

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И СПОСОБОВ КОНФИГУРАЦИИ КОММУТАТОРОВ L3 УРОВНЯ

Методические указания
к выполнению лабораторной работы
по дисциплине «Инфокоммуникационные системы и сети»
для студентов, обучающихся по направлению
09.03.02 «Информационные системы и технологии»
и 09.03.03 «Прикладная информатика»
по учебному плану подготовки бакалавров
дневной и заочной форм обучения

Севастополь
СевГУ
2025

УДК 004.713(076.5)
ББК 32.971.35я73
И889

Р е ц е н з е н т:

К. В. Кротов - д-р. техн. наук, профессор кафедры ИС

Составитель: В. С. Чернега

И889 Исследование функционирования и способов конфигурации коммутаторов 3L уровня : методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Инфокоммуникационные системы и сети» для студентов, обучающихся по направлению 09.03.02 «Информационные системы и технологии» и 09.03.03 «Прикладная информатика» по учебному плану подготовки бакалавров дневной и заочной форм обучения / Севастопольский государственный университет ; сост. В. С. Чернега – Севастополь : СевГУ, 2025 – 28 с. – Текст : электронный.

Предназначены для проведения лабораторных работ по дисциплине «Инфокоммуникационные системы и сети». Целью методических указаний является помощь студентам в изучении способов конфигурации многоуровневых коммутаторов. Излагаются теоретические и практические сведения необходимые для выполнения лабораторной работы, требования к содержанию отчета.

УДК 004.713(076.5)
ББК 32.971.35я73

Методические указания рассмотрены и утверждены на методическом семинаре и заседании кафедры информационных систем, протокол № 9 от 16 апреля 2025 г.

В авторской редакции

Изд. № 111/2025. Объем 1,75 п. л. Усл. печ. л. 1,63. Уч.-изд. л. 1,715.
Издательский центр ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

© Чернега В. С., сост., 2025
© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2025

Лабораторная работа ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И СПОСОБОВ КОНФИГУРАЦИИ КОММУТАТОРОВ 3L УРОВНЯ

1 Цель работы

Углубление теоретических знаний в области архитектуры компьютерных локальных сетей и сетевых операционных систем, изучение особенностей построения и конфигурации многоуровневых коммутаторов, исследование способов маршрутизации пакетов коммутаторами 3 уровня, приобретение навыков в построении и исследовании обмена пакетами между виртуальными локальными сетями средствами симулятора Cisco Packet Tracer.

2 Краткие теоретические сведения

2.1. Общая характеристика сетевых коммутаторов

Коммутатор (Switch) представляет собой мультипроцессорный мост, способный независимо транслировать кадры между всеми парами своих портов. В зависимости от уровня эталонной модели взаимодействия открытых сетей (OSI), на котором функционирует коммутатор, различают коммутаторы второго (L2), третьего (L3) и четвертого (L4) уровней. **Коммутаторы L2** коммутируют кадры (фреймы) на основании MAC-адресов. **Коммутаторы 3 уровня**, в отличие от коммутаторов L2, функционируют на сетевом уровне. Они осуществляют коммутацию пакетов на основе IP-адресов и могут маршрутизировать сетевой трафик с использованием протоколов маршрутизации (RIP v.1 и v.2, OSPF, BGP) и перенаправлять его в другие сети. **Коммутаторы 4 уровня** могут учитывать при коммутации трафика тип транспортного протокола (UDP или TCP), а также номера портов отправителя и получателя.

В зависимости от соотношения скоростей ввода и вывода различают коммутаторы с *симметричной* и *асимметричной* коммутацией. Все порты симметричного коммутатора имеют одинаковую пропускную способность, например 10, 100 или 1000 Мбит/с. В асимметричных коммутаторах данные могут передаваться как между портами с равными скоростями передачи, так и с разными (10/100/1000 Мбит/с). В таких коммутаторах производится мультиплексирование/демультиплексирование нескольких низкоскоростных потоков. В случае необходимости передачи пакета, поступившего через порт с более высокой скоростью на порт с меньшей пропускной способностью, например 1000/100/10, производится буферизация поступившего пакета и последующая выдача его с меньшей скоростью.

Зеркалирование портов (трафика) — технология дублирования пакетов одного порта сетевого коммутатора (или отдельной VLAN) на другом. Большое количество управляемых сетевых коммутаторов позволяют дублировать трафик

от одного или нескольких портов и/или VLAN на отдельно взятый порт. Зеркалирование портов применяется для анализа и отладки данных или диагностики ошибок в своих сетях без прерывания работы коммутатора.

Основным параметром коммутатора является его **производительность**. Для того чтобы охарактеризовать ее используются несколько показателей:

- скорость передачи между портами;
- общая пропускная способность;
- задержка передачи кадра.

Общая пропускная способность. Характеризует максимальную суммарную скорость, с которой кадры могут передаваться адресатам через коммутатор. Общая пропускная способность измеряется в Мбит/с или (пакетах/сек) PPS. В коммутаторах, все порты которых имеют одинаковую скорость, общая пропускная способность равна скорости порта, умноженной на число соединений, которые могут существовать одновременно (число портов коммутатора, деленное на 2).

Задержка передачи кадра — это промежуток времени между получением кадра от отправителя и передачей его получателю. Обычно задержку измеряют относительно первого бита кадра. Коммутаторы Ethernet обеспечивают очень низкую задержку после того, как будет определен адресат.

В зависимости от вида решаемых задач коммутаторы подразделяют на два класса: коммутаторы для рабочих групп и магистральные коммутаторы. Коммутаторы для рабочих групп обеспечивают связь между группой компьютеров одной сети. Они гарантируют заданную пропускную способность при соединении любой пары рабочих станций, подключенных к портам коммутатора. Каждый порт коммутатора связан с уникальным адресом подключенного к данному порту устройства Ethernet. Основным преимуществом коммутаторов для рабочих групп является высокая производительность сети на уровне рабочей группы за счет предоставления каждому пользователю фиксированной пропускной способности (полосы) канала (100 Мбит/с).

Магистральные коммутаторы — служат для передачи данных между отдельными сегментами компьютерных сетей. Основное их отличие — способность осуществлять коммутацию на сверхвысоких скоростях — 1 и 10 Гбит/с.

Современные крупные локальные компьютерные сети строятся по иерархическому принципу. По уровням сетевой иерархии (рисунок 2.1) сетевые коммутаторы подразделяют на коммутаторы:

- доступа (access switch) — ориентированы на стандартное подключение к сети устройств — персональных компьютеров, смартфонов, принтеров, IP-телефонов, иного оборудования;
- агрегации (aggregation switch) — используются, чтобы объединить подсети и обеспечить более высокую производительность и надежность;
- ядра (core switch) — центральные коммутаторы, обеспечивающие связь между различными сегментами сети.

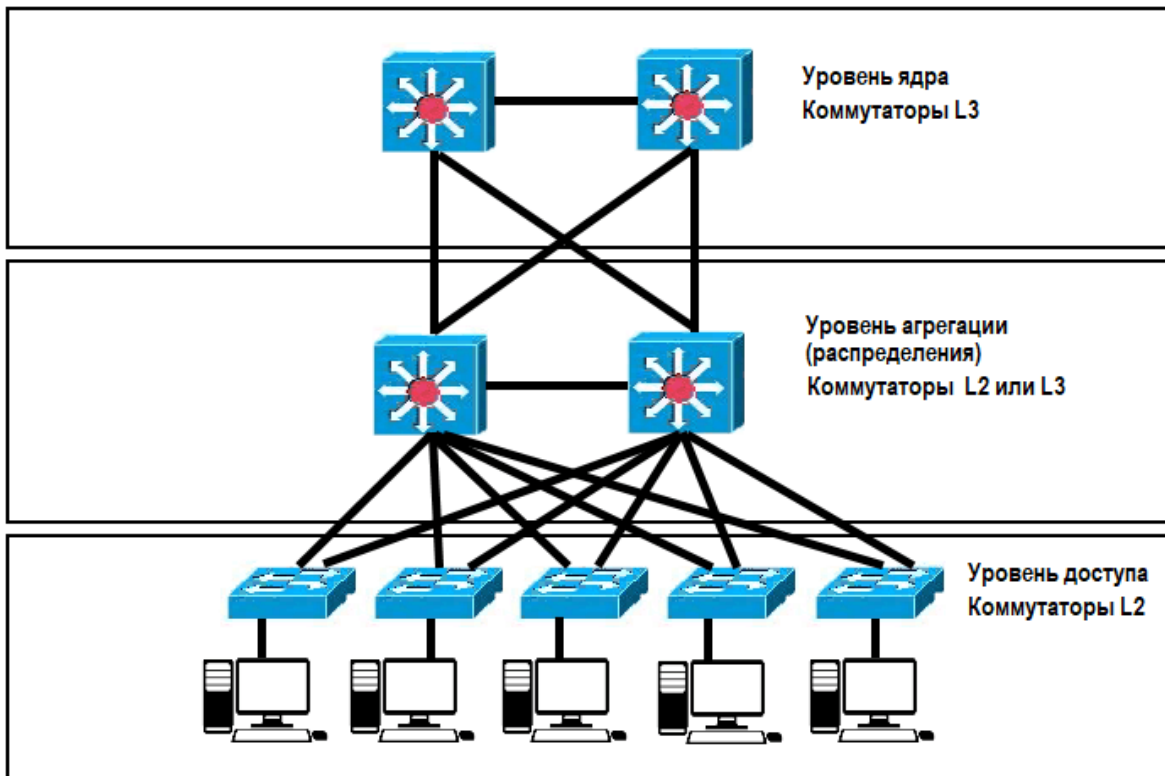


Рисунок 2.1 – Иерархическая схема включения коммутаторов с каналами резервирования

Стандартными протоколами, поддерживаемые коммутаторами уровня L2, являются протоколы:

Spanning Tree Protocol (STP) — протокол коммутации, который обеспечивает избыточность и отказоустойчивость в сети. STP предотвращает петли в сети, блокируя некоторые порты коммутатора, чтобы избежать циклического обмена данными.

Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP) — улучшенная версия протокола STP, которая обеспечивает быстрое восстановление сети после отказа. RSTP использует различные режимы работы портов, что позволяет увеличить пропускную способность и снизить время восстановления сети.

Virtual Local Area Network (VLAN): хотя это не протокол в строгом смысле слова, технология VLAN позволяет сегментировать сеть на логические подсети, повышая безопасность и управляемость.

В коммутаторах Cisco 2 и 3 уровней, кроме протоколов, указанных выше, дополнительно реализована поддержка следующих проприетарных протоколов:

Dynamic Trunk Protocol (DTP) — протокол Cisco, который позволяет коммутаторам динамически распознавать настроен ли соседний коммутатор для создания транка и какой протокол использовать (802.1Q или ISL). Этот протокол на коммутаторах включен по умолчанию. Обычно порт находится в режиме desirable (готов перейти в состояние trunk); периодически передает DTP-кадры порту на другом конце, состояние trunk будет установлено, если порт на другом конце находится в режиме, desirable, или auto.

Cisco Discovery Protocol (CDP) — протокол второго уровня, разработанный компанией Cisco Systems, позволяющий обнаруживать подключённое (напрямую или через устройства первого уровня) сетевое оборудование Cisco, его название, версию IOS и IP-адреса. Поддерживается многими устройствами компании, почти не поддерживается сторонними производителями.

Коммутаторы 3 уровня всех производителей, кроме протоколов, относящихся к коммутаторам второго уровня, дополнительно поддерживают следующие протоколы:

- **IP-протоколы (IPv4, IPv6).** Коммутаторы способны направлять трафик как внутри IPv4-сетей, так и в IPv6.

- **Динамические маршрутизационные протоколы.** OSPF, EIGRP и RIP. Это позволяет им автоматически обновлять таблицы маршрутизации и реагировать на изменения в структуре сети.

- **Протокол маршрутизации на основе политик Policy Route.** Применяется в случае наличия нескольких сетевых интерфейсов и необходимости отправлять определенные пакеты через определенный интерфейс. Маршрут пакета определяется не только на основе адреса назначения — есть возможность анализа различных полей пакета.

- **Протоколы для обеспечения безопасности и контроля трафика.** Контроль доступа с помощью ACL для ограничения трафика по IP-адресам и портам, а также приоритезированный трафик через QoS для оптимизации нагрузки на сеть.

Кроме этого, современные коммутаторы осуществляют поддержку множества других протоколов, предназначенных для повышения производительности и безопасности сетей: Broadcast Storm Control, Multicast Storm Control, Unicast Storm Control, Weighted Random Early Detection (WRED), Link Aggregation Control Protocol (LACP), Port Security и др. В приложении А приведена таблица с параметрами современного отечественного коммутатора компании Qtex типа QSW-6300-32T.

Различие между коммутаторами 3 уровня и маршрутизаторами.

Маршрутизатор осуществляет коммутацию пакетов между интерфейсами с различными протоколами второго уровня. То есть, маршрутизатор производит переупаковку полезной информации из поступающих к нему пакетов различных протоколов второго уровня. Например, из Ethernet в PPP или Frame Relay.

Коммутаторы третьего уровня могут только просматривать информацию сетевого уровня, находящуюся в поступающих на его интерфейсы пакетах. На основе полученной информации (IP-адресов) коммутатор третьего уровня производит коммутацию пакета на выходной интерфейс.

Коммутатор третьего уровня не производит переупаковку полезной информации из поступающих к нему пакетов. Следовательно, применение коммутаторов третьего уровня возможно только в сетях Ethernet. Однако благодаря высокой производительности коммутаторы третьего уровня осуществляют бы-

струю маршрутизацию пакетов в сетях с пропускной способностью каналов связи 1 Гбит/с и выше.

Стекируемые коммутаторы — коммутаторы, имеющие специальные порты, позволяющие объединять их в стек. Такое соединение коммутаторов предназначено для увеличения числа портов, при этом полученная группа идентифицируется остальными сетевыми устройствами как один логический коммутатор, который имеет один логический (IP) и один аппаратный (MAC) адрес. Объединение коммутаторов в стек может осуществляться несколькими способами:

- при помощи специальных портов коммутаторов для объединения в стек (при помощи специального кабеля);
- при помощи Ethernet патч-кабелей (в том числе и нескольких для кратного увеличения скорости); при этом в настройках коммутаторов соединяемые этим кабелем порты объявляются портами для стекирования.

На рисунке 2.2 изображены две схемы (топологии) стекирования коммутаторов: а) кольцевая и б) линейная.

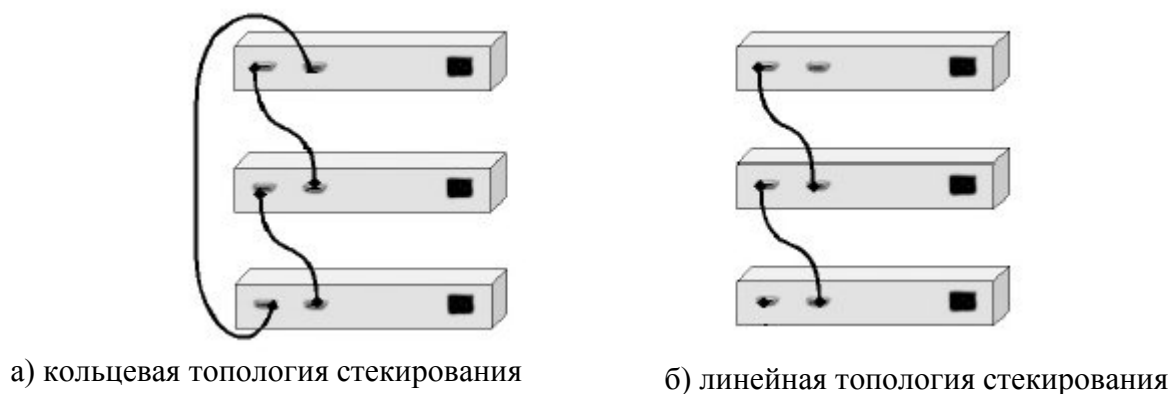


Рисунок 2.2 – Стекирование сетевых коммутаторов

В приложении А приведены основные параметры управляемого стекируемого коммутатора типа **QSW-6300-32T 10/100/1000BASE-T**.

В нашей стране в настоящее время широко применяются сетевые коммутаторы зарубежных фирм: Cisco, D-Link, Huawei и некоторых других. Для вновь проектируемых и внедряемых сетей в соответствии с приказом Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ от 18 января 2023 г. № 21 предписано использовать программно-аппаратное обеспечение только отечественных производителей.

Одним из производителей коммутаторов второго и третьего уровней является компания Eltex (г. Новосибирск). Кроме Eltex разработкой и производством коммутационного оборудования занимаются компании Вектор, Натекс, F+tech, Qtech. Достоинством коммутаторов Eltex является близость их по функциональным возможностям (Приложение Б) и системе команд (Приложение В) с коммутаторами Cisco, что облегчает переподготовку обслуживающего

персонала и переводу сетей на отечественное оборудование.

Примером одного из широко применяемых коммутаторов компании Eltex является коммутатор третьего уровня Eltex MES3348. Коммутатор имеет 48 портов 10/100/1000 Base-T (RJ-45), 4 порта 10G Base-R/1000 Base-X (SFP+/SFP) и консольный порт RS-232/RJ-45. Производительность коммутатора равна 176 Гбит/с. Таблица MAC-адресов имеет размер 16k, в коммутаторе может быть создано 4096 VLAN. Реализована поддержка сверхдлинных кадров и зеркалирование портов, а также протоколов STP, RSTP, MSTP. В коммутаторе может быть настроена статическая или динамическая маршрутизация по протоколам RIPv2, OSPFv2, OSPFv3, а также политика безопасности на основе списков контроля доступа.

2.2. Агрегирование портов коммутаторов

Агрегирование портов — технология, называемая Etherchannel или Link Aggregation, по которой осуществляется объединение нескольких физических портов в одну логическую магистраль на канальном уровне модели OSI с целью образования высокоскоростного канала передачи данных и повышения отказоустойчивости. Трафик между физическими портами (*links*) распределяется равномерно. При выходе из строя одного из каналов, трафик перераспределяется между остальными. Существует два типа агрегирования.

1. **Статическое.** Все настройки на коммутаторах выполняются вручную. Они не допускают изменений в агрегированной группе в процессе функционирования коммутатора.

2. **Динамическое.** Для его организации используется стандартный протокол управления агрегированным каналом — *Link Aggregation Control Protocol* (LACP) или проприетарный протокол корпорации Cisco *Port Aggregation Protocol* (PAgP). LACP определяет способ управления объединением нескольких физических портов в одну логическую группу и предоставляет сетевым устройствам возможность автосогласования (*autonegotiation*) каналов путём отправки управляющих кадров протокола LACP непосредственно подключённым устройствам с поддержкой LACP.

Агрегированные порты должны иметь идентичные параметры. Один из портов в группе выступает в качестве главного, мастера-порта (*master port*). Так как все порты агрегированной группы должны работать в одном режиме, конфигурация мастера-порта распространяется на все порты в группе. Схема объединения 8 портов коммутаторов D-Link в один агрегированный канал изображена на рисунке 2.3.

Группа объединенных параллельно работающих каналов (портов, интерфейсов) по терминологии протокола LACP обозначается LAG (от англ. *Link Aggregation Group*). Протокол LACP обеспечивает автоматическую настройку и поддержку LAG. Он регламентирует стандартную процедуру согласования для коммутационного устройства, согласно которой коммутатор может автоматически формировать и запускать агрегированный канал в соответствии с его

конфигурацией. После завершения формирования агрегированного канала процедура LACP обеспечивает поддержку состояния канала.

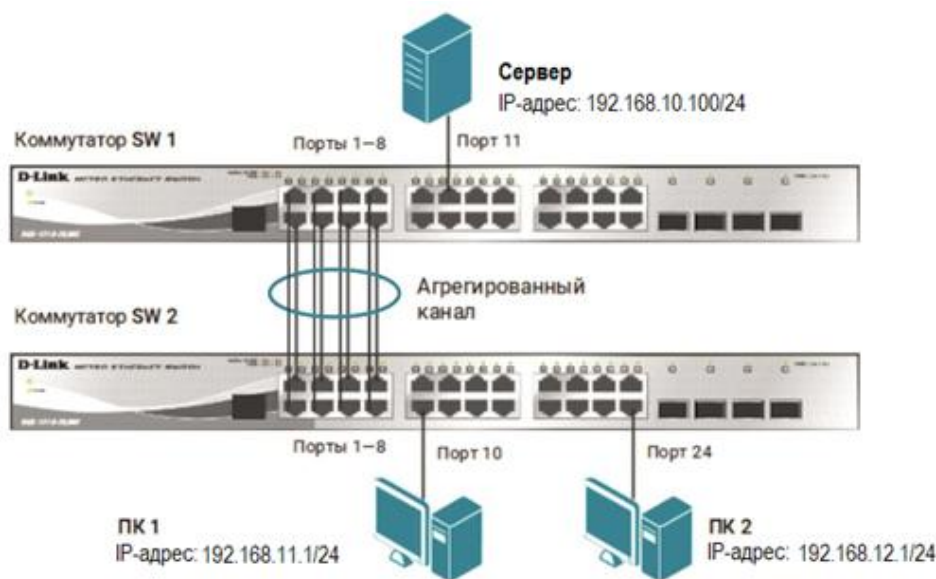


Рисунок 2.3 – Схема объединения портов в агрегированный канал

Когда условие агрегирования портов изменяется, LACP корректирует или удаляет агрегированный канал. Если один активный порт выходит из строя, система выбирает порт среди резервных в качестве активного порта. Таким образом, количество портов, участвующих в пересылке данных, остается неизменным. Если обе стороны настроены как активные, то они обе могут начать передачу кадров LACP. Если же одна сторона настроена как пассивная, то она может только принимать и анализировать кадр LACP, но не отправлять его. Обе стороны не могут быть пассивными, так как в этом случае не будет передаваться LACPDU. Передавать блок LACPDU может только активный LACP порт. Пассивный порт LACP может в ответ передавать LACPDU только в том случае, если противоположная сторона использует активный LACP.

После активации протокола LACP на обеих сторонах агрегированного канала начинается передача блоков данных LACPDU, которые инкапсулированы в MAC-кадры (рисунок 2.4).

8	6	6	2	1	1	47~110	4	Byte
Preamble	Destination MAC address 0180:c200:0002	Source MAC address	Ether Type = 0x8809	Sub Type = 0x01	LACP Ver. = 0x01	Data (TLV)	FCS	

Рисунок 2.4 – Формат кадра с инкапсулированным блоком LACPDU

Область данных хранит необходимую информацию в формате TLV (Type, Length, Value).

Устройство передачи кадров LACP (коммутатор) называется **распределителем** (*Distributor*). Оно балансирует нагрузку и передаёт кадры на принимающую сторону. Интерфейс (порт) распределителя, отправляющий кадры LACP, получил название **Actor** (Актер), а принимающий интерфейс название **Partner** (Партнер). Устройство, принимающее и собирающее сбалансированные по нагрузке кадры, является коллектором (*Collector*). Схема распределения ролей при агрегации кадров по протоколу LACP, изображена на рисунке 2.5.

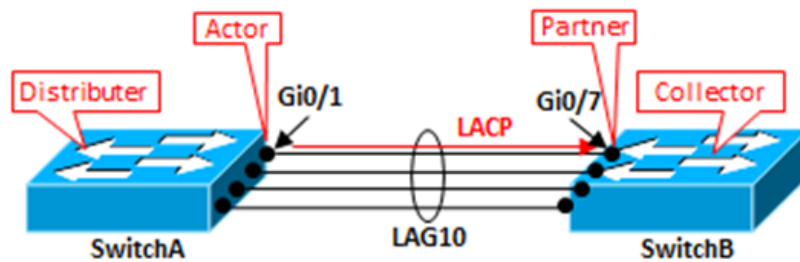


Рисунок 2.5 – Схема распределения ролей при агрегации портов

При активации протокола LACP коммутаторы начинают переговоры (*negotiation*) друг с другом, чтобы выбрать ведущего, так называемого актера. Actor — это интерфейс, выступающий инициатором процесса агрегирования, обладающий более высоким системным идентификатором (*LACP System ID*). Противоположная сторона канала становится подчиненной и выполняет роль партнера (Partner). Если оба коммутатора имеют одинаковый системный приоритет, актером назначается коммутатор с меньшим значением MAC-адреса.

Логика LACP использует значение системного приоритета, которое генерируется путем объединения MAC-адреса коммутатора с настраиваемым пользователем двухбайтным параметром приоритета. Системный приоритет используется для определения устройства (с более высоким приоритетом), ответственного за выбор портов для объединения в агрегированный канал. Устройство с более высоким системным приоритетом имеет право выбирать, какие порты следует подключить к каналу портов. Выбор этих портов осуществляется на основе значения приоритета агрегации портов.

Значение приоритета агрегации портов генерируется путем объединения номера порта с настраиваемым пользователем двухоктетным параметром приоритета. Числа для обоих настраиваемых пользователем параметров приоритета могут варьироваться от 1 до 65535. Их конфигурация по умолчанию — 32768. Предпочтительным является порт с более низким номером приоритета. Значения приоритетов устройств и портов могут быть сконфигурированы автоматически, или установлены вручную через интерфейс командной строки следующим образом:

```
interface gi0/0
lacp port-priority 1
```

Значения приоритетов для актера и партнера содержатся в поле Data (TLV) кадра LACP, формат которого показан на рисунке 2.6. Здесь тип Terminator отмечает завершение своего кадра LACP.

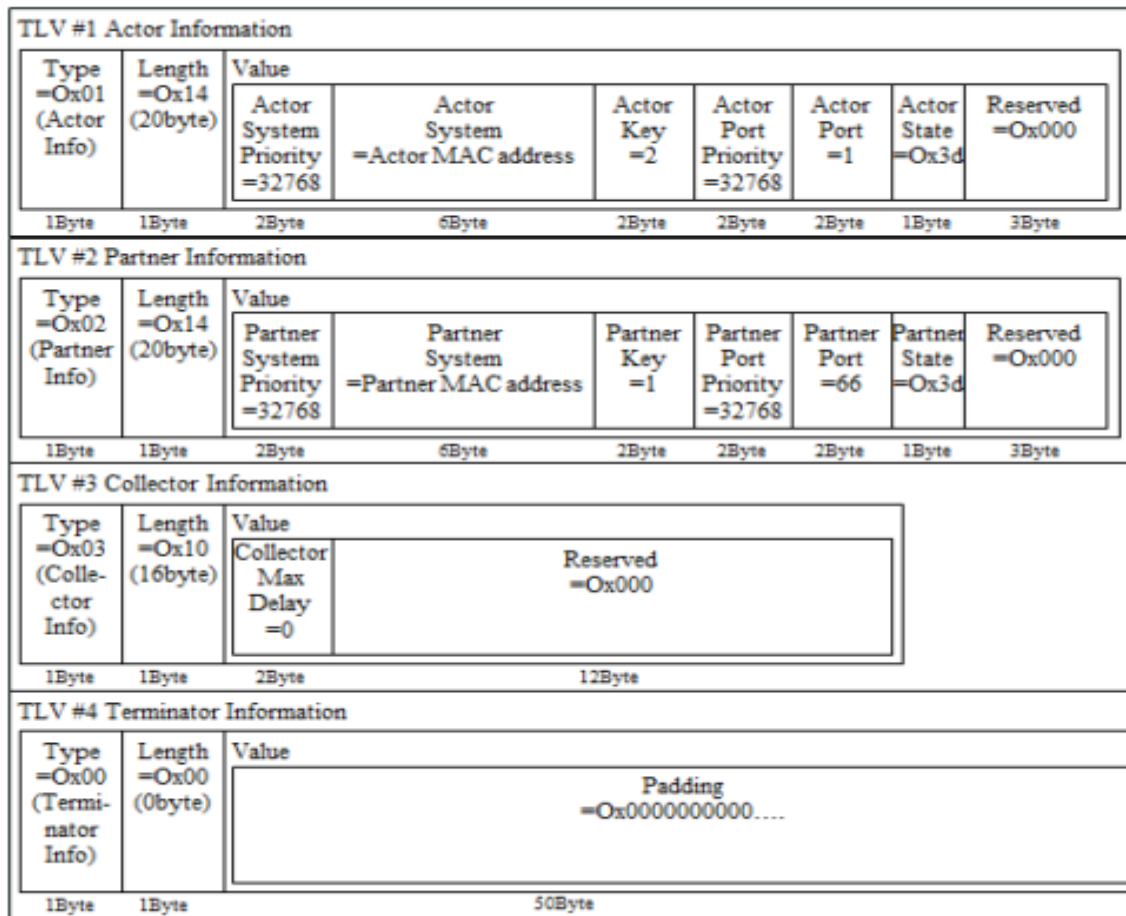


Рисунок 2.6 – Формат поля DAT(TLV) кадра по протоколу LACP

Приоритет порта определяет, какие порты следует перевести в режим ожидания, если имеется аппаратное ограничение, которое не позволяет всем совместимым портам объединяться.

2.3. Маршрутизация трафика между виртуальными сетями

Для повышения производительности и безопасности локальной сети ее обычно разделяют на виртуальные локальные сети VLAN (*Virtual Local Area Network*). В этом случае трафик в каждой из виртуальных сетей изолирован от трафика остальных VLAN. Однако, на практике часто требуется обеспечить взаимодействие между отдельными виртуальными сетями, в частности, обмен сообщениями между отдельными пользователями различных VLAN. Такое взаимодействие реализуется путем маршрутизации пакетов между виртуальными сетями. Процедура маршрутизации пакетов между VLAN получила название *inter-VLAN routing* (внутренняя маршрутизация между VLAN). Внутренняя

маршрутизация может осуществляться маршрутизатором или коммутатором 3-го уровня. В современных корпоративных сетях редко используются маршрутизаторы, поскольку они плохо масштабируются при необходимости увеличивать размер сети. В связи с этим для настройки маршрутизации между VLAN целесообразно в больших локальных сетях применять коммутаторы третьего уровня. В них коммутация пакетов осуществляется на аппаратном уровне, что существенно повышает производительность сети. В коммутаторе L3 должны создаваться виртуальные логические интерфейсы третьего уровня, которые создаются с помощью следующей команды:

```
L3Switch(config)#interface Vlan10
```

Затем для каждой виртуальной сети можно определить имя интерфейса, а также нужно назначить сетевой адрес.

```
L3Switch(config-if)#description CLIENTS
L3Switch(config-if)#ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
L3Switch(config-if)#exit
```

3. Методические указания по конфигурации коммутаторов 3 уровня

3.1. Настройка EtherChannel коммутаторов 3-го уровня

Рассмотрим пример настройки агрегированного канала между двумя коммутаторами SW1 и SW2 с использованием стандартного протокола LACP. В этом примере объединяться будут четыре интерфейса: fa0/11 – 14. Следует иметь в виду, что для EtherChannels 3-го уровня IP-адрес присваивается логическому интерфейсу объединенного канала port-channel, а не физическим интерфейсам. Адреса агрегированного канала с номером 2 зададим следующие: 192.168.12.1 со стороны SW1 и 192.168.12.2 – со стороны SW2.

Если перед настройкой агрегирования сначала не выключить физические интерфейсы. В результате воздействия протокола STP произойдет отключение избыточных каналов (рисунок 3.1).

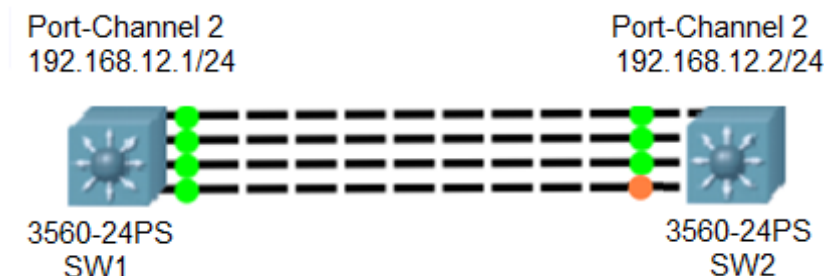


Рисунок 3.1 – Отключение избыточных каналов протоколом STP

Чтобы исключить это явление следует вначале выключить все физические интерфейсы. Это позволит избежать блокирования интерфейсов. При этом достаточно отключить их с одной стороны, например на SW1.

```
Switch>en
Switch#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Switch(config)#hostname sw1
sw1 (config)#int ran fa0/1-14
sw1 (config-if-range)#shutdown
```

После выключения физических интерфейсов вид схемы изменяется (рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 – Все каналы выключены

Затем нужно настроить агрегирование с двух сторон и включить интерфейсы. Сценарий настройки логического интерфейса на sw1 имеет вид:

```
sw1(config)# int port-channel 2
sw1(config-if)# no switchport
sw1(config-if)# ip address 192.168.12.1 255.255.255.0
```

Настройка физических интерфейсов на sw1:

```
sw1(config)# int ran fa0/11 - 14
sw1(config-if-range)# shutdown
sw1(config-if-range)# no switchport
sw1(config-if-range)# channel-group 2 mode active
```

Создание логического интерфейса на sw2:

```
sw2(config)# int port-channel 2
sw2(config-if)# no switchport
sw2(config-if)# ip address 192.168.12.2 255.255.255.0
```

Настройка физических интерфейсов на sw2:

```
sw2(config)# int ran fa0/11 - 14
sw2(config-if-range)# no switchport
sw2(config-if-range)# channel-group 2 mode active
```

Включение физических интерфейсов на sw1:

```
sw1(config)# int ran fa0/11 - 14
sw1(config-if-range)# no shutdown
```

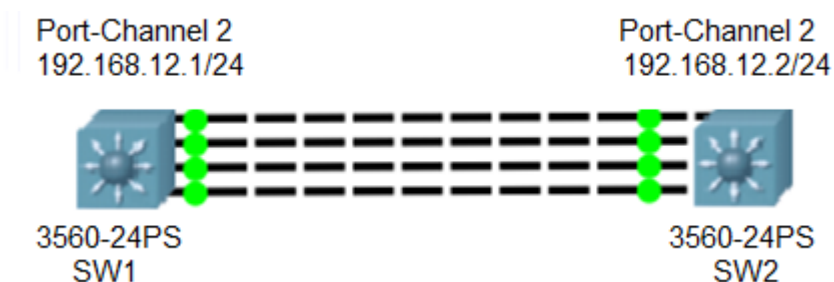


Рисунок 3.3 – Все порты агрегированного канала включены

Просмотр информации о состоянии агрегированного канала.

```
sw1# show etherchannel summary
Flags: D - down      P - bundled in port-channel
      I - stand-alone s - suspended
      H - Hot-standby (LACP only)
      R - Layer3      S - Layer2
      U - in use      f - failed to allocate aggregator
```

M - not in use, minimum links not met
 u - unsuitable for bundling
 w - waiting to be aggregated
 d - default port

Number of channel-groups in use: 2
 Number of aggregators: 2

Group	Port-channel	Protocol	Ports
2	Po2(RU)	LACP	Fa0/11(P) Fa0/12(P) Fa0/13(P) Fa0/14(P)

Здесь видно группу 2 port-channel, используемый протокол LACP, интерфейсы и их состояние. В данном случае параметр RU говорит о том, что выполнено агрегирование третьего уровня и то, что этот интерфейс используется. Параметр интерфейсов P указывает, что интерфейсы находятся в состоянии port-channel.

Для подключения сетей к коммутаторам L3 следует переключить их интерфейсы в режим виртуальных интерфейсов 3 уровня и назначить им сетевые адреса. Для коммутатора SW1 сценарий настройки будет выглядеть следующим образом:

```

SW1#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
SW1(config)#int fa0/1
SW1(config-if)#no switchport
SW1(config-if)#
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/1, changed state to down
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/1, changed state to up

SW1(config-if)#ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
SW1(config-if)#exit
SW1(config)#ip routing
SW1(config)#exit

```

Затем следует настроить статическую маршрутизацию между сетями 192.168.1.0/24 и 192.168.2.0/24

```

SW1#sh ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
* - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
P - periodic downloaded static route

```

Gateway of last resort is not set

```

C 192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
S 192.168.2.0/24 [1/0] via 192.168.12.2
C 192.168.12.0/24 is directly connected, Port-channel 2

```

Аналогичная процедура должна быть выполнена с коммутатором SW2.

3.2 Настройки процедуры маршрутизации между подсетями на основе коммутатора 3 уровня

Рассмотрим настройку маршрутизации локальной сети, изображенной на рисунке 3.4 при использовании коммутатора третьего уровня в роли маршрутизатора. Локальная сеть состоит из четыре подсетей, адреса которых изображены на рисунке. Для упрощения на рисунке в каждой подсети показано только по одному компьютеру. Очевидно, что количество компьютеров в подсети зависит от количества портов коммутатора второго уровня. Для каждой подсети выделен индивидуальный интерфейс (порт) мультиуровневого коммутатора с IP адресом 192.168.X.1 (здесь X – номер подсети).

Вначале на коммутаторе 3 уровня следует **выключить** порты второго уровня и перевести их в режим виртуальных интерфейсов третьего уровня путем задания им IP адресов. Затем следует переключить многоуровневый коммутатор в режим маршрутизатора.

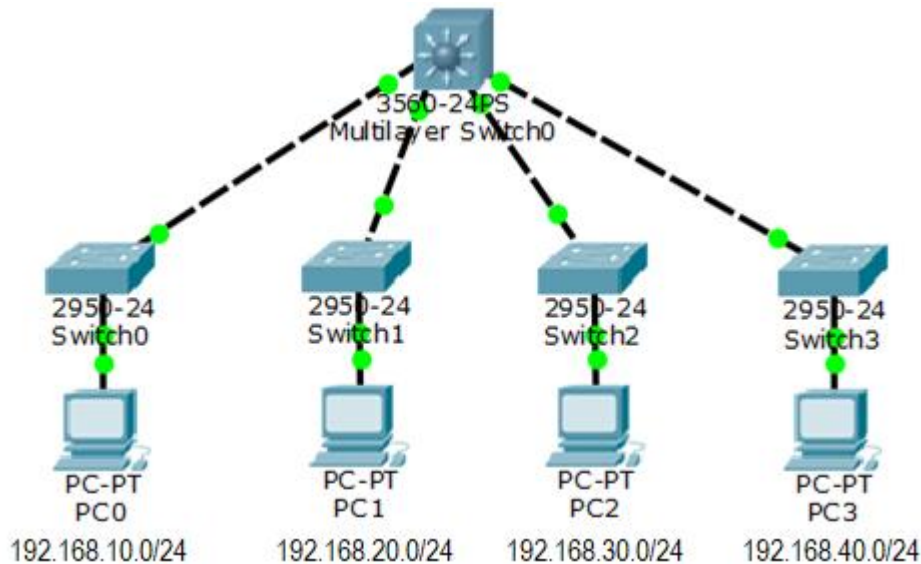


Рисунок 3.4 – Локальная компьютерная сеть с четырьмя подсетями

Сценарий реализации этой процедуры имеет вид:

```
Switch>en
Switch#conf terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Switch(config)#hostname MLS3
MLS3(config)#int ran fa0/1-4
MLS3(config-if-range)#no switchport
MLS3(config-if-range)#
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/1, changed state to down
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/1, changed state to up
MLS3(config-if-range)#exit
MLS3(config)#int fa0/1
MLS3(config-if)#ip addr 192.168.10.1 255.255.255.0
MLS3(config-if)#exit
MLS3(config)#int fa0/2
MLS3(config-if)#ip addr 192.168.20.1 255.255.255.0
MLS3(config-if)#exit
MLS3(config)#int fa0/3
MLS3(config-if)#ip addr 192.168.30.1 255.255.255.0
MLS3(config-if)#exit
MLS3(config)#int fa0/4
MLS3(config-if)#ip addr 192.168.40.1 255.255.255.0
MLS3(config-if)#exit
MLS3(config)#ip routing
MLS3(config)#exit
MLS3#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
```


Настройка процедуры маршрутизации завершена. Проверим пингованием связь между подсетями. Отправим с компьютера подсети 192.168.1.10 серию тестовых пакетов на компьютер с адресом 192.168.40.2.

```
PC>ping 192.168.40.2
```

```
Pinging 192.168.40.2 with 32 bytes of data:
```

```
Request timed out.
```

```
Reply from 192.168.40.2: bytes=32 time=1ms TTL=127
```

```
Reply from 192.168.40.2: bytes=32 time=0ms TTL=127
```

```
Reply from 192.168.40.2: bytes=32 time=0ms TTL=127
```

```
Ping statistics for 192.168.40.2:
```

```
Packets: Sent = 4, Received = 3, Lost = 1 (25% loss),
```

```
Approximate round trip times in milli-seconds:
```

```
Minimum = 0ms, Maximum = 1ms, Average = 0ms
```

Как видно, связь между подсетями имеется.

3.3. Настройки процедуры внутренней маршрутизации между VLAN на основе коммутатора 3 уровня

Рассмотрим процесс маршрутизации между виртуальными сетями VLAN10 и VLAN20, реализованной с использованием мультиуровневого коммутатора MLS, на примере сети, изображенной на рисунке 3.5.

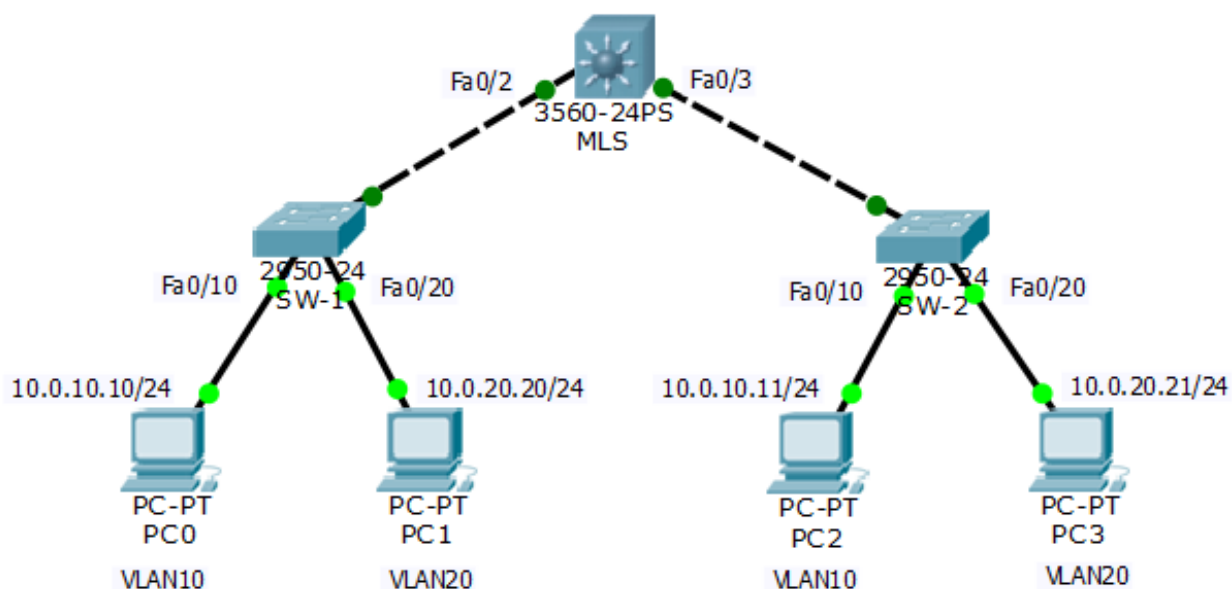


Рисунок 3.5 – Схема сети для исследования маршрутизации между виртуальными сетями VLAN

Сеть состоит из двух виртуальных сетей VLAN10 и VLAN20. IP адреса компьютеров и номера интерфейсов показаны на рисунке 3.5.

Настройка коммутатора SW-1 осуществляется по следующему сценарию.

```
Switch #conf terminal
%Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z
Switch(config)#hostname SW-1
SW-1(config)#vlan 10
SW-1(config-vlan)#name VLAN10
SW-1(config-vlan)#exit
SW-1(config)#vlan 20
SW-1(config-vlan)#name VLAN20
SW-1(config-vlan)#exit

SW-1(config)#interface FastEthernet0/1
SW-1(config-if)#
SW-1(config-if)#switchport mode trunk
SW-1(config-if)#exit
SW-1(config)#interface FastEthernet0/10
SW-1(config-if)#switchport access vlan 10

SW-1(config-if)#exit
SW-1(config)#interface FastEthernet0/20
SW-1(config-if)#switchport access vlan 20
SW-1(config-if)#
```

Аналогичные настройки выполняются и для SW2.

Конфигурацию MLS следует выполнить следующим образом.

```
MLS(vlan)#vlan 10
MLS (config-vlan)#name VLAN10
MLS(config)#vlan 20
MLS(config-vlan)#name VLAN20
MLS(config-vlan)#exit

MLS(config)#ip routing
MLS(config)#int ran fa0/2-3
MLS(config-if-range)#switchport trunk encapsulation dot1q
MLS(config-if-range)#switchport mode trunk
MLS(config-if-range)#exit
MLS(config)#int vlan10
MLS(config-if)#ip address 10.0.10.1 255.255.255.0
MLS(config-if)#exit
MLS(config)#int vlan20
MLS(config-if)#ip address 10.0.20.1 255.255.255.0
MLS(config)#exit
MLS#
```

Проверка связи между VLAN

Посылка пакета ping с компьютера PC0 с адресом 10.0.10.10

PC>ping 10.0.20.21

Pinging 10.0.20.21 with 32 bytes of data:

Request timed out.

Reply from 10.0.20.21: bytes=32 time=0ms TTL=127

Reply from 10.0.20.21: bytes=32 time=2ms TTL=127

Reply from 10.0.20.21: bytes=32 time=0ms TTL=127

Ping statistics for 10.0.20.21:

Packets: Sent = 4, Received = 3, Lost = 1 (25% loss),

Approximate round trip times in milli-seconds:

Minimum = 0ms, Maximum = 2ms, Average = 0ms

4. Описание лабораторного стенда

В качестве лабораторной установки используется персональный компьютер с установленной программой Packet Tracer, позволяющей осуществлять моделирование компьютерных сетей, построенных на оборудовании корпорации Cisco. Подробно описание пакета моделирования и работы с ним изучалось ранее и приведено в лабораторной работе №1.

Схема лабораторной установки для исследования процедуры агрегации каналов изображена на рисунке 4.1.



Рисунок 4.1 - Схема исследования процедуры агрегации каналов

Коммутаторы 3-го уровня объединяют две локальные подсети, которые на рисунке 4.1 представлены компьютерами PC0 и PC1, в единую сеть. Адреса подсетей соответственно равны 10.0.0.0/8 и 172.16.0.0/16. Агрегированный канал образован путем объединения четырех каналов с пропускной способностью 100 Мб/с.

Схема лабораторной установки для исследования процедуры маршрутизации на основе коммутатора 3 уровня показана на рисунке 4.2. Маршрутизация между тремя подсетями осуществляется тремя мультипротокольными коммутаторами MLS0-2, функционирующими на сетевом уровне.

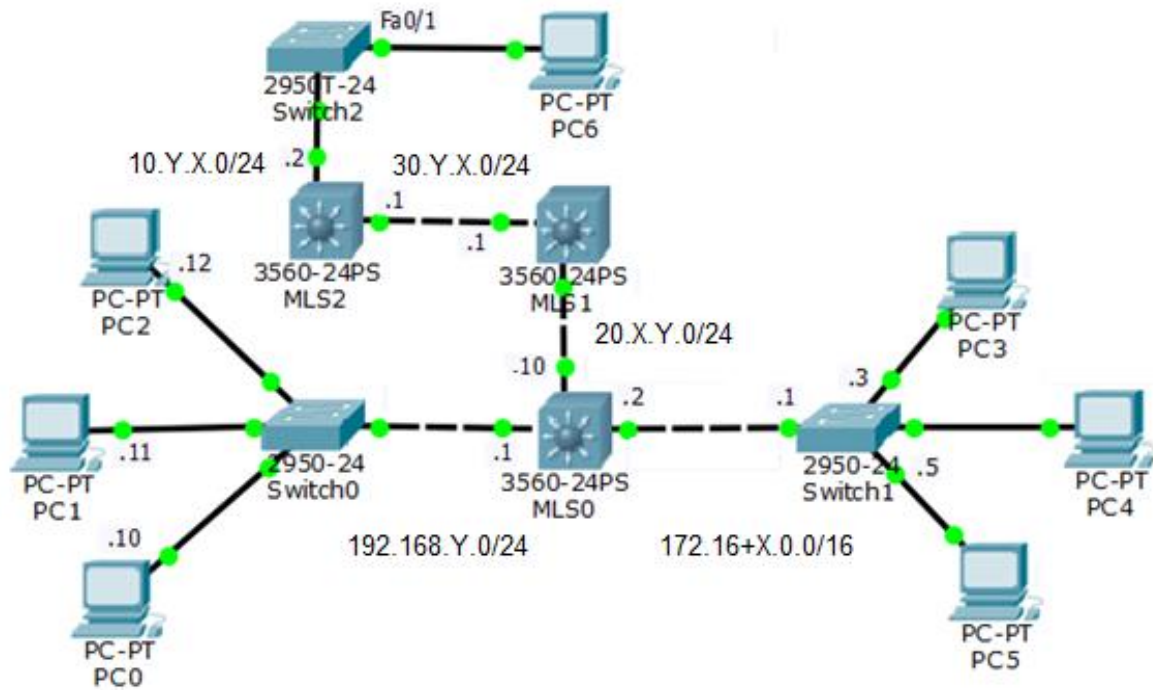


Рисунок 4.2 – Схема исследования процедуры маршрутизации между сетями на основе коммутатора 3 уровня

Схема лабораторной установки для исследования процедуры маршрутизации между VLAN на основе коммутатора 3 уровня показана на рисунке 4.3.

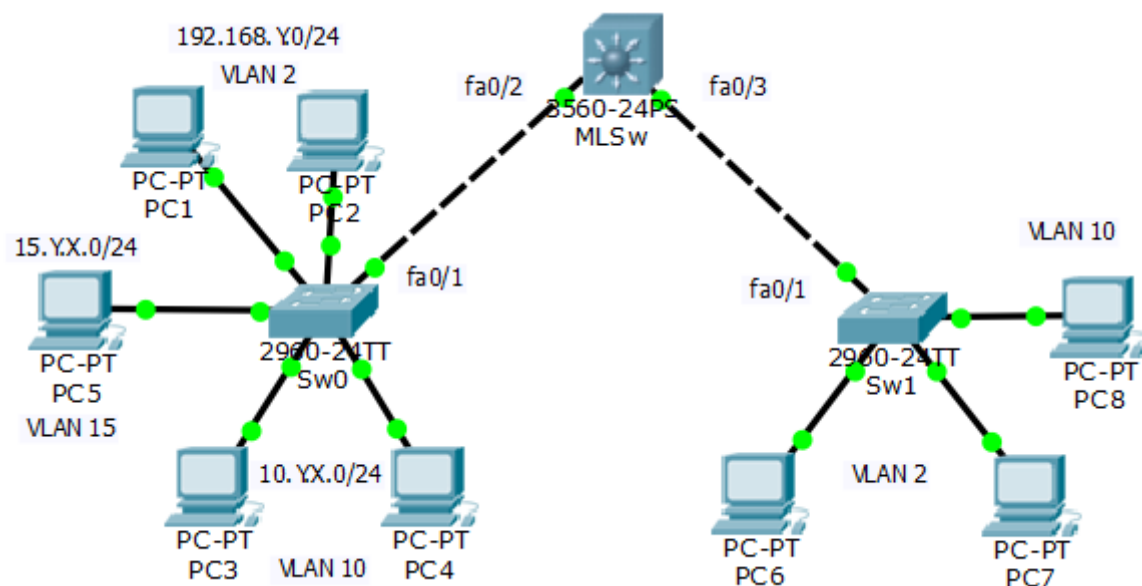


Рисунок 4.3 – Схема исследования процедуры маршрутизации между VLAN на основе коммутатора 3 уровня

Адреса сетей определяются следующим образом:
 X – последняя цифра зачетной книжки; Y – предпоследняя.

4. Программа работы

4.1. Изучить теоретический материал, относящийся к особенностям функционирования и конфигурации коммутаторов 3-го уровня, повторить методы маршрутизации в компьютерных сетях (выполняется в процессе домашней подготовки).

4.2. Составить в рабочем окне Packet Tracer схему фрагмента сети и выполнить конфигурацию и исследование агрегации каналов (рисунок 4.1).

4.3. Составить в рабочем окне симулятора схему сети (рисунок 4.2), сконфигурировать оборудование для обеспечения маршрутизации между сетями и исследовать функционирование сети.

4.4. Составить в рабочем окне симулятора схему сети (рисунок 4.3), сконфигурировать оборудование для обеспечения маршрутизации между виртуальными сетями и исследовать функционирование сети.

ПРИМЕЧАНИЕ:

1. Адреса сетей задаются в зависимости от варианта, который определяется последней (X) и предпоследней (Y) цифрами зачетной книжки.

2. Исследование функционирования сетей следует выполнить в реальном режиме (Realtime) и в режиме симуляции (Simulation Mode). Исследование в режиме симуляции предполагает анализ заголовков кадров и пакетов, исходящих от различных сетевых устройств.

5. Содержание отчета

5.1. Титульный лист.

5.2. Схемы исследуемых сетей.

5.3. Сценарии настроек сетевого оборудования и результаты исследования функционирования сетей.

5.4. Скриншоты заголовков пакетов и кадров.

5.5. Выводы.

6. Контрольные вопросы

6.1. На каком уровне эталонной модели взаимодействия открытых сетей функционируют современные программируемые сетевые коммутаторы и в чем состоит отличие функционирования на различных уровнях?

6.2. В чем состоит различие между симметричной и асимметричной коммутацией?

6.3. Что означает процедура зеркалирования портов и в каких случаях она применяется?

6.4. Расскажите об иерархии крупных локальных компьютерных сетей и изобразите иерархическую схему сети.

6.5. Охарактеризуйте протоколы, которые поддерживаются современными коммутаторами.

6.6. Какими дополнительными свойствами обладают коммутаторы 3-го уровня по сравнению с коммутаторами 2-го уровня?

6.7. В чем состоит отличие коммутаторов 3-го уровня от маршрутизаторов и целесообразность их применения?

6.8. Какие коммутаторы относятся к стекируемым и с какой целью осуществляется стекирование коммутаторов?

6.9. Назовите основные типы отечественных сетевых коммутаторов и проведите их сравнительную характеристику с зарубежными аналогичными моделями.

6.10. В чем состоит суть технологии агрегирования портов и с какой целью она применяется на практике?

6.11. Какие изменения произойдут в сети при отказе одного из линков агрегированного канала?

6.12. Поясните подробно последовательность конфигурации оборудования при маршрутизации трафика между виртуальными сетями с помощью коммутатора 3-го уровня.

7. Список рекомендованной литературы

1. Дибров, М. В. Сети и телекоммуникации. Маршрутизация в IP-сетях : учебник и практикум для вузов / М. В. Дибров. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Юрайт, 2024. — 423 с. — (Высшее образование). — URL: <https://urait.ru/bcode/544928> (дата обращения: 10.03.2025). — ISBN 978-5-534-16546-3. — Текст : электронный.
2. Журавлев, А. Е. Инфокоммуникационные системы. Аппаратное обеспечение : учебник для вузов / А. Е. Журавлев, А. В. Макшанов, А. В. Иванищев. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 392 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/176657> (дата обращения: 10.03.2025). — ISBN 978-5-8114-8514-7. — Текст : электронный.
3. Журавлев, А. Е. Инфокоммуникационные системы. Программное обеспечение : учебник для вузов / А. Е. Журавлев, А. В. Макшанов, А. В. Иванищев. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 376 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/176658> (дата обращения: 10.03.2025). — ISBN 978-5-8114-8515-4. — Текст : электронный.
4. Сети и телекоммуникации : учебник и практикум для вузов / под редакцией К. Е. Самуйлова, И. А. Шалимова, Д. С. Кулябова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Юрайт, 2024. — 464 с. — (Высшее образование). — URL: <https://urait.ru/bcode/536089> (дата обращения: 10.03.2025). — ISBN 978-5-534-17315-4. — Текст : электронный.
5. Урбанович, П. П. Компьютерные сети : учебное пособие / П. П. Урбанович, Д. М. Романенко. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. — 460 с. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1902692> (дата обращения: 10.03.2025). — ISBN 978-5-9729-0962-9. — Текст : электронный.

6. 5. Чернега, В. С. Компьютерные сети : учебное пособие для студентов направления "Компьютерные науки" вузов / В. С. Чернега, Б. Платтнер. - Севастополь : Издательство Севастопольского национального технического университета, 2006. - 499 с. : ил ; 21 см. - Библиография: с. 489-491. - Предметный указатель: с. 492-499. - ISBN 966-7473-98-8 (в пер.). - Текст : непосредственный.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Основные параметры управляемого стекируемого коммутатора типа **QSW-6300-32T 10/100/1000BASE-T**

Порты 10/100/1000BASE-T	24 порта
Порты 10GbE SFP+	8 портов
Порты консоли	1 порт RS-232 (RJ45)
Порты управления MGMT	1 порт
USB интерфейс	1 порт USB 2.0
Таблица ACL	7000 (input)/1500 (output) - максимальное количество правил ACL для стандартных ACL IPv4 Single Stack без использования дополнительных сервисов QoS, PBR, NFPP, CPP
Jumbo Frame	9 Кб
Коммутационная матрица	208 Гбит/с
Пропускная способность	154,8 Мпак/с
Размер таблицы MAC адресов	64K MAC адресов
Размер таблицы маршрутизации	До 24K/14K IPv4/IPv6 (до 64K IPv4 и 15K IPv6 в режиме ALPM)
Память	1 Гб RAM + 4 Гб
DHCP	IPv4/IPv6 DHCP Client, IPv4/IPv6 DHCP Server, IPv4/IPv6 DHCP Snooping, DHCP Relay Option 82, DHCPv6 Relay Option 37/38
Green Ethernet	IEEE 802.3az (Energy Efficient Ethernet)
VLAN	IEEE802.1Q, Voice VLAN, Port-based VLAN, Protocol-based VLAN, MAC-based VLAN, Private VLAN, QinQ, VLAN Mapping 1 to 1, N to 1, GVRP
VLAN функционал	4K VLAN
ACL	IPv4 standard ACL, IPv4 extended ACL, IPv4 multicast ACL, IPv6 standard ACL, IPv6 extended ACL, IPv6 multicast ACL, MAC standard ACL, MAC extended ACL, User-defined ACL, MAC-IP extended ACL, Time based ACL
QoS	8 очередей на порт, Маркировка трафика 802.1p/DSCP/TOS/ACL; Алгоритмы обработки очередей: SP, DRR, SP+DRR; Метод congestion avoidance: RED/WRED; Ограничение трафика на портах
Агрегирование портов	128 групп/8 портов
Зеркалирование трафика	Port Mirror, CPU Mirror, RSPAN

Протоколы маршрутизации IPv4	Static, PBR, RIPv2, OSPFv2, ISISv4, BGP4
Протоколы маршрутизации IPv6	Static, PBR, RIPv6, OSPFv3, ISISv6, BGP4+
Протоколы резервирования	802.1D STP, 802.1W RSTP, 802.1S MSTP, Stack, LACP, ERPS, Flex Link, RLDP, IP event dampening, VRRP, BFD, ECMP
Протоколы управления	TFTP/FTP, sFlow, SNMPv1/v2c/v3, SNMP Trap CLI (Console/Telnet/SSH), Public & Private MIB interface RMON (1,2,3,9), Ping, Trace Route Syslog, SNT/NT, Multiple Configuration Files, VCT, DDM ULDP, LLDP/LLDP MED
Стекирование	До 4 коммутаторов в стеке
Тип коммутации	Store and forward
Уровень коммутатора	L3

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Сравнительная таблица параметров коммутаторов уровней L2+L3 Cisco и Eltex

Cisco		Eltex	
Тип оборудования	Тип и количество Ethernet портов 10/100/1000	Тип оборудования	Тип и количество Ethernet портов 10/100/1000
WS-C2960XR-48FPD-I	48 и 2 SFP+	MES2348P	48 10/100/1000Base-T (PoE/PoE+), 4 10GBase-X(SFP+)
WS-C2960XR-48LPD-I	48 и 2 SFP+	MES2348P	48 10/100/1000Base-T (PoE/PoE+), 4 10GBase-X(SFP+)
WS-C2960XR-24PD-I	24 и 2 SFP+	MES3124P	24 10/100/1000Base-T (PoE/PoE+), 4 порта 10GBase-X(SFP+)
WS-C2960XR-48TD-I	48 и 2 SFP+	MES3348	48 10/100/1000Base-T, 4 порта 10GBase-X(SFP+)/1000Base-X(SFP)
WS-C2960XR-24TD-I	24 и 2 SFP+	MES3324	20 10/100/1000Base-T, 4 комбинированных порта 10/100/1000Base-T/1000Base-X(SFP), 4 порта 10GBase-X(SFP+)
WS-C2960XR-48FPS-I	48 и 4 SFP	MES2348P	48 10/100/1000Base-T (PoE/PoE+), 4 порта 10GBase-X(SFP+)
WS-C2960XR-48LPS-I	48 и 4 SFP	MES2348P	48 10/100/1000Base-T (PoE/PoE+), 4 порта 10GBase-X(SFP+)
WS-C3850-24T-S	24; 4 x 1 GE 2 x 10 GE	MES3124P	24 порта 10/100/1000Base-T (PoE/PoE+), 4 порта 10GBase-X(SFP+)
WS-C3850-48T-L	48; 4 x 1 GE	MES3348	48 портов 10/100/1000Base-T, 4 порта 10GBase-

Cisco		Eltex	
Тип оборудования	Тип и количество Ethernet портов 10/100/1000	Тип оборудования	Тип и количество Ethernet портов 10/100/1000
	2 x 10 GE 4 x 10 GE		X(SFP+)/1000Base-X(SFP)
WS-C3850-48F-S	48 PoE+; 4 x 1 GE 2 x 10 GE 4 x 10 GE	MES2348P	48 портов 10/100/1000 Base-T (PoE/PoE+), 4 порта 10GBase-X (SFP+)/1000Base-X (SFP)

Приложение В

Сравнение базовых команд коммутаторов Cisco и Eltex ESR

Cisco	Eltex ESR
configure terminal	configure
banner motd	banner login
ip domain-lookup	domain lookup enable
ip domain-name	domain name
clock set	set date
show version	show version show system
service password-encryption	Все пароли зашифрованы по умолчанию
Switch(config)# hostname Switch01	console(config)#hostname MES2324
Switch01(config)#enable password level 15 godemode	MES2324(config)#enable password level 15 godemode
Switch01(config)# vlan20	MES2324(config)#vlandatabase
Switch01(config-vlan)# name test20	MES2324(config-vlan)#vlan20name test
Switch01(config)# interface gigabitethernet1/0/1	MES2324(config)#interface GigabitEthernet1/0/1
Switch01(config-if)# switchport mode access	
Switch01(config-if)# switchport access vlan20	MES2324(config-if)#switchport access vlan20
Switch01(config)# interface gigabitethernet1/0/1	MES2324(config)#interface GigabitEthernet1/0/1
Switch01(config-if)# switchport mode trunk	MES2324(config-if)#switchport mode trunk
Switch01(config-if)# switchporttrunk allowed vlanadd 10	MES2324(config-if)#switchport trunk allowed vlanadd 10
Switch01(config-if)# switchporttrunk allowed vlanremove 10	MES2324(config-if)#switchport trunk allowed vlanremove 10