У корневого моста все порты являются назначенными. Назначенные порты в обычном режиме осуществляют пересылку фреймов. Когда порт находится в таком состоянии, он может получать и отправлять потоки данных. В данном примере в качестве корневого моста выбирается коммутатор X.
- 2. Выбор корневого порта на некорневых мостах.** Для каждого некорневого моста протокол STP устанавливает один корневой порт. В качестве корневого порта выбирается маршрут от некорневого моста до корневого моста с наименьшей оценкой. Корневые порты в обычном состоянии осуществляют пересылку данных. Оценка маршрута в алгоритме связующего дерева представляет собой аккумулированную оценку, которая вычисляется на основе ширины полосы пропускания. Например, от коммутатора Y маршрутом к корневому мосту с наименьшей оценкой является маршрут через канал 100BaseT Fast Ethernet.
- 3. Выбор назначенного порта в каждом сегменте сети.** В каждом сегменте протокол STP выбирает один назначенный порт. В качестве назначенного порта выбира-

ется порт моста, который имеет наименьшую оценку маршрута к корневому мосту. Назначенные порты в обычном состоянии осуществляют пересылку данных для данного сегмента. В данном примере назначенный порт для обоих сегментов находится на корневом мосту, поскольку корневой мост непосредственно подсоединен к обоим сегментам. Порт 10BASE-T Ethernet на коммутаторе Y не является назначенным портом, поскольку для каждого сегмента имеется только один назначенный порт. Порты, которые не являются назначенными, в обычной ситуации находятся в состоянии блокировки для осуществления логического разбиения топологии, содержащей петли. Когда порт находится в состоянии блокировки, он не пересыпает данные, однако может их получать.

Использование связующего дерева для создания свободной от петель топологии сети

Сетевые топологии с избыточностью создаются для того, чтобы обеспечить функционирование сети в случае сбоев в отдельных точках сети. В таких случаях пользователи менее болезненно воспринимают нарушения своей работы, поскольку сеть продолжает функционировать. Любое нарушение работы сети, вызываемое сбоем, необходимо сделать как можно более кратковременным.

Избыточность повышает надежность сети. В сетях, построенных на использовании коммутаторов или мостов, наличие избыточных каналов между коммутаторами и мостами помогает преодолеть последствия сбоя на каком-либо из каналов. Эти соединения создают в сети физические петли. Пример такой ситуации приведен на рис. 8.7.

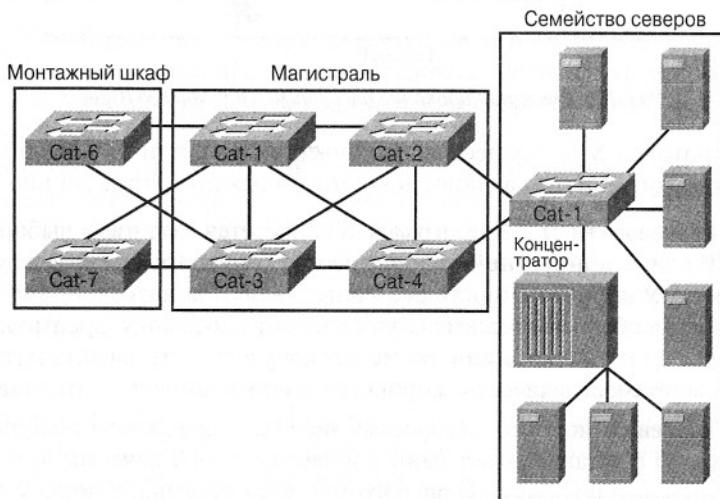


Рис. 8.7. Петли в мостовых соединениях

Петли в мостовых соединениях создаются таким образом, чтобы в случае сбоя в каком-либо из каналов его функции по пересылке данных мог выполнить другой канал. Коммутаторы функционируют на 2-м уровне эталонной модели OSI и решения о пересылке принимаются на этом уровне. Следствием этого является недопустимость существования петель в сетях с коммутацией.

В случае, когда получатель еще не известен, коммутаторы выполняют лавинную рассылку фреймов со всех своих портов. Широковещательные и многоадресатные сообщения рассылаются со всех портов, кроме того, на который эти сообщения поступают (лавинная рассылка). Такие фреймы могут попасть в петлю. В заголовке 2-го уровня отсутствует поле *времени существования* (*time to live — TTL*). Если фрейм посыпается в сеть, топология 2-го уровня которой содержит петли, то он может попасть в такую петлю и двигаться по ней бесконечно, в результате чего напрасно затрачивается полоса пропускания и сеть становится неработоспособной.

На 3-м уровне модели OSI имеется поле времени существования пакета. При движении пакета по петле его значение последовательно уменьшается и когда оно становится равным нулю, пакет отбрасывается. Однако в этом случае возникает дилемма. Физическая топология, в которой имеются петли через коммутаторы или мосты, необходима для обеспечения надежности сети, однако сеть с коммутацией не должна иметь петель. Решением этой дилеммы является допустимость физических петель, но создание свободной от петель логической топологии.

Создаваемая при этом свободная от петель логическая топология называется деревом. Такая топология, которая является звездообразной или расширенной звездообразной логической топологией, представляет собой связующее дерево сети. Такая топология является связующим деревом, поскольку по этому дереву достижимы все устройства сети. Алгоритм, используемый для создания свободной от петель логической топологии, называется алгоритмом связующего дерева. Для конвергенции всей сети такому алгоритму требуется относительно большое время.

Расширенные функции протокола STP

Протокол STP выбирает корневой узел, называемый корневым мостом, а затем строит топологию сети, в которой к каждому сетевому узлу существует только один маршрут. Образующееся при этом дерево исходит из корневого моста. Избыточные каналы, которые не являются частью дерева кратчайших маршрутов, блокируются. Создание свободной от петель топологии становится возможным именно из-за того, что некоторые маршруты блокируются. Фреймы данных, поступающие в заблокированный канал, отбрасываются.

Протокол STP требует чтобы сетевые устройства обменивались сообщениями для обнаружения петель в мостовых соединениях. Каналы, которые вызывают появление петли, переводятся в заблокированное состояние. Сообщения, которые посыпают коммутаторы для того, чтобы можно было создать свободную от петель логическую топологию, называются *модулями данных мостового протокола* (*bridge protocol data units — BPDU*). Эти модули BPDU продолжают приниматься на заблокированных портах, что обеспечивает возможность построения нового связующего дерева в случае, если происходит сбой в устройстве или на активном маршруте.

Модули BPDU содержат достаточное количество информации для того чтобы коммутаторы могли выполнить описанные ниже действия.

- Выбрать один коммутатор который будет выполнять функции корня связующего дерева;
- Вычислить кратчайший путь от себя до корневого коммутатора;

- Для каждого сегмента LAN-сети назначить один из коммутаторов ближайшим к корневому коммутатору. Этот мост называется назначенным коммутатором. Назначенный коммутатор обрабатывает все данные, пересылаемые из этой LAN-сети корневому мосту.
- Каждый некорневой коммутатор выбирает один из своих портов в качестве корневого порта. Этот интерфейс обеспечивает наилучший маршрут к корневому коммутатору.
- Выбрать порты, которые являются частью связующего дерева (назначенные порты). Порты, которые не являются назначенными, блокируются.

Когда связующее дерево создает свободную от петель логическую топологию, оно всегда использует описанную ниже последовательность принятия решений, состоящую из четырех этапов.

1. Выбор наименьшего идентификатора (ID) корневого моста (bridge ID — BID);
2. Вычисление наименьшей оценки маршрута к корневому мосту;
3. Выбор наименьшего идентификатора (ID) моста-отправителя (bridge ID — BID);
4. Выбор наименьшего идентификатора (ID) порта.

Мост использует эту состоящую из четырех этапов последовательность принятия решений для того, чтобы сохранить копию “наилучшего” модуля BPDU на каждом порте. Когда мост выполняет эту оценку маршрутов, он рассматривает все модули BPDU, которые были получены на данном порте, а также BPDU, которые были бы посланы на этот порт. При поступлении каждого модуля BPDU для него выполняется описанная выше четырехэтапная проверка с целью выяснить, не является ли он более привлекательным (т.е. имеет меньшее значение оценки), чем существующий BPDU, сохраненный для этого порта. Если новый BPDU (или локально генерированный BPDU) более привлекательный, то он заменяет прежнее значение.

Кроме того, этот процесс “сохранения наилучшего BPDU” управляет отправкой модулей BPDU. Когда мост в первый раз становится активным, все его порты посыпают модули BPDU каждые 2 секунды (если используются значения таймеров по умолчанию). Однако если порт получает от другого моста BPDU, который более привлекателен, чем BPDU, который он сам отправляет, то этот локальный порт прекращает рассылку BPDU. Если от соседнего устройства в течение определенного времени (по умолчанию 20 секунд) не поступает более привлекательного модуля BPDU, то локальный порт возобновляет рассылку.

Выбор корневого моста

При использовании протокола STP в качестве корневого выбирается мост с наименьшим значением идентификатора ID. Параметр BID включает в себя приоритет и MAC-адрес моста.

Коммутаторы и мосты, выполняющие алгоритм связующего дерева, регулярно обмениваются сообщениями о конфигурации с другими коммутаторами и мостами (по умолчанию каждые две секунды) с помощью сообщений BPDU. Частью информации, включаемой в BPDU является идентификатор BID.

Протокол STP требует, чтобы каждому мосту был назначен уникальный идентификатор (BID). Обычно этот идентификатор BID состоит из значения приоритета (два

байта) и MAC-адреса моста (шесть байтов). Приоритетом по умолчанию, в соответствии со спецификацией IEEE 802.1d, является значение 32768 (1000 0000 0000 0000 в двоичной записи или 0x8000 в шестнадцатеричной), которое является значением из среднего диапазона. На рис. 8.8. оба коммутатора имеют одно и то же значение приоритета по умолчанию, поэтому корневым станет коммутатор, который имеет меньшее значение MAC-адреса. В данном примере коммутатор X (SW X) является корневым и его ID моста равен 0x8000 (0c00.1111.1111).

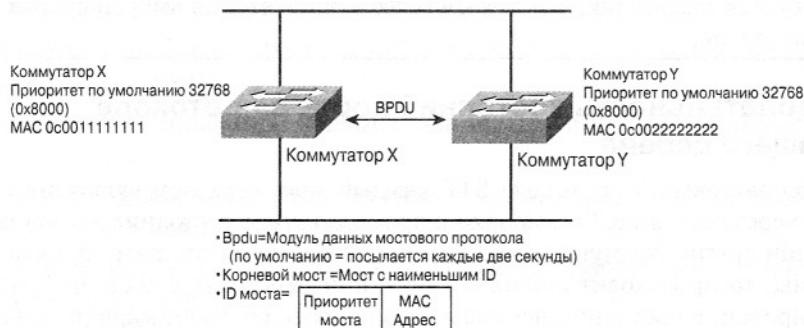


Рис. 8.8. Выбор корневого моста

ID моста, показанного на рис. 8.9, состоит из приоритета моста, который по умолчанию равен 32568, и базового MAC-адреса коммутатора.

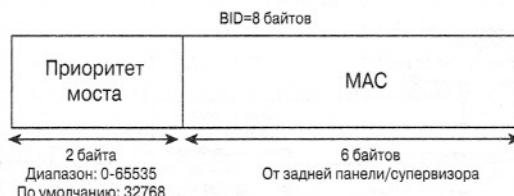


Рис. 8.9. Идентификатор ID моста

Когда коммутатор запускается впервые, он считает себя корневым и посыпает минимальный BPDU. Он содержит MAC-адрес коммутатора и идентификаторы BID корневого маршрутизатора и отправителя. Все коммутаторы просматривают эти отсылаемые BID. Когда коммутатор получает BPDU, который имеет меньший корневой BID, он заменяет соответствующий BID в модулях BPDU. Все коммутаторы просматривают их и делают вывод, что мост с наименьшим значением BID будет корневым мостом.

Администратор может повлиять на это решение путем установки меньшего значения приоритета коммутатора, чем принимаемое по умолчанию. В этом случае ID моста становится меньше.

ПРИМЕЧАНИЕ

Коммутатор Catalyst Cisco использует MAC-адрес из пула MAC-адресов, назначенных либо задней панели, либо модулю супервизора, в зависимости от конкретной модели коммутатора.

Возможна ситуация, в которой сетевой администратор сочтет желательным повлиять на выбор корневого моста. Это часто происходит в том случае, когда характер передачи потоков данных по сети хорошо известен.



Лабораторная работа: выбор корневого моста

В этой лабораторной работе требуется определить, какой коммутатор выбран в качестве корневого с заводскими установками по умолчанию. После этого требуется сделать так, чтобы в качестве корневого был выбран другой коммутатор.

Последовательность состояний порта в протоколе связующего дерева

При использовании протокола STP каждый мост сети при включении питания проходит через состояние блокировки и промежуточное состояние изучения адресов и состояний других коммутаторов. Если порты соответствующим образом сконфигурированы, то происходит стабилизация и они переходят в состояние пересылки или блокировки. В состоянии пересылки порты обеспечивают маршрут к корневому мосту с наименьшей оценкой. Два промежуточных состояния имеют место в том случае, когда мост узнает об изменении в сетевой топологии. Во время изменения топологии порт временно находится в состояниях прослушивания и изучения топологии сети. На рис. 8.10 показаны состояния порта, на котором работает протокол связующего дерева.



Рис. 8.10. Состояния порта, на котором функционирует протокол связующего дерева

Первоначально все порты моста находятся в состоянии блокировки, в котором они прослушивают модули BPDU. При первой загрузке моста он считает себя корневым мостом и переходит в состояние прослушивания. Отсутствие модулей BPDU в течение определенного периода времени (максимальный возраст) может вызвать переход от состояния блокировки к состоянию прослушивания. Когда порт находится в промежуточном состоянии прослушивания, он может отправлять и получать BPDU для определения текущей топологии. В этом состоянии передача данных пользователей не происходит. Именно в состоянии прослушивания мост выполняет операции по выбору корневого моста, корневых портов на некорневых мостах и выбора назначенных портов для каждого сегмента. Порты, которые остаются назна-

ченными или корневыми в течение 15 секунд (задержка пересылки), переходят в состояние изучения топологии. Порты, которые не являются назначеными или корневыми, возвращаются в состояние блокировки. При переходе порта в состояние изучения топологии он может заполнять свою таблицу MAC-адресов адресами, полученными на его портах, однако не пересыпает фреймы пользователя. По умолчанию состояние изучения продолжается 15 секунд (также время, равное задержке пересылки). В это время мост все еще не передает данных пользователя.

Ниже приводятся состояния протокола STP.

- **Состояние блокировки.** Фреймы пользователей не пересыпаются, прослушиваются модули BPDU.
- **Состояние прослушивания.** Фреймы пользователей не пересыпаются, но прослушиваются.
- **Состояние изучения топологии.** Фреймы пользователей не пересыпаются, изучаются адреса других устройств.
- **Состояние пересылки.** Пересыпаются фреймы пользователей и изучаются адреса других устройств.
- **Состояние отключения.** Фреймы пользователей не пересыпаются, модули BPDU не прослушиваются.

В состоянии изучения топологии уменьшается объем лавинной рассылки, которая требуется в начале пересылки. Если какой-либо порт по-прежнему является назначенным или корневым портом в заключительной фазе состояния изучения топологии, то он переходит в состояние пересылки. Порты, которые не являются назначеными или корневыми, возвращаются в состояние блокировки. В состоянии пересылки порт может отправлять и получать данные пользователей.

Обычно время, требуемое порту для перехода из состояния блокировки в состояние пересылки, составляет от 30 до 50 секунд. Это время таймеров протокола связующего дерева может быть изменено сетевым администратором. Обычно эти периоды таймеров устанавливаются со стандартным значением. Значения по умолчанию устанавливаются для того, чтобы у сети была возможность собрать правильную информацию о сетевой топологии.

Время, требуемое порту для перехода из состояния прослушивания в состояние изучения или из состояния изучения топологии в состояние пересылки, называется задержкой пересылки и по умолчанию составляет 15 секунд. Максимальный возраст, который по умолчанию равен 20 секундам, равен времени хранения мостом модуля BPDU перед его отбрасыванием. Если порт находится в состоянии блокировки и не получает новых модулей BPDU за время максимального возраста, то он переходит из состояния блокировки в состояние прослушивания.

Если порт коммутатора подсоединен только к станциям конечных пользователей (не имеет соединений с другими коммутаторами или мостами), то на таких портах конечных пользователей следует включить функцию коммутатора Catalyst, называемую “быстрым портом” (*portfast*). При включенной функции быстрого порта в момент активизации порта он автоматически переходит из состояния блокировки в состояние пересылки. Это становится возможным потому, что в этом случае через эти порты не могут возникнуть петли, поскольку к ним не подсоединены другие коммутаторы или мосты. На рис. 8.11 приведен пример сети, порты которой находятся в различных состояниях.



Рис. 8.11. Пример сети с различными состояниями портов

Выбор назначенных портов

В сети, использующей коммутацию, каждый сегмент имеет один назначенный порт. Этот порт функционирует как единственный порт моста, который получает и отправляет все данные, поступающие в сегмент и отправляемые из него. Такой подход основывается на том, что если только один порт обрабатывает данные для всех каналов, то все петли оказываются разорванными. Мост, которому принадлежит назначенный порт данного сегмента называется *назначенным мостом (designated bridge)* этого сегмента. После окончания конкуренции за право быть корневым коммутатором все коммутаторы переключаются на выбор корневых портов. Корневым портом моста называется порт, ближайший к корневому мосту. Каждый некорневой мост должен выбрать один корневой порт. Для этого мосты вновь используют оценку в качестве меры близости к корневому коммутатору. В частности, мосты определяют величину, называемую оценкой корневого маршрута, которая является кумулятивной (суммарной) оценкой всех каналов, ведущих к корневому мосту. На рис. 8.12 приведен пример выбора корневых портов и показано, как вычисляется оценка при проходе через несколько мостов и проиллюстрирован процесс окончательного выбора корневого порта.

Когда корневой мост Cat-A посыпает модули BPDU, эти модули содержат оценку корневого маршрута, равную нулю (этап 1). Когда мост Cat-B получает эти модули BPDU, он добавляет оценку маршрута порта 1/1 к оценке корневого маршрута, которая содержится в полученном BPDU. Предположим, что в сети функционирует протокол Fast Ethernet. Коммутатор Cat-B получает оценку корневого маршрута, равную 0 и добавляет к оценке порта 1/1 значение, равное 19. После этого коммутатор Cat-B использует значение 19 для внутренних расчетов и посыпает модули BPDU с оценкой корневого маршрута, равной 19, с порта 1/2 (этап 3).

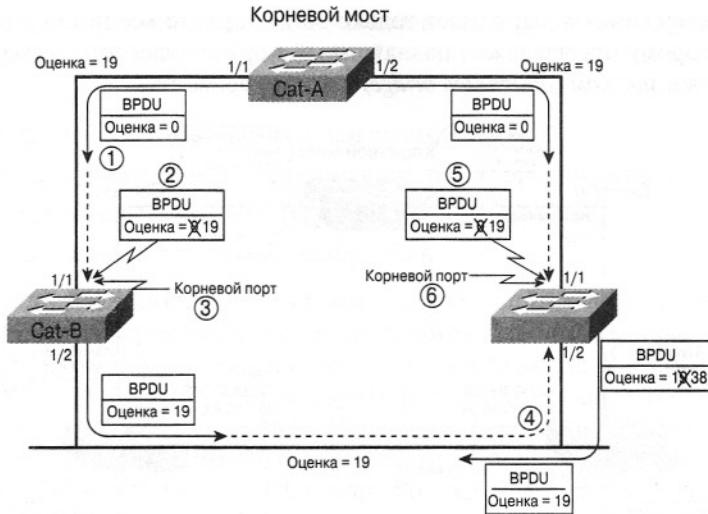


Рис. 8.12. Выбор корневых портов

Когда коммутатор Cat-C получает эти модули BPDU от коммутатора Cat-B (4-й этап), он увеличивает оценку корневого маршрута до 38 ($19 + 19$). Однако коммутатор Cat-C получает также модули BPDU от корневого моста на порте Port 1/1. Эти BPDU поступают на порт Port 1/1 коммутатора Cat-C с оценкой 0 и коммутатор Cat-C увеличивает внутреннюю оценку до 19 (этап 5). Теперь коммутатору Cat-C необходимо принять решение о выборе одного корневого порта — порта, ближайшего к корневому мосту. Коммутатор Cat-C имеет оценку корневого маршрута равную 19 на порте Port 1/1 и оценку 38 на порте Port 1/2. Следовательно, порт Port 1/1 коммутатора Cat-C становится корневым портом (этап 6). После этого коммутатор Cat-C начинает анонсировать оценку корневого маршрута, равную 19 коммутаторам, расположенным в нисходящем направлении (этап 7).

Хотя подробное описание этого процесса для коммутатора Cat-B на рис. 8.13 не приводится, в нем происходят аналогичные вычисления.

С порта Port 1/1 коммутатора Cat-B можно достичь корневой мост с оценкой 19, в то время как вычисления для порта Port 1/2 коммутатора Cat-B дают значение оценки, равное 38. Следовательно, порт Port 1/1 становится корневым портом коммутатора Cat-B. Следует обратить внимание на то, что при поступлении модулей BPDU на порт оценки увеличиваются.

Следует помнить о том, что оценки протокола STP увеличиваются при поступлении модулей BPDU на порт, а не при рассылке их с порта. Например, модули BPDU поступают на порт Port 1/1 коммутатора Cat-B с оценкой, равной 0 и эта оценка увеличивается до 19 “внутри” коммутатора Cat-B.

Действия протокола STP по предотвращению петель становятся наглядными на третьем этапе первоначальной конвергенции протокола STP при выборе назначенных портов. Каждый сегмент в сети с мостовыми соединениями имеет один назначенный порт. Этот порт функционирует как единственный порт моста, который осуществляет как отправку, так и получение данных для данного сегмента и корневого моста. В основе такого подхода лежит положение о том, что если для каждого

канала обработку данных выполняет только один порт, то все петли в сети разорваны. Мост, которому принадлежит назначенный порт для данного сегмента, называется **назначенным мостом (designated bridge)** данного сегмента.

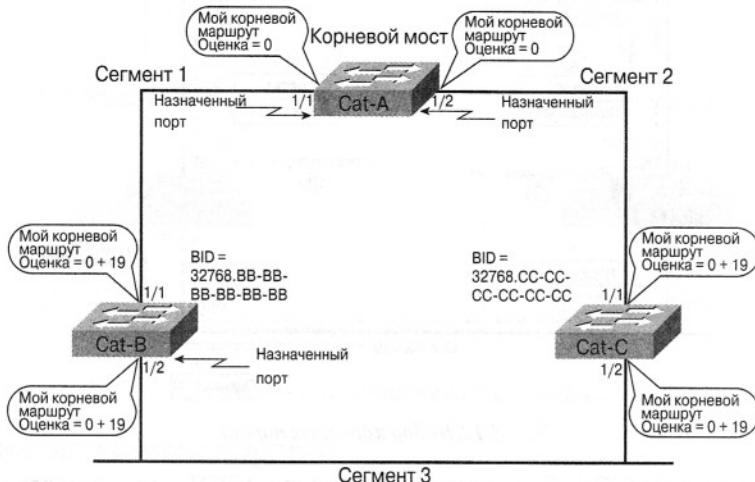


Рис. 8.13. Выбор назначенных портов

Как и при выборе корневого порта, назначенные порты выбираются на основе кумулятивной оценки корневого маршрута к корневому мосту, как показано на рис. 8.13. На рис. 8.13 рассмотрим назначенные порты и каждый сегмент по очереди. Сначала рассмотрим сегмент 1, который является каналом между коммутаторами Cat-A и Cat-B. В этом сегменте имеется два порта мостов: порт Port 1/1 коммутатора Cat-A и порт Port 1/1 коммутатора Cat-B. Порт Port 1/1 коммутатора Cat-A имеет оценку корневого маршрута равную 0 (все-таки это корневой мост), а порт Port 1/1 коммутатора Cat-B имеет оценку корневого маршрута равную 19 (значение 0 получено в модулях BPDU от коммутатора Cat-A плюс оценка маршрута, равная 19, назначенная порту Port 1/1 коммутатора Cat-B). Поскольку порт Port 1/1 коммутатора Cat-A имеет меньшую оценку корневого маршрута, он становится назначенным портом канала.

Для сегмента 2 (канал от коммутатора Cat-A к коммутатору Cat-C) имеет место аналогичная операция выбора. Порт Port 1/2 коммутатора Cat-A имеет оценку корневого маршрута, равную 0, в то время как порт Port 1/1 коммутатора Cat-C имеет оценку корневого маршрута, равную 19. Порт Port 1/2 коммутатора Cat-A имеет меньшую оценку и становится назначенным портом. Следует отметить, что каждый активный порт на корневом мосту становится назначенным портом. Единственным исключением из этого правила является физическая петля на 1-м уровне к корневому мосту. Примером является ситуация, в которой два порта корневого моста подсоединенны к одному и тому же концентратору или когда два порта соединены перекрученным кабелем.

Теперь рассмотрим сегмент 3 (канал от коммутатора Cat-B к коммутатору Cat-C): как порт Port 1/2 коммутатора Cat-B, так и порт Port 1/2 коммутатора Cat-C имеют оценку корневого маршрута равную 19. В этом случае имеет место равенство оценок. Если протокол STP сталкивается с ситуацией равенства оценок, то при принятии

решения он использует четырехэтапную последовательность, обсуждавшуюся ранее в разделе “Протокол связующего дерева”. Напомним, что эти четыре этапа включают в себя:

- Выбор наименьшего корневого идентификатора BID
- Вычисление наименьшей оценки маршрута к корневому мосту
- Выбор наименьшего идентификатора BID отправителя
- Выбор наименьшего идентификатора ID порта.

В примере, показанном на рис. 8.13, все три моста соглашаются с тем, что коммутатор Cat-A является корневым мостом, что требует дать оценку корневому маршруту. Однако, как было показано выше, оба коммутатора —Cat-B и Cat-C имеют одинаковые оценки, равные 19. В этом случае решающим становится третий критерий — значение идентификатора BID. Поскольку идентификатор BID коммутатора Cat-B (32768.BB-BB-BBBB-BB-BB) меньше чем идентификатор BID коммутатора Cat-C (32768.CC-CC-CC-CC-CC-CC), порт Port 1/2 коммутатора Cat-B становится назначенным портом сегмента 3. Соответственно, Port 1/2 коммутатора Cat-C становится неназначенным портом.

Оценка маршрута

Оценка маршрута в протоколе связующего дерева представляет собой накопленную общую оценку маршрута, вычисленную на основе полосы пропускания всех каналов на маршруте. В табл. 8.1 приведены оценки маршрутов, определенные в спецификации IEEE 802.1D для различных сетевых технологий, таких как Token Ring, Ethernet и SONET. Мосты используют понятие оценки для выяснения степени своей близости к другим мостам. Стандарт 802.1D, первоначально определял оценку как частное от деления величины 1000 Мбит/с на полосу пропускания канала, выраженную в Мбит/с. С появлением технологии 10 Gigabit Ethernet применение этой формулы стало невозможным. В табл. 8.2 приведены использовавшиеся ранее оценки каналов для различных Ethernet-технологий и те, которые используются в настоящее время.

Таблица 8.1. Оценки маршрутов для различных сетевых технологий

Полоса пропускания	Оценка в протоколе STP
4 Мбит/с	250
10 Мбит/с	100
16 Мбит/с	62
45 Мбит/с	39
100 Мбит/с	19
155 Мбит/с	14
622 Мбит/с	6
1 Гбит/с	4
10 Гбит/с	2

Таблица 8.2. Пересмотренные оценки каналов для сетей Ethernet

Скорость канала	Оценка (Пересмотренная спецификация IEEE)	Оценка (Предыдущая спецификация IEEE)
10 Гбит/с	2	1
1 Гбит/с	4	1
100 Мбит/с	19	10
10 Мбит/с	100	100

Из таблицы видно, как мосты используют оценку маршрута для определения своей близости к другим мостам. Например, канал 10BASE-T имеет оценку 100 (1000/10), а каналы Fast Ethernet и Fiber Distributed Data Interface (FDDI) имеют оценку, равную 10 (1000/100). Этой схемой пользовался весь мир с того момента, когда Радиа Перлман (Radia Perlman) начал работу над протоколом STP в 1983 году. Однако с появлением технологий Gigabit Ethernet и OC-48 ATM (2.4 Гбит/с) возникла проблема. Например, для OC-48 ATM вычисление оценки по этой формуле дает значение 1000 Мбит/с / 2400 Мбит/с = 0,41667. Значение 0,41667 недействительно, поскольку его придется округлить до 1, как и для любой другой технологии с полосой пропускания 1 Гбит/с или более. Единственным выходом из этой ситуации является присвоение оценки 1 всем каналам с полосой пропускания большей или равной 1 Гбит/с. Однако в этом случае протокол STP не сможет выбирать оптимальный маршрут в гигабитных сетях. Для решения этой проблемы IEEE принял решение изменить способ вычисления оценки и использовать нелинейную шкалу.

Таймеры протокола STP

Время приветствия определяет временной интервал между регулярными рассылками модулей конфигурации BPDU. Стандарт 802.1D определяет стандартное значение этого интервала, равное 2 секундам. Однако это значение управляет только модулями конфигурации BPDU, которые генерируются корневым мостом. Остальные мосты распространяют модули BPDU по мере их получения. Иными словами, если в течение 2-20 секунд модули BPDU перестают поступать, то некорневые мосты прекращают рассыпать регулярные BPDU. Если этот простой длится более 20 секунд, что является максимальным значением возраста по умолчанию, то мост делает недействительными сохраненные модули BPDU и начинает искать новый корневой порт. Максимальным возрастом считается время, в течение которого мост хранит BPDU перед их отбрасыванием.

Под задержкой пересылки понимается одно значение, которое определяет оба этих состояния. Первоначально в качестве значения по умолчанию принималось значение 15 секунд, которое определялось предположением, что максимальный размер сети определяется семью переходами, максимальное количество потерянных BPDU равно трем, а интервал приветствия равен двум секундам. Таймер задержки при пересылке также управляет периодом старения адресной таблицы моста после изменения активной сетевой топологии.

Ранее говорилось о том, что каждый порт сохраняет копию наилучшего BPDU, который он получал и просматривал. До тех пор, пока мост каждые 2 секунды получает модули BPDU, получающий их мост поддерживает постоянные копии значений

этих модулей. Однако если в устройстве, рассылающем эти модули BPDU с наилучшими маршрутами, происходит сбой, то должен заработать механизм, который позволит другим мостам выполнить функции этого вышедшего из строя устройства. В таблице 8.3 приведены некоторые значения таймеров протокола STP.

Таблица 8.3. Таймеры протокола STP

Таймер	Назначение	Значение по умолчанию
Время приветствия (Hello Time)	Промежуток времени между регулярными рассылками модулей BPDU корневым мостом	2 секунды
Задержка пересылки	Продолжительность состояний прослушивания и изучения топологии	15 секунд
Максимальный возраст (Max Age)	Время хранения модулей BPDU	20 секунд

В некоторых ситуациях коммутаторы могут обнаружить изменения топологии на непосредственно подсоединеных каналах и сразу перейти в состояние прослушивания, не ожидая истечения максимального возраста.

Например, предположим, что канал 3-го сегмента на рис. 8.14 использует концентратор и трансивер порта Port 1/2 коммутатора Cat-B вышел из строя. Коммутатор Cat-C не получает немедленного уведомления об этом сбое, поскольку он по-прежнему получает “канал” Ethernet от концентратора. Единственное, что знает коммутатор Cat-C, это то, что модули BPDU продолжают поступать. Через двадцать секунд после сбоя (время максимального возраста) порт 1/2 коммутатора Cat-C принимает решение считать устаревшей информацию модуля BPDU о том, что коммутатор Cat-B имеет наилучший назначенный порт в 3-м сегменте. Это вынуждает порт Port 1/2 коммутатора Cat-C перейти в состояние прослушивания в попытке стать назначенным портом. Поскольку порт Port 1/2 коммутатора Cat-C теперь предлагает наиболее привлекательный доступ от корневого моста к этому каналу, он в конечном итоге переходит в режим пересылки. На практике процесс перехода функций назначенного моста к коммутатору Cat-C занимает около 50 секунд (20 секунд [максимальный возраст] + 15 секунд режима прослушивания + 15 секунд режима изучения топологии).

В некоторых ситуациях коммутаторы могут обнаружить изменения топологии на непосредственно подсоединеных каналах и сразу перейти в состояние прослушивания, не ожидая истечения максимального возраста. Например, рассмотрим сеть, показанную на рис. 8.15.

В этом примере происходит сбой на порте Port 1/1 коммутатора Cat-C. Поскольку этот сбой происходит на канале к корневому порту, нет необходимости ожидать 20 секунд для того, чтобы считать прежнюю информацию устаревшей.

Вместо этого порт Port 1/2 коммутатора Cat-C немедленно переходит в состояние изучения топологии, пытаясь стать новым корневым портом. В результате этого процесс конвергенции протокола STP сокращается с 50 секунд до 30 секунд.

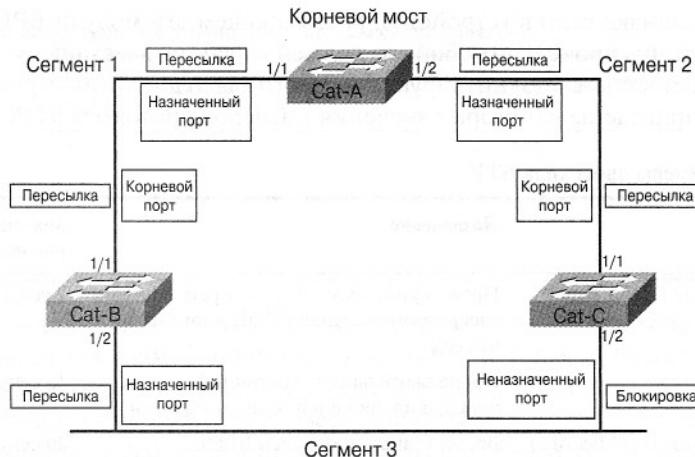


Рис. 8.14. Пример сети с идентифицированными состояниями портов

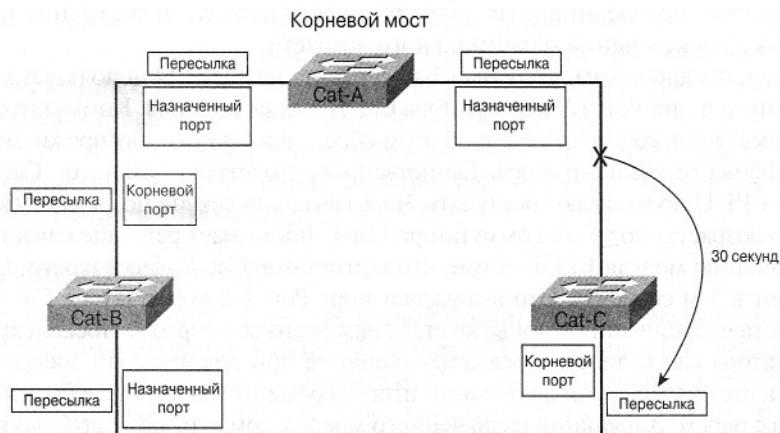


Рис. 8.15. Пример сети с идентифицированными состояниями портов

Следует помнить о двух ключевых моментах, касающихся использования таймеров протокола STP. Во-первых, не следует изменять значения таймеров, принимаемые по умолчанию, без тщательного анализа. При попытке максимизировать установки таймера следует изменять только значения таймеров на корневом мосту, поскольку модули BPDU содержат три поля, в которых значения таймеров могут быть переданы с корневого моста на все остальные мосты сети. Рассмотрим альтернативный вариант действий: если с конфигурировать каждый мост локально, то некоторые мосты пройдут последовательность состояний до состояния пересылки раньше, чем другие выйдут из состояния прослушивания. Такой хаотичный подход может быстро привести к нестабильности сети. Предоставляя поля значений таймеров в модулях BPDU, один мост, выступающий в качестве корневого, сможет диктовать параметры таймеров всем коммутаторам сети.

Перерасчет связующего дерева

Если в топологии сети происходят изменения, то протокол STP поддерживает соединения в сети путем перевода некоторых заблокированных портов в состояние пересылки. Если изменение топологии вызвано сбоем моста или канала, то связующее дерево перенастраивает топологию сети для обеспечения соединений путем перевода заблокированных портов в состояние пересылки.

В сети, показанной на рис. 8.16, в случае, когда коммутатор Switch X (корневой мост) выходит из строя и не посыпает коммутатору Switch Y модулей BPDU в течение времени максимального возраста (по умолчанию в течение 20 секунд, что равно 10 пропущенным рассылкам модулей BPDU), коммутатор Switch Y обнаруживает отсутствие BPDU от корневого моста. В момент, когда истекает время таймера максимального возраста на коммутаторе Switch Y, а новый BPDU от коммутатора Switch X не поступил, начинается перерасчет связующего дерева. Коммутатор Switch Y переводит свой заблокированный порт (порт 1) из состояние блокировки в состояние прослушивания, а затем в состояние пересылки.

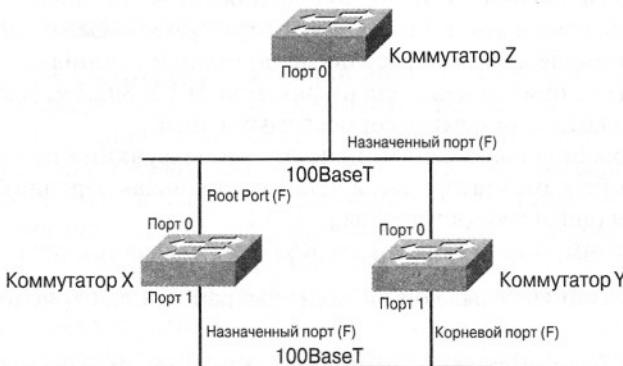


Рис. 8.16. Перерасчет связующего дерева

Примерно через 50 секунд после конвергенции сети коммутатор Switch Y становится корневым мостом и начинает пересылать данные между двумя сегментами.



Лабораторная работа: пересчет связующего дерева

В этой лабораторной работе можно увидеть, как работает алгоритм связующего дерева в случае изменений топологии в сети, использующей коммутацию.

Конвергенция сети

Конвергенция сети необходима для нормальной работы сети. Для сети, в которой используются коммутаторы или мосты, ключевым вопросом является время, которое требуется для конвергенции сети в случае изменения ее топологии. В протоколе STP под конвергенцией понимается состояние сети, в котором все порты коммутаторов и мостов перешли либо в состояние пересылки, либо в состояние блокировки.

Быстрая конвергенция является желательной, поскольку в этом случае уменьшается время нахождения портов коммутаторов и мостов в переходных состояниях, когда они не осуществляют пересылки пакетов. Обычно конвергенция занимает от 30 до 50 секунд.

Протокол RSTP

Протокол (*RSTP*) предназначен для того, чтобы значительно ускорить перерасчет связующего дерева в случае изменений в сетевой топологии. В протоколе RSTP определяются дополнительные роли портов: альтернативного и резервного и состояния портов: отбрасывания, изучения топологии и пересылки.

Протокол RSTP (спецификация IEEE 802.1w) значительно сокращает время конвергенции активной топологии сети в случае изменений физической топологии или изменения параметров конфигурации. Протокол RSTP выбирает один коммутатор в качестве корня связанный со связующим деревом активной топологии и назначает роли отдельным портам коммутатора в зависимости от того, являются ли они частью активной топологии.

Протокол RSTP обеспечивает быстрое восстановление соединений в случае сбоя на коммутаторе, порте коммутатора или в локальной сети LAN. Новый корневой порт и назначенный порт на другой стороне моста переходят в состояние пересылки путем явного квитирования (обмена сообщениями) между ними. Протокол RSTP позволяет сконфигурировать порты коммутатора таким образом, чтобы они могли перейти в состояние пересылки сразу после повторной инициализации коммутатора. Протокол RSTP, описанный в спецификации IEEE 802.1w, замещает протокол STP описанный в 802.1d, оставаясь совместимым с ним.

Для того, чтобы стало возможным использование функций протокола RSTP, необходимо, чтобы на коммутаторе была установлена новая версия образа программного обеспечения (enhanced software image — EI).

Четыре роли коммутатора в протоколе RSTP определяются как описано ниже.

- **Root (корневой)** Пересылающий порт, выбранный для топологии связующего дерева;
- **Designated (назначенный)**—пересылающий порт, выбираемый для каждого сегмента коммутируемой LAN-сети;
- **Alternate (альтернативный)**—Альтернативный маршрут к корневому мосту.
- **Backup (резервный)**—Резервный маршрут по отношению к тому, который обеспечивается назначенным портом и ведет к листьям связующего дерева. Резервные порты могут существовать только в том случае, когда два порта образуют петлю посредством канала типа “точка-точка” или с помощью моста, имеющего два или более соединения с общим сегментом LAN-сети.
- **Disabled (отключенный)** —порт, не участвующий в работе протокола связующего дерева.

Роль корневого порта или назначенного порта включает в себя порт в активной топологии. В роли альтернативного или резервного порт исключается из активной топологии сети.

Состояния портов в протоколе RSTP

Состояние порта управляет процессами пересылки и изучения топологии, а также предоставляет значения для отбрасывания, изучения топологии и пересылки. В табл. 8.4 сравниваются состояний портов в протоколе STP с состояниями портов в протоколе RSTP.

Таблица 8.4 Сравнение состояний портов в протоколе STP с состояниями портов в протоколе RSTP

Операционное состояние	Состояние порта в протоколе STP	Состояние порта в протоколе RSTP	Включен в активную топологию?
Включен	Блокировка	Отбрасывание	Нет
Включен	Прослушивание	Отбрасывание	Нет
Включен	Изучение топологии	Изучение топологии	Да
Включен	Пересылка	Пересылка	Да
Отключен	Блокирован	Отбрасывание	Нет

В условиях стабильной топологии протокол RSTP обеспечивает, переход каждого корневого порта и назначенного порта в состояние пересылки, в то время как все альтернативные порты и резервные порты постоянно находятся в состоянии отбрасывания.

Переход в состояние пересылки

Быстрый переход в состояние пересылки является наиболее важной функцией, введенной в спецификации IEEE 802.1w. До введения 802.1w алгоритм связующего дерева пассивно ожидал, пока произойдет конвергенция сети перед переходом порта в состояние пересылки. В новом протоколе RSTP активно подтверждается, что порт может безопасно перейти в состояние пересылки не полагаясь на конфигурацию таймера. Для достижения быстрой конвергенции на порте протокол использует две новых переменных — краевого (границного) порта и типа канала.

Краевыми называются порты, непосредственно подсоединенные к конечным станциям. Они не могут создавать в сети петель, следовательно, они могут перейти непосредственно в состояние пересылки, минуя состояния прослушивания и изучения топологии. Краевой порт не создает изменений в топологии сети если он включается или выключается.

Протокол RSTP может обеспечить быстрый переход к состоянию пересылки только на краевых портах и на каналах типа “точка-точка”. В современных сетях с коммутацией это не является существенным ограничением. Тип канала автоматически определяется дуплексным режимом порта. Порт, работающий в дуплексном режиме, является каналом типа “точка-точка”, в то время как порт, функционирующий в полудуплексном режиме, по умолчанию рассматривается как совместно используемый. Эту автоматическую установку типа порта можно изменить явным ручным конфигурированием. На рис. 8.17 приведен пример быстрого перехода к состоянию пересылки.

Протокол RSTP (спецификация IEEE 802.1w) в конечном итоге, вероятно, заменит протокол STP (IEEE 802.1d).

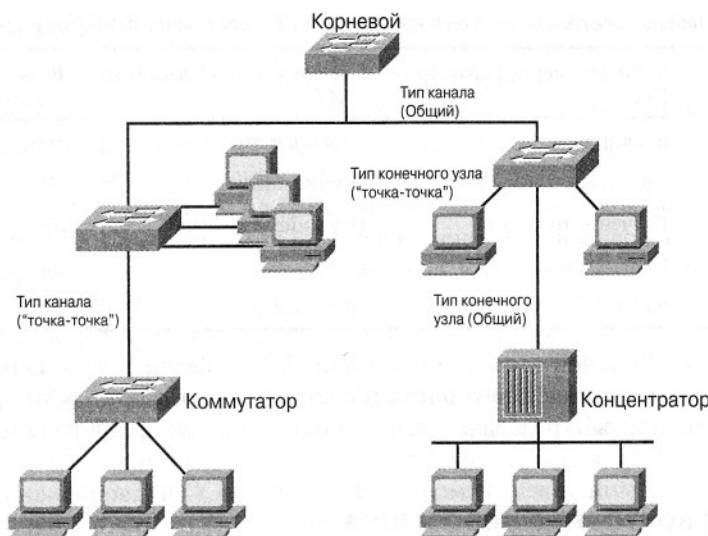


Рис. 8.17. Быстрый переход к состоянию пересылки

Резюме

В настоящей главе были рассмотрены следующие аспекты функционирования протокола STP.

- Избыточность топологии и коммутируемые сети с избыточной топологией, широковещательные штормы, множественная передача фреймов и нестабильность базы данных MAC-адресов.
- Топологии с избыточностью обеспечивают более надежные и устойчивые к отказам сети.
- Протокол STP и алгоритм связующего дерева обеспечивают свободную от петель логическую топологию в физической топологии, имеющей петли.
- Обсуждены важные для работы протокола STP понятия, такие как функционирование связующего дерева, структура связующего дерева, выбор корневого моста, последовательность состояний портов связующего дерева, выбор назначенных портов, оценка маршрута, таймеры протокола STP, пересчет связующего дерева и конвергенция сети.
- Обсуждены вопросы, связанные с протоколом RSTP, состояния портов протокола RSTP и переход к состоянию пересылки.

В дополнение к материалу, изложенному в настоящей главе, рекомендуется ознакомиться с лабораторными работами (e-Lab Activities), видеоклипами (Videos) и фотографиями (PhotoZooms), которые находятся на прилагаемом к книге компакт-диске.

Глоссарий

Быстрый порт (portfast). Команда, переводящая порт протокола связующего дерева в состояние пересылки минуя состояния прослушивания и изучения топологии.

Быстрый протокол связующего дерева (Rapid Spanning Tree Protocol — RSTP). Протокол RSTP определяет дополнительные роли порта и определяет состояния порта: отбрасывание, изучение топологии и пересылка.

Время существования (time to live — TTL). Поле протокола IP, задающее количество переходов, которое может пройти пакет до того, как он будет отброшен или возвращен в обратном направлении.

Идентификатор моста (bridge ID — BID). Номер, который используется мостом или коммутаторами для идентификации приоритета и выбора корневого моста или коммутатора. Корневым становится мост, имеющий наименьшее значение идентификатора BID.

Модуль данных мостового протокола (bridge protocol data unit — BPDU). Пакет приветствия протокола связующего дерева (Spanning Tree Protocol) который регулярно рассыпается (с конфигурируемым интервалом) для обмена информацией между мостами.

Назначенный мост (designated bridge) Мост, который имеет наименьшую оценку маршрута при отправке фрейма из сегмента на корневой мост.

Подуровень управления доступом к среде передачи (Media Access Control — MAC). Нижний из двух подуровней канального уровня, определенного организацией IEEE. MAC-подуровень управляет доступом к совместно используемой среде, например, в сетях с передачей маркера или конкурентным доступом к среде.

Протокол преобразования адресов ARP (Address Resolution Protocol — ARP). Internet-протокол, используемый для преобразования IP-адресов в MAC-адреса.

Протокол связующего дерева (Spanning Tree Protocol — STP). Протокол управления каналом 2-го уровня, используемый для поддержки в сети состояния, свободного от петель. Протокол STP постоянно анализирует состояние сети для того, чтобы в случае отказа или добавления канала, коммутатора или моста предпринять соответствующие действия.

Контрольные вопросы

- Цель избыточной топологии состоит в устранении простоев в сети в случае когда в ней имеется _____ точек сбоя.
 - Одна
 - Две
 - Три
 - Четыре
- Каково назначение протокола связующего дерева?
 - Поддержка маршрутов с одной петлей
 - Поддержка сети в состоянии свободном от петель
 - Поддержка сети в состоянии с несколькими петлями
 - Поддержка сети в состоянии с уменьшенным количеством петель
- При изменении топологии сети _____
 - Необходимо инициализировать повторное вычисление связующего дерева
 - Необходимо заново с конфигурировать верхний узел связующего дерева

- C. Необходимо заново сконфигурировать все устройства, принимающие участие в работе протокола связующего дерева
- D. Протокол связующего дерева (Spanning Tree Protocol) реконфигурирует порты коммутатора или моста автоматически
4. У корневого моста все порты являются ____
- A. Корневыми портами
 - B. Заблокированными портами
 - C. Назначенными портами
 - D. Неназначенными портами
5. Как протокол связующего дерева выбирает корневой порт на мосту не являющемся корневым?
- A. Корневым портом становится порт с максимальной оценкой маршрута от некорневого моста к корневому мосту.
 - B. Корневым портом становится порт с наименьшей оценкой маршрута от некорневого моста к корневому мосту.
 - C. Корневым портом становится порт с минимальной оценкой маршрута от некорневого моста к резервному корневому мосту.
 - D. Корневым портом становится порт с максимальной оценкой маршрута от некорневого моста к резервному корневому мосту.
6. Какой мост выбирает протокол связующего дерева в качестве корневого?
- A. Мост, имеющий наименьший приоритет
 - B. Мост, имеющий наименьший идентификатор ID
 - C. Мост, имеющий максимальный идентификатор ID
 - D. Мост, имеющий максимальный MAC-адрес
7. Из чего состоит идентификатор BID протокола связующего дерева (Spanning Tree Protocol)?
- A. Из приоритета моста и его IP-адреса
 - B. Из приоритета моста и его MAC-адреса
 - C. Из MAC-адреса моста и его IP-адреса
 - D. Из MAC-адреса моста и номера порта Ethernet
8. В каком состоянии порт может заполнять свою таблицу MAC-адресов, но не пересыпает фреймы пользователей?
- A. В состоянии изучения топологии
 - B. В состоянии блокировки
 - C. В состоянии прослушивания
 - D. В состоянии пересылки
9. Чему равна оценка канала 100 Мбит/с в пересмотренной спецификации IEEE?
- A. 4
 - B. 10
 - C. 19
 - D. 100

10. Что называется конвергенцией в протоколе связующего дерева?
 - A. Состояние сети, в котором все порты перешли в состояние блокировки.
 - B. Состояние сети, в котором все порты перешли в состояние пересылки.
 - C. Состояние сети, в котором все порты перешли в состояние прослушивания или в состояние пересылки.
 - D. Состояние сети, в котором все порты перешли в состояние пересылки или в состояние блокировки.
11. Чему равен по умолчанию максимальный возраст в протоколе связующего дерева?
 - A. 2 секунды
 - B. 15 секунд
 - C. 20 секунд
 - D. 30 секунд
12. Какое состояние быстрого протокола связующего дерева (Rapid Spanning Tree Protocol) эквивалентно состоянию блокировки протокола связующего дерева (Spanning Tree Protocol)?
 - A. Состояние блокировки
 - B. Состояние отбрасывания (dropping)
 - C. Состояние игнорирования (discarding)
 - D. Состояние пересылки
13. Какая роль порта характеризует пересылающий порт, выбираемый для каждого сегмента использующей коммутацию LAN-сети, при использовании протокола быстрого связующего дерева (Rapid Spanning Tree Protocol)?
 - A. Корневой порт
 - B. Резервный порт
 - C. Альтернативный порт
 - D. Назначенный порт
14. Каким образом протокол STP обеспечивает отсутствие петель в сети?
 - A. Путем перевода всех портов в состояние блокировки
 - B. Путем перевода всех мостов в состояние блокировки
 - C. Путем перевода некоторых портов в состояние блокировки
 - D. Путем перевода некоторых мостов в состояние блокировки