Лекция 9

Принципы работы и конфигурация протоколов STP и RSTP

6B06201 - Радиотехника, электроника и телекоммуникации

А.А. Хохлов • Алматы, 2026

Цель лекции

- Сформировать знания о причинах возникновения петель второго уровня в коммутируемых Ethernet-сетях и механизмах обеспечения устойчивой работы сетевой инфраструктуры при наличии резервных соединений.
- Изучить назначение протокола Spanning Tree Protocol (STP), принципы построения логического дерева без петель, механизмы выбора корневого коммутатора Root Bridge и определения ролей портов.
- Рассмотреть особенности обмена служебными сообщениями BPDU, процессы блокирования резервных соединений и изменения состояния портов при перестроении сетевой топологии.
- Изучить возможности Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP), обеспечивающего более быстрое восстановление связности при изменениях в сети. Сформировать понимание принципов настройки, проверки и диагностики STP/RSTP в корпоративных сетях Ethernet.

Результаты обучения

По завершении лекции обучающийся сможет:

- Объяснять причины возникновения сетевых петель и назначение протоколов STP и RSTP.
- Характеризовать механизмы выбора Root Bridge, определения ролей портов и построения логической топологии без петель.
- Описывать особенности настройки и диагностики STP/RSTP, а также преимущества RSTP при изменении сетевой топологии.

Почему в Ethernet возникают петли?

Физическое резервирование

Дополнительные соединения повышают доступность, но могут создавать кольца на уровне L2.

Последствия петли

Широковещательный шторм, MAC flapping, нагрузка на порты и потеря кадров.

В обычном Ethernet-кадре отсутствует TTL: петля не исчезает сама.

STP: физическое кольцо, логическое дерево

Пример топологии с тремя коммутаторами



STP сохраняет физические связи, но исключает логический цикл.

Как STP строит связующее дерево

01	**Выбор корневого моста**	Минимальный Bridge ID (BID)
02	**Определение путей**	Root Path Cost: сумма стоимостей
03	**Назначение ролей**	Root Port и Designated Port
04	**Блокировка избыточности**	Нет циклов в активной топологии

Корневой коммутатор желательно назначать явно на уровне агрегации или ядра.

Bridge ID, приоритет и стоимость пути

Bridge ID (BID)

Приоритет моста + адресная составляющая. Root Bridge имеет наименьший эффективный BID.

Root Path Cost

Суммарная стоимость пути к корню. При равенстве используются BID и Port ID.

Выбор корня: сначала приоритет, затем адресная часть BID.

BPDU: служебные сообщения STP

Root ID

Корневой мост

Root Path Cost

Стоимость пути

Bridge ID

Отправитель

Port ID

Порт

Таймеры

Hello, Max Age, Forward Delay

TCN уведомляет об изменениях топологии и необходимости обновить MAC-записи.

Роли портов в классическом STP

Root Port (RP)

Лучший порт некорневого коммутатора на пути к Root Bridge.

Designated Port (DP)

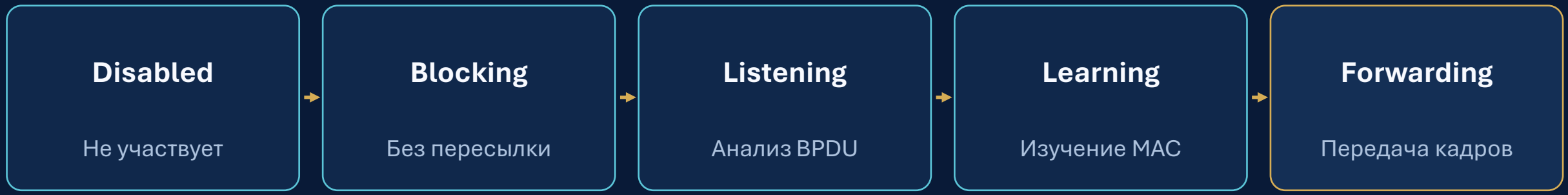
Порт, выбранный для пересылки в конкретный сегмент.

Блокируемый порт

Избыточный путь не пересылает пользовательские кадры.

На корневом мосту рабочие порты обычно являются назначенными.

Состояния портов классического STP



- Состояния Listening и Learning уменьшают риск временной петли.
- Переходы и таймеры ограничивают скорость сходимости классического STP.

RSTP: более быстрая перестройка дерева

STP · IEEE 802.1D

5 состояний порта. Восстановление может ожидать истечения таймеров.

RSTP · IEEE 802.1w

3 состояния: Discarding, Learning, Forwarding. Быстрая согласованная перестройка.

RSTP ускоряет сходимость, но не гарантирует нулевого перерыва связи.

RSTP: роли и состояния портов

Root — Главный путь к корню

Designated — Передача в сегмент

Alternate — Резервный путь к корню

Backup — Резерв для сегмента

Состояния: Discarding → Learning → Forwarding

Edge Port и защита пользовательских интерфейсов



- Edge Port быстро переводится в Forwarding для конечного устройства.
- Для возможных подключений коммутатора нужны защитные механизмы BPDU.
- Граничный порт не назначают без понимания схемы подключения.

VBST и MSTP: несколько VLAN и несколько деревьев

Один STP / RSTP

Одна общая логическая топология может оставлять часть линий неиспользуемой.

VBST

Отдельное дерево для каждой VLAN (в поддерживаемых платформах Huawei).

MSTP

Несколько VLAN относятся к одному MSTI; деревья могут использовать разные пути.

Для региона MSTP согласуют имя, ревизию и соответствие VLAN → MSTI.

Huawei VRP: настройка и диагностика STP

Выбрать классический режим	`stp mode stp`
Включить STP	`stp enable`
Задать приоритет Root Bridge	`stp priority ...`
Проверить топологию	`display stp`
Проверить роли и состояния	`display stp brief`

Проверяют Root Bridge, стоимость пути, роли и состояния портов.

Итоги и контрольные вопросы

- STP предотвращает логические петли при наличии резервных связей Ethernet.
- Корень выбирается по BID; дерево строится по стоимости путей.
- BPDU позволяют согласовать роли и состояния портов.
- RSTP ускоряет перестройку и вводит Alternate, Backup и Edge Port.
- MSTP распределяет VLAN между экземплярами связующего дерева.

Вопрос: почему RSTP восстанавливает связь быстрее, чем STP?