

Лабораторная работа №3

Часть 1. Основы Ethernet и конфигурирование VLAN

В сетях Ethernet используется метод доступа к общей среде передачи данных, называемый методом множественного доступа с контролем несущей и обнаружением коллизий (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection, CSMA/CD). При наличии в сети Ethernet большого количества хостов коллизии становятся серьезной проблемой, приводящей к широковещательным штормам. Это снижает производительность сети или даже может полностью вывести ее из строя. Использование коммутаторов для подключения к локальным сетям (LAN) позволяет сократить число коллизий, но широковещательная передача по-прежнему может создавать проблемы.

Для подавления широковещательных штормов используется технология VLAN, которая позволяет разделить физическую локальную сеть (LAN) на несколько виртуальных локальных сетей (VLAN), чтобы широковещательные домены были меньше. Хосты внутри VLAN могут напрямую взаимодействовать только с хостами той же VLAN. А их связь с хостами в других VLAN реализуется через маршрутизатор.

Топология сети:

Компании необходимо разделить сеть уровня 2 на несколько VLAN для удовлетворения служебных требований. Кроме того, VLAN 10 должна обеспечивать более высокий уровень безопасности, поэтому в нее можно добавить только специальные ПК. Для этого пользовательские порты идентичных служб на S1 и S2 необходимо назначить в одну и ту же VLAN, а порты с определенными MAC-адресами на S2 — в другую VLAN.

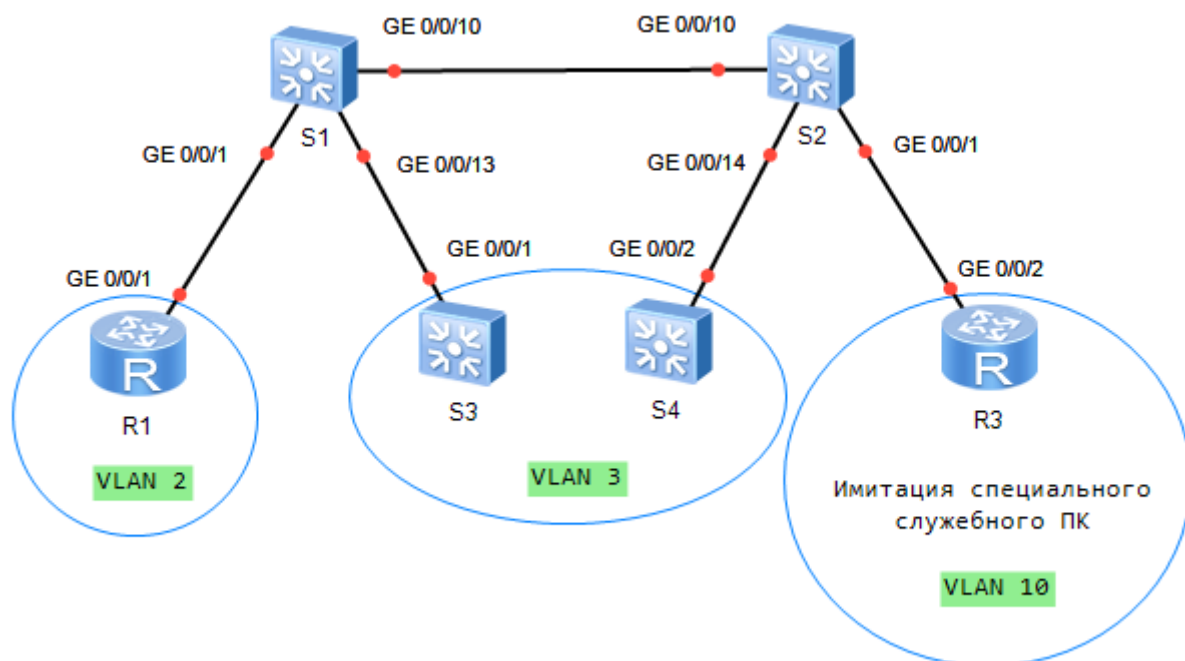


Рисунок 1.1 – Топология сети

План работы:

1. Создание VLAN.
2. Конфигурирование VLAN на основе портов.
3. Конфигурирование VLAN на основе MAC-адресов.

Процедура конфигурирования:

Шаг 1. Задайте устройствам имена.

Шаг 2. Настройте IP-адреса.

- Установите для R1 и R3 IP-адреса 10.1.2.1/24 и 10.1.10.1/24 соответственно.

```
[R1]interface GigabitEthernet0/0/1
[R1-GigabitEthernet0/0/1]ip address 10.1.2.1 24
```

```
[R3]interface GigabitEthernet0/0/2
[R3-GigabitEthernet0/0/2]ip address 10.1.10.1 24
```

- Создайте VLAN 3 на S3 и S4.

```
[S3]vlan 3
```

```
[S4]vlan 3
```

- Настройте порты на S3 и S4 в качестве портов доступа и назначьте их в соответствующие VLAN.

```
[S3]interface GigabitEthernet0/0/1
[S3-GigabitEthernet0/0/1]port link-type access
[S3-GigabitEthernet0/0/1]port default vlan 3
[S3-GigabitEthernet0/0/1]quit
```

```
[S4]interface GigabitEthernet0/0/2
[S4-GigabitEthernet0/0/2]port link-type access
[S4-GigabitEthernet0/0/2]port default vlan 3
[S4-GigabitEthernet0/0/2]quit
```

- Создайте интерфейсы VLANIF и настройте IP-адреса.

```
[S3] interface Vlanif 3
[S3-Vlanif3]ip address 10.1.3.1 24
```

С помощью команды **interface vlanif** *vlan-id* можно создать интерфейс VLANIF и перейти в режим конфигурирования интерфейса VLANIF.

```
[S4] interface Vlanif 3
[S4-Vlanif3]ip address 10.1.3.2 24
```

Шаг 3. Создайте VLAN 2, 3 и 10 на S1 и S2.

```
[S1]vlan batch 2 to 3 10
Info: This operation may take a few seconds. Please wait for a
moment...done.
VLANs 2, 3, and 10 are created successfully.
```

С помощью команды **vlan *vlan-id*** можно создать VLAN и перейти в режим конфигурирования VLAN. Если VLAN существуют, то режим VLAN отобразится на экране.

Команда **vlan batch { *vlan-id1* [to *vlan-id2*] }** позволяет создавать сразу несколько VLAN.

```
[S2]vlan batch 2 to 3 10
```

Шаг 4. Настройте сети VLAN на основе портов.

- Настройте пользовательские порты на S3 и S4 в качестве портов доступа и назначьте их в соответствующие VLAN.

```
[S1]interface GigabitEthernet0/0/1  
[S1-GigabitEthernet0/0/1]port link-type access
```

С помощью команды **port link-type { access | hybrid | trunk }** можно задать тип интерфейса, который может быть Access, Trunk или Hybrid.

```
[S1-GigabitEthernet0/0/1]port default vlan 2
```

Команда **port default vlan *vlan-id*** позволяет настроить VLAN по умолчанию для интерфейса и назначить интерфейс в эту VLAN.

```
[S1-GigabitEthernet0/0/1]quit  
[S1]interface GigabitEthernet0/0/13  
[S1-GigabitEthernet0/0/13]port link-type access  
[S1-GigabitEthernet0/0/13]port default vlan 3  
[S1-GigabitEthernet0/0/13]quit
```

```
[S2]interface GigabitEthernet0/0/14  
[S2-GigabitEthernet0/0/14]port link-type access  
[S2-GigabitEthernet0/0/14]port default vlan 3  
[S2-GigabitEthernet0/0/14]quit
```

- Настройте порты, соединяющие S1 и S2, в качестве магистральных портов и разрешите прохождение только пакетов из VLAN 2 и VLAN 3.

```
[S1]interface GigabitEthernet0/0/10  
[S1-GigabitEthernet0/0/10]port link-type trunk  
[S1-GigabitEthernet0/0/10]port trunk allow-pass vlan 2 3
```

Команда **port trunk allow-pass vlan** позволяет назначить магистральный порт в определенные сети VLAN.

```
[S1-GigabitEthernet0/0/10]undo port trunk allow-pass vlan 1
```

Команда **undo port trunk allow-pass vlan** позволяет удалить магистральный порт из определенных сетей VLAN. По умолчанию VLAN 1 находится в списке разрешенных сетей. Если VLAN 1 не используется какой-либо службой, ее необходимо удалить в целях безопасности.

```
[S2]interface GigabitEthernet0/0/10  
[S2-GigabitEthernet0/0/10]port link-type trunk  
[S2-GigabitEthernet0/0/10]port trunk allow-pass vlan 2 3
```

```
[S2-GigabitEthernet0/0/10]undo port trunk allow-pass vlan 1
```

Шаг 5. Сконфигурируйте сети VLAN на основе MAC-адресов.

Как показано на рисунке 1.1, R3 имитирует специальный служебный ПК. Допустим, что данный ПК имеет MAC-адрес a008-6fe1-0c46. Предполагается, что ПК будет подключаться к сети через любой из портов GigabitEthernet0/0/1, GigabitEthernet0/0/2 и GigabitEthernet0/0/3 на S2 и передавать данные через VLAN 10.

- Настройте на S2 привязку MAC-адреса ПК к VLAN 10.

```
[S2] vlan 10  
[S2-vlan10] mac-vlan mac-address a008-6fe1-0c46
```

Команда **mac-vlan mac-address** позволяет установить привязку MAC-адреса к VLAN. Принадлежность к VLAN зависит от исходных MAC-адресов пакетов, и соответственно добавляются теги VLAN. Этот метод назначения VLAN не зависит от местоположения, обеспечивая более высокий уровень безопасности и гибкости.

На портах доступа и магистральных портах назначение VLAN на основе MAC-адресов можно использовать только в том случае, если VLAN соответствует PVID. Поэтому рекомендуется настроить назначение VLAN на основе MAC-адресов на гибридном порте для получения из нескольких VLAN нетегированных пакетов.

- Настройте GigabitEthernet0/0/1, GigabitEthernet0/0/2 и GigabitEthernet0/0/3 на S2 в качестве гибридных портов и разрешите прохождение пакетов из VLAN на основе MAC-адресов.

```
[S2]interface GigabitEthernet0/0/1  
[S2-GigabitEthernet0/0/1]port link-type hybrid  
[S2-GigabitEthernet0/0/1]port hybrid untagged vlan 10
```

Команда **port hybrid untagged vlan** позволяет назначить гибридный порт в определенные сети VLAN, чтобы передавать нетегированные кадры.

```
[S2-GigabitEthernet0/0/1]quit  
[S2]interface GigabitEthernet0/0/2  
[S2-GigabitEthernet0/0/2]port link-type hybrid  
[S2-GigabitEthernet0/0/2]port hybrid untagged vlan 10  
[S2-GigabitEthernet0/0/2]quit  
[S2]interface GigabitEthernet0/0/3  
[S2-GigabitEthernet0/0/3]port link-type hybrid  
[S2-GigabitEthernet0/0/3]port hybrid untagged vlan 10  
[S2-GigabitEthernet0/0/3]quit
```

- Настройте на портах, соединяющих S1 и S2, разрешение на прохождение пакетов из VLAN 10. Порты должны разрешать прохождение тегированных кадров из нескольких VLAN. Следовательно, порты можно настроить в качестве магистральных портов.

```
[S1]interface GigabitEthernet0/0/10  
[S1-GigabitEthernet0/0/10]port trunk allow-pass vlan 10  
[S1-GigabitEthernet0/0/10]quit  
[S2]interface GigabitEthernet0/0/10
```

```
[S2-GigabitEthernet0/0/10]port trunk allow-pass vlan 10
[S2-GigabitEthernet0/0/10]quit
```

- Настройте S2 и включите назначение VLAN на основе MAC-адресов на GE0/0/1, GE0/0/2 и GE0/0/3. Чтобы включить на порте передачу пакетов на основе привязки между MAC-адресом и VLAN, необходимо выполнить команду **mac-vlan enable**.

```
[S2]interface GigabitEthernet0/0/1
[S2-GigabitEthernet0/0/1]mac-vlan enable
[S2-GigabitEthernet0/0/1]quit
[S2]interface GigabitEthernet0/0/2
[S2-GigabitEthernet0/0/2]mac-vlan enable
[S2-GigabitEthernet0/0/2]quit
[S2]interface GigabitEthernet0/0/3
[S2-GigabitEthernet0/0/3]mac-vlan enable
[S2-GigabitEthernet0/0/3]quit
```

Шаг 6. Выведите на экран информацию о конфигурации.

- Выведите на экран информацию о VLAN на коммутаторе.

```
[S1]display vlan
```

Команда **display vlan** позволяет вывести на экран информацию о сетях VLAN. С помощью команды **display vlan *vlan-id* verbose** можно вывести на экран подробную информацию определенной VLAN, включая идентификатор, тип, описание и состояние VLAN, порты VLAN и режим, в котором осуществляется назначение портов в VLAN.

- Выведите на экран конфигурацию назначения VLAN на основе MAC-адресов, имеющуюся на коммутаторе.

```
[S2]display mac-vlan vlan 10
```

Команда **display mac-vlan** позволяет вывести на экран конфигурацию назначения VLAN на основе MAC-адресов.

Шаг 7. Проверьте подключение и конфигурацию VLAN.

1. Выполните команду **ping** на S4 для проверки связи с S3 и убедитесь, что операция **ping** успешно выполняется.
2. Выполните команду **ping** на R1 для проверки связи с другими устройствами и убедитесь, что операция **ping** не выполняется.
3. Выполните команду **display mac-address verbose** на S1 и S2, чтобы проверить таблицы MAC-адресов на коммутаторах.

Часть 2. Протокол STP.

В коммутируемой сети Ethernet для реализации резервирования путей связи и повышения сетевой доступности используются резервные каналы. Однако серьезным недостатком их применения является образование петель, которые могут вызывать широковещательные шторма, нестабильность таблицы MAC-адресов, ухудшение или даже прерывание связи. Чтобы предотвратить образование петель, ассоциация IEEE разработала протокол связующего дерева (Spanning Tree Protocol, STP).

STP, определенный в стандарте IEEE 802.1D, был усовершенствован до протокола быстрого связующего дерева (Rapid Spanning Tree Protocol, RSTP), определенного в стандарте IEEE 802.1W, и протокола множественного связующего дерева (Multiple Spanning Tree Protocol, MSTP), определенного в стандарте IEEE 802.1S.

Топология сети:

В целях повышения сетевой доступности, компании необходимо создать резервные каналы в своей коммутируемой сети уровня 2. Кроме того, необходимо развернуть протокол STP, чтобы предотвратить образование петель на резервных каналах, вызывающих широковещательный шторм и нестабильность MAC-адресов.

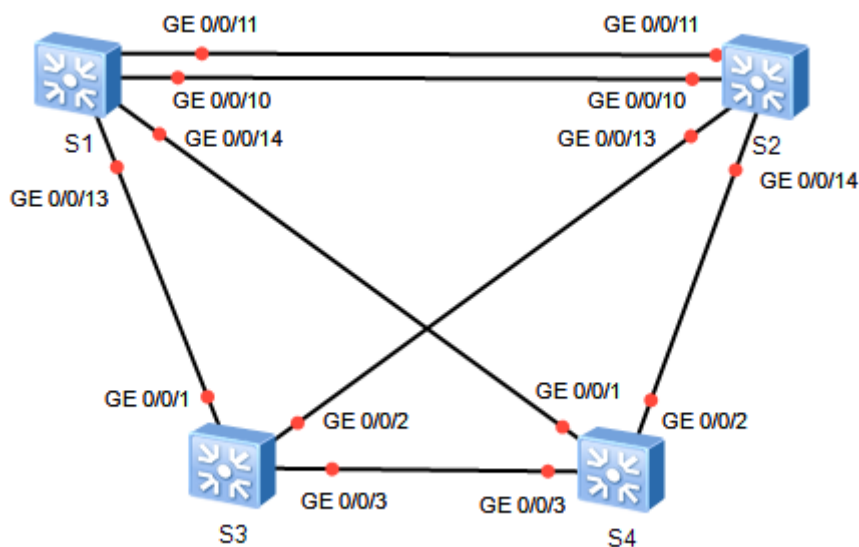


Рисунок 2.1 – Топология сети

План работы:

1. Включение STP.
2. Изменение приоритетов мостов, чтобы контролировать выбор корневого моста.
3. Изменение параметров порта, чтобы определить роль порта.
4. Изменение протокола на протокол RSTP.
5. Настройка граничных портов.

Процедура конфигурирования:

Шаг 1. Включите STP.

```
<S1>system-view
Enter system view, return user view with Ctrl+Z.
[S1]stp enable
```

- Измените режим связующего дерева на STP.

```
[S1]stp mode stp
Info: This operation may take a few seconds. Please wait for a moment...done.
```

С помощью команды **stp mode{mstp | rstp | stp}** можно установить режим работы протокола связующего дерева на коммутационном устройстве. По умолчанию коммутационное устройство работает в режиме MSTP.

```
[S2]stp mode stp
Info: This operation may take a few seconds. Please wait for a moment...done.

[S3]stp mode stp
Info: This operation may take a few seconds. Please wait for a moment...done.

[S4]stp mode stp
Info: This operation may take a few seconds. Please wait for a moment...done.
```

- Выведите на экран статус связующего дерева. В данном случае для примера используется S1.

```
[S1]disp stp
-----[CIST Global Info][Mode STP]-----
CIST Bridge       :32768.4c1f-cc44-4163
Config Times      :Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop 20
Active Times      :Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop 20
CIST Root/ERPC    :32768.4c1f-cc44-4163 / 0
CIST RegRoot/IRPC :32768.4c1f-cc44-4163 / 0
CIST RootPortId   :0.0
BPDU-Protection   :Disabled
TC or TCN received :15
TC count per hello :0
STP Converge Mode  :Normal
Time since last TC :0 days 0h:0m:23s
Number of TC       :19
Last TC occurred   :GigabitEthernet0/0/14
```

Выведенная информация также включает данные состояния порта, которые не были включены в командный вывод.

- Выведите на экран краткую информацию о связующем дереве на каждом коммутаторе.

```
[S1]disp stp br
```

MSTID	Port	Role	STP State	Protection
0	GigabitEthernet0/0/10	DESI	FORWARDING	NONE
0	GigabitEthernet0/0/11	DESI	FORWARDING	NONE
0	GigabitEthernet0/0/13	DESI	FORWARDING	NONE
0	GigabitEthernet0/0/14	DESI	FORWARDING	NONE

```
[S2]disp stp br
```

MSTID	Port	Role	STP State	Protection
0	GigabitEthernet0/0/10	ROOT	FORWARDING	NONE
0	GigabitEthernet0/0/11	ALTE	DISCARDING	NONE
0	GigabitEthernet0/0/13	ALTE	DISCARDING	NONE
0	GigabitEthernet0/0/14	DESI	FORWARDING	NONE

```
[S3]disp stp br
```

MSTID	Port	Role	STP State	Protection
0	GigabitEthernet0/0/1	ROOT	FORWARDING	NONE
0	GigabitEthernet0/0/2	DESI	FORWARDING	NONE
0	GigabitEthernet0/0/3	DESI	FORWARDING	NONE

```
[S4]disp stp br
```

MSTID	Port	Role	STP State	Protection
0	GigabitEthernet0/0/1	ROOT	FORWARDING	NONE
0	GigabitEthernet0/0/2	ALTE	DISCARDING	NONE
0	GigabitEthernet0/0/3	ALTE	DISCARDING	NONE </tr

На основании идентификатора корневого моста и информации о порте каждого коммутатора текущая топология выглядит следующим образом:

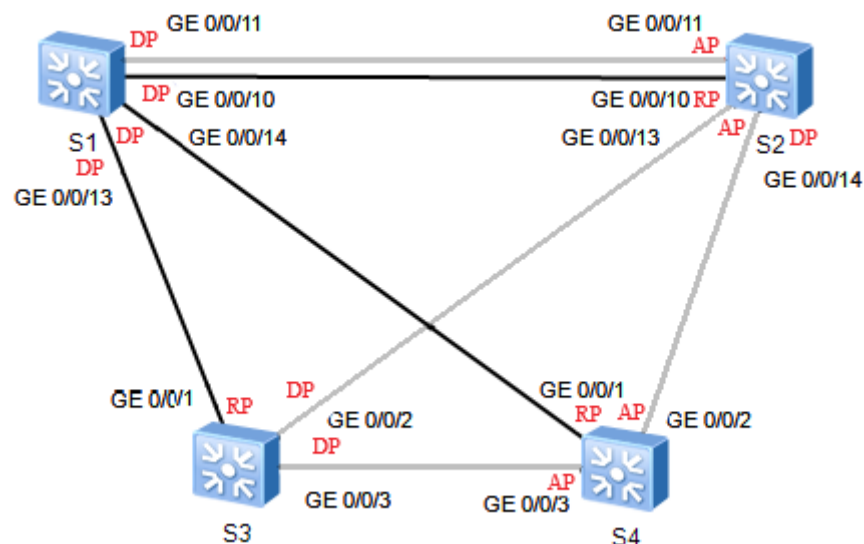


Рисунок 2.2 – Топология сети с STP

Примечание: данная топология приводится исключительно в справочных целях, поэтому может не совпадать с фактической топологией связующего дерева в лабораторной среде.

Шаг 2. Измените параметры устройства, чтобы сделать S2 корневым мостом, а S1 – резервным корневым мостом (можно взять другие коммутаторы, S1 и S2 взяты как пример).

- Измените приоритеты мостов S1 и S2.

```
[S2]stp root primary
```

```
[S1]stp root secondary
```

Так как корневой мост играет очень важную роль в сети, то в качестве него обычно выбирается коммутатор с высокой производительностью и высоким уровнем сетевой иерархии. Однако такое устройство может иметь невысокий приоритет. Поэтому необходимо установить коммутатору высокий приоритет, чтобы он мог быть выбран в качестве корневого моста. С помощью команды **stp root** можно настроить коммутатор в качестве корневого моста или резервного корневого моста связующего дерева.

- Команда **stp root primary** позволяет задать коммутатор в качестве корневого коммутационного устройства. В этом случае коммутатор получит приоритет в связующем дереве, равный 0, и его нельзя будет изменить.
- Команда **stp root secondary** позволяет задать коммутатор в качестве резервного корневого моста. В этом случае коммутатор получит приоритет, равный 4096, и его нельзя будет изменить.

- Выведите на экран статус STP на S2.

```
[S2]disp stp
-----[CIST Global Info][Mode STP]-----
CIST Bridge           :0       .4c1f-ccbc-796a
Config Times          :Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop 20
Active Times          :Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop 20
CIST Root/ERPC        :0       .4c1f-ccbc-796a / 0
CIST RegRoot/IRPC     :0       .4c1f-ccbc-796a / 0
CIST RootPortId       :0.0
BPDU-Protection       :Disabled
CIST Root Type        :Primary root
TC or TCN received    :917
TC count per hello    :0
STP Converge Mode     :Normal
Time since last TC    :0 days 0h:2m:21s
Number of TC          :38
Last TC occurred      :GigabitEthernet0/0/14
```

В этом случае идентификатор моста S2 совпадает с идентификатором корневого моста, а стоимость корневого маршрута равна 0, что указывает на то, что S2 является корневым мостом текущей сети.

- Выведите на экран краткую информацию о статусе STP на всех устройствах и посмотрите как изменилась топология связующего дерева.

```
[S1]disp stp br
MSTID  Port                Role  STP State  Protection
0      GigabitEthernet0/0/10  ROOT  FORWARDING  NONE
0      GigabitEthernet0/0/11  ALTE  DISCARDING  NONE
```

0	GigabitEthernet0/0/13	DESI	FORWARDING	NONE
0	GigabitEthernet0/0/14	DESI	FORWARDING	NONE

[S2]disp stp br				
MSTID	Port	Role	STP State	Protection
0	GigabitEthernet0/0/10	DESI	FORWARDING	NONE
0	GigabitEthernet0/0/11	DESI	FORWARDING	NONE
0	GigabitEthernet0/0/13	DESI	FORWARDING	NONE
0	GigabitEthernet0/0/14	DESI	FORWARDING	NONE

[S3]disp stp br				
MSTID	Port	Role	STP State	Protection
0	GigabitEthernet0/0/1	ALTE	DISCARDING	NONE
0	GigabitEthernet0/0/2	ROOT	FORWARDING	NONE
0	GigabitEthernet0/0/3	DESI	FORWARDING	NONE

[S4]disp stp br				
MSTID	Port	Role	STP State	Protection
0	GigabitEthernet0/0/1	ALTE	DISCARDING	NONE
0	GigabitEthernet0/0/2	ROOT	FORWARDING	NONE
0	GigabitEthernet0/0/3	ALTE	DISCARDING	NONE

Шаг 3. Измените параметры устройства, чтобы назначить порт GigabitEthernet0/0/1 коммутатора S4 корневым портом (можете выбрать любой не корневой порт на коммутаторе не являющемся корневым).

- Выведите на экран информацию STP на S4.

[S4]disp stp br				
MSTID	Port	Role	STP State	Protection
0	GigabitEthernet0/0/1	ALTE	DISCARDING	NONE
0	GigabitEthernet0/0/2	ROOT	FORWARDING	NONE
0	GigabitEthernet0/0/3	ALTE	DISCARDING	NONE

[S4]disp stp				
-----[CIST Global Info][Mode STP]-----				
CIST Bridge :32768.4clf-cccf-4ed7				
Config Times :Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop 20				
Active Times :Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop 20				
CIST Root/ERPC :0 .4clf-ccbc-796a / 20000				
CIST RegRoot/IRPC :32768.4clf-cccf-4ed7 / 0				
CIST RootPortId :128.2				
BPDU-Protection :Disabled				
TC or TCN received :1269				
TC count per hello :0				
STP Converge Mode :Normal				
Time since last TC :0 days 0h:4m:53s				
Number of TC :41				
Last TC occurred :GigabitEthernet0/0/2				

Стоимость корневого маршрута от S4 до S2 имеет значение 20000.

- Измените стоимость STP порта GigabitEthernet 0/0/2 коммутатора S4 на 50000.

[S4]interface GigabitEthernet 0/0/2				
[S4-GigabitEthernet0/0/2]stp cost 50000				

- Выведите на экран краткую информацию о статусе STP.

```
[S4]disp stp br
MSTID  Port                               Role  STP State  Protection
0      GigabitEthernet0/0/1             ROOT  FORWARDING  NONE
0      GigabitEthernet0/0/2             ALTE  DISCARDING  NONE
0      GigabitEthernet0/0/3             ALTE  DISCARDING  NONE
```

Порт GigabitEthernet0/0/1 на S4 стал корневым портом.

Шаг 4. Измените режим связующего дерева на RSTP.

```
[S1]stp mode rstp
Info: This operation may take a few seconds. Please wait for a
moment...done
```

- Измените режим связующего дерева на всех устройствах.
- Выведите на экран статус связующего дерева. В данном случае для примера используется S1.

```
[S1]disp stp
-----[CIST Global Info][Mode RSTP]-----
CIST Bridge           :4096 .4c1f-cc44-4163
Config Times          :Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop 20
Active Times          :Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop 20
CIST Root/ERPC        :0 .4c1f-ccbc-796a / 20000
CIST RegRoot/IRPC     :4096 .4c1f-cc44-4163 / 0
CIST RootPortId       :128.10
BPDU-Protection       :Disabled
CIST Root Type        :Secondary root
TC or TCN received    :265
TC count per hello    :0
STP Converge Mode     :Normal
Time since last TC    :0 days 0h:0m:6s
Number of TC          :49
Last TC occurred      :GigabitEthernet0/0/10
```

После изменения режима топология связующего дерева не изменилась.

Шаг 5. Настройте граничные порты.

- Порты GigabitEthernet 0/0/10-0/0/24 коммутатора S3 подключены только к терминалам, поэтому их необходимо настроить в качестве граничных портов.

```
[S3]port-group group-member GigabitEthernet 0/0/10 to GigabitEthernet 0/0/24
[S3-port-group]stp edged-port enable
```

Команда **stp edged-port enable** позволяет задать текущий порт в качестве граничного порта. Если после настройки граничный порт коммутационного устройства получает BPDU, коммутационное устройство автоматически отменяет настройки порта в качестве граничного порта и пересчитывает связующее дерево.

Шаг 6. Отключите какой-нибудь порт на любом коммутаторе и проверьте, может ли трафик передаваться на другие коммутаторы по резервным каналам.

Часть 3. Агрегирование каналов Ethernet

В условиях постоянно растущего числа пользователей обеспечить более высокую пропускную способность и доступность могут только магистральные сети Ethernet. Еще недавно единственным способом увеличения пропускной способности считалась модернизация сети с помощью высокоскоростных LPU. Однако этот способ был дорогостоящим и не отличался гибкостью.

В отличие от него, технология агрегирования каналов позволяет увеличить полосу пропускания за счет объединения группы физических портов в один логический порт и не требует модернизации оборудования. Кроме того, данная технология реализует механизмы резервирования каналов, что значительно повышает их доступность. Агрегирование каналов имеет следующие преимущества:

- Повышение пропускной способности: максимальная пропускная способность группы агрегирования каналов (Link Aggregation Group, LAG) — совокупная пропускная способность всех каналов-участников группы.
- Повышение доступности: при неисправности одного канала трафик можно переключить на другие доступные каналы-участники.
- Балансировка нагрузки: нагрузка трафика распределяется между активными каналами-участниками в группе LAG.

Топология сети:

Во второй части лабораторной работы два канала между S1 и S2 не могли одновременно находиться в состоянии передачи данных. Для полноценного использования полосы пропускания двух каналов между S1 и S2 необходимо настроить агрегирование каналов Ethernet.

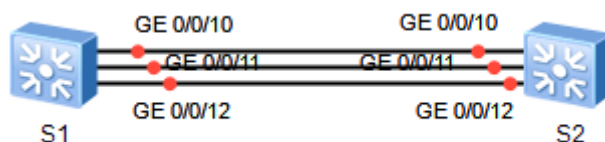


Рисунок 3.1 – Топология сети

План работы:

1. Настройка агрегирования каналов вручную.
2. Настройка агрегирования каналов в режиме LACP.
3. Изменение параметров для определения активных каналов.
4. Изменение режима балансировки нагрузки.

Процедура конфигурирования:

Шаг 1. Настройте агрегирование каналов вручную.

Создайте Eth-Trunk.

```
[S1]interface Eth-Trunk 1
```

```
[S2]interface Eth-Trunk 1
```

Команда **interface eth-trunk** позволяет перейти в режим существующего Eth-Trunk или создать Eth-Trunk и перейти в его режим. Цифра **1**, используемая в примере, означает номер интерфейса.

- Сконфигурируйте режим агрегирования каналов для Eth-Trunk.

```
[S1-Eth-Trunk1]mode manual load-balance
```

Команда **mode** позволяет настроить рабочий режим Eth-Trunk, которым может быть LACP или ручная балансировка нагрузки. По умолчанию используется режим ручной балансировки нагрузки. Таким образом, предыдущую операцию выполнять не требуется, она приводится только для наглядности.

- Добавьте порт в Eth-Trunk.

```
[S1]interface GigabitEthernet 0/0/10
[S1-GigabitEthernet0/0/10]eth-trunk 1
Info: This operation may take a few seconds. Please wait for a
moment...done.
[S1-GigabitEthernet0/0/10]quit
[S1]interface GigabitEthernet 0/0/11
[S1-GigabitEthernet0/0/11]eth-trunk 1
Info: This operation may take a few seconds. Please wait for a
moment...done.
[S1-GigabitEthernet0/0/11]quit
[S1]interface GigabitEthernet 0/0/12
[S1-GigabitEthernet0/0/12]eth-trunk 1
Info: This operation may take a few seconds. Please wait for a
moment...done.
[S1-GigabitEthernet0/0/12]quit
```

Для добавления определенного порта в Eth-Trunk можно перейти в режим его интерфейса и выполнить операцию. Для добавления нескольких портов в Eth-Trunk можно выполнить команду **trunkport** в режиме интерфейса Eth-Trunk.

```
[S2]interface Eth-Trunk 1
[S2-Eth-Trunk1]trunkport GigabitEthernet 0/0/10 to 0/0/12
Info: This operation may take a few seconds. Please wait for a
moment...done.
```

При добавлении физических портов в Eth-Trunk необходимо учитывать следующие нюансы:

- Агрегированный канал Eth-Trunk может содержать максимум 8 портов-участников.
- Eth-Trunk нельзя добавить к другому Eth-Trunk.
- Порт Ethernet можно добавить только к одному Eth-Trunk. Чтобы добавить порт Ethernet к другому Eth-Trunk, сначала необходимо удалить его из исходного.
- Удаленные порты, напрямую подключенные к локальным портам-участникам Eth-Trunk, также должны быть добавлены в Eth-Trunk; в противном случае два конца не смогут взаимодействовать.
- Такие параметры, как количество физических портов, скорость порта и дуплексный режим, должны совпадать на обоих концах канала Eth-Trunk.

- Выведите на экран статус Eth-Trunk.

```
[S1]disp eth-trunk 1
Eth-Trunk1's state information is:
WorkingMode: NORMAL          Hash arithmetic: According to SIP-XOR-DIP
Least Active-linknumber: 1    Max Bandwidth-affected-linknumber: 8
Operate status: up           Number Of Up Port In Trunk: 3
-----
-----
PortName                      Status      Weight
GigabitEthernet0/0/10        Up          1
GigabitEthernet0/0/11        Up          1
GigabitEthernet0/0/12        Up          1
```

Шаг 2. Настройте агрегирование каналов в режиме LACP.

- Удалите порты-участники из Eth-Trunk.

```
[S1]interface Eth-Trunk 1
[S1-Eth-Trunk1]undo trunkport GigabitEthernet 0/0/10 to 0/0/12
Info: This operation may take a few seconds. Please wait for a
moment...done.
```

```
[S2]interface Eth-Trunk 1
[S2-Eth-Trunk1]undo trunkport GigabitEthernet 0/0/10 to 0/0/12
Info: This operation may take a few seconds. Please wait for a
moment...done.
```

- Измените режим агрегирования. Перед изменением режима работы Eth-Trunk убедитесь, что в Eth-Trunk нет портов-участников.

```
[S1]interface Eth-Trunk 1
[S1-Eth-Trunk1]mode lacp
```

Команда **mode lacp** позволяет установить LACP в качестве рабочего режима Eth-Trunk.

Примечание: в некоторых версиях для этого используется команда **mode lacp-static**.

```
[S2]interface Eth-Trunk 1
[S2-Eth-Trunk1]mode lacp
```

- Добавьте порт в Eth-Trunk.

```
[S1]interface Eth-Trunk 1
[S1-Eth-Trunk1]trunkport GigabitEthernet 0/0/10 to 0/0/12
Info: This operation may take a few seconds. Please wait for a
moment...done.
```

```
[S2]interface Eth-Trunk 1
[S2-Eth-Trunk1]trunkport GigabitEthernet 0/0/10 to 0/0/12
Info: This operation may take a few seconds. Please wait for a
moment...done.
```

- Выведите на экран статус Eth-Trunk.

```
[S1-Eth-Trunk1]disp eth-trunk 1
Eth-Trunk1's state information is:
Local:
LAG ID: 1                      WorkingMode: STATIC
Preempt Delay: Disabled        Hash arithmetic: According to SIP-XOR-DIP
System Priority: 32768          System ID: 4clf-ccfb-2719
Least Active-linknumber: 1     Max Active-linknumber: 8
Operate status: up             Number Of Up Port In Trunk: 3
-----
ActorPortName      Status   PortType PortPri PortNo PortKey PortState Weight
GigabitEthernet0/0/10 Selected 1GE      32768   11    305    10111100 1
GigabitEthernet0/0/11 Selected 1GE      32768   12    305    10111100 1
GigabitEthernet0/0/12 Selected 1GE      32768   13    305    10111100 1
-----
Partner:
-----
ActorPortName      SysPri   SystemID      PortPri PortNo PortKey PortState
GigabitEthernet0/0/10 32768    4clf-ccb5-6af4 32768   11    305    10111100
GigabitEthernet0/0/11 32768    4clf-ccb5-6af4 32768   12    305    10111100
GigabitEthernet0/0/12 32768    4clf-ccb5-6af4 32768   13    305    10111100
```

Шаг 3. В обычных условиях в состоянии передачи данных должны находиться только GigabitEthernet0/0/11 и GigabitEthernet0/0/12, а GigabitEthernet0/0/10 должен использоваться в качестве резервного порта. Когда количество активных портов становится меньше 2, Eth-Trunk отключается.

- Установите приоритет LACP для S1, чтобы сделать S1 активным устройством.

```
[S1]lacp priority 100
```

- Настройте самый высокий приоритет портам GigabitEthernet0/0/11 и GigabitEthernet0/0/12.

```
[S1]interface GigabitEthernet 0/0/10
[S1-GigabitEthernet0/0/10]lacp priority 40000
```

В режиме LACP пакеты LACPDU (LACP Data Unit) передаются и принимаются обеими сторонами группы агрегирования каналов.

Сначала выбирается активный инициатор:

1. Выполняется сравнение полей приоритета системы. По умолчанию используется значение приоритета 32768. Чем меньше значение, тем выше приоритет. Сторона с более высоким приоритетом выбирается в качестве активного инициатора LACP.
2. При одинаковых приоритетах активным инициатором становится сторона с меньшим MAC-адресом.

После того, как активный инициатор выбран, устройства на обеих сторонах выбирают активные порты в соответствии с настройками приоритета порта на активном инициаторе.

- Задайте верхний и нижний пороги количества активных портов.

```
[S1]interface Eth-Trunk 1
[S1-Eth-Trunk1]max active-linknumber 2
[S1-Eth-Trunk1]least active-linknumber 2
```

Пропускная способность и статус Eth-Trunk зависят от количества активных портов. Под пропускной способностью Eth-Trunk подразумевается общая пропускная способность всех портов-участников в состоянии Up. Для того, чтобы стабилизировать статус и пропускную способность Eth-Trunk, а также сократить влияние частых изменений статусов каналов-участников, можно настроить следующие пороговые значения:

- Нижний порог: при сокращении количества активных портов ниже этого порога Eth-Trunk отключается. Порог определяет минимальную пропускную способность Eth-Trunk и настраивается с помощью команды **least active-linknumber**.
- Верхний порог: если количество активных портов достигает этого порогового значения, пропускная способность Eth-Trunk не увеличивается, даже при увеличении числа каналов в состоянии Up. Верхний порог обеспечивает доступность сети и настраивается с помощью команды **max active-linknumber**.

- Включите функцию внеочередного занятия линии.

```
[S1]interface Eth-Trunk 1
[S1-Eth-Trunk1]lacp preempt enable
```

В режиме LACP при выходе из строя активного канала система выбирает резервный канал с наивысшим приоритетом, чтобы заменить неисправный. Если включена функция внеочередного занятия линии, то после восстановления неисправный канал может снова получить статус активного канала, если он имеет более высокий приоритет, чем резервный канал. Функцию внеочередного занятия линии можно включить с помощью команды **lacp preempt enable**. По умолчанию эта функция отключена.

- Выведите на экран статус текущего Eth-Trunk.

```
[S1]disp eth-trunk 1
Eth-Trunk1's state information is:
Local:
LAG ID: 1                      WorkingMode: STATIC
Preempt Delay Time: 30         Hash arithmetic: According to SIP-XOR-DIP
System Priority: 100           System ID: 4clf-ccb5-2719
Least Active-linknumber: 2     Max Active-linknumber: 2
Operate status: up            Number Of Up Port In Trunk: 2
```

ActorPortName	Status	PortType	PortPri	PortNo	PortKey	PortState	Weight
GigabitEthernet0/0/10	Unselect	1GE	40000	11	305	10100000	1
GigabitEthernet0/0/11	Selected	1GE	32768	12	305	10111100	1
GigabitEthernet0/0/12	Selected	1GE	32768	13	305	10111100	1

```
Partner:
-----
ActorPortName      SysPri   SystemID           PortPri  PortNo  PortKey  PortState
GigabitEthernet0/0/10 32768    4clf-ccb5-6af4    32768    11      305      10110000
GigabitEthernet0/0/11 32768    4clf-ccb5-6af4    32768    12      305      10111100
GigabitEthernet0/0/12 32768    4clf-ccb5-6af4    32768    13      305      10111100
```


- Отключите GigabitEthernet0/0/12, чтобы смоделировать неисправность канала. Выведите на экран статус Eth-Trunk.

```
[S1]disp eth-trunk 1
Eth-Trunk1's state information is:
Local:
LAG ID: 1                      WorkingMode: STATIC
Preempt Delay Time: 30         Hash arithmetic: According to SIP-XOR-DIP
System Priority: 100           System ID: 4clf-ccfb-2719
Least Active-linknumber: 2     Max Active-linknumber: 2
Operate status: up             Number Of Up Port In Trunk: 2
```

ActorPortName	Status	PortType	PortPri	PortNo	PortKey	PortState	Weight
GigabitEthernet0/0/10	Selected	1GE	40000	11	305	10111100	1
GigabitEthernet0/0/11	Selected	1GE	32768	12	305	10111100	1
GigabitEthernet0/0/12	Unselect	1GE	32768	13	305	10100010	1

```
Partner:
-----
ActorPortName      SysPri   SystemID          PortPri  PortNo  PortKey  PortState
GigabitEthernet0/0/10 32768    4clf-ccb5-6af4   32768    11      305      10111100
GigabitEthernet0/0/11 32768    4clf-ccb5-6af4   32768    12      305      10111100
GigabitEthernet0/0/12 0         0000-0000-0000   0         0       0        10100011
```

- Отключите GigabitEthernet 0/0/11, чтобы смоделировать неисправность канала. Выведите на экран статус Eth-Trunk.

```
[S1]disp eth-trunk 1
Eth-Trunk1's state information is:
Local:
LAG ID: 1                      WorkingMode: STATIC
Preempt Delay Time: 30         Hash arithmetic: According to SIP-XOR-DIP
System Priority: 100           System ID: 4clf-ccfb-2719
Least Active-linknumber: 2     Max Active-linknumber: 2
Operate status: down          Number Of Up Port In Trunk: 0
```

ActorPortName	Status	PortType	PortPri	PortNo	PortKey	PortState	Weight
GigabitEthernet0/0/10	Unselect	1GE	40000	11	305	10100000	1
GigabitEthernet0/0/11	Unselect	1GE	32768	12	305	10100010	1
GigabitEthernet0/0/12	Unselect	1GE	32768	13	305	10100010	1

```
Partner:
-----
ActorPortName      SysPri   SystemID          PortPri  PortNo  PortKey  PortState
GigabitEthernet0/0/10 32768    4clf-ccb5-6af4   32768    11      305      10110000
GigabitEthernet0/0/11 0         0000-0000-0000   0         0       0        10100011
GigabitEthernet0/0/12 0         0000-0000-0000   0         0       0        10100011
```

В качестве нижнего порога количества активных каналов настроено значение 2. Таким образом, Eth-Trunk отключен. Хотя GigabitEthernet0/0/10 стал активным, он все еще имеет статус Unselect.

Шаг 4. Измените режим балансировки нагрузки.

- Включите порты, отключенные на предыдущем шаге. Подождите около 30 секунд и проверьте статус Eth-Trunk 1.
- Подождите около 30 секунд и проверьте статус Eth-Trunk 1.

```
[S1]disp eth-trunk 1
Eth-Trunk1's state information is:
Local:
LAG ID: 1                      WorkingMode: STATIC
Preempt Delay Time: 30         Hash arithmetic: According to SIP-XOR-DIP
System Priority: 100           System ID: 4clf-ccfb-2719
Least Active-linknumber: 2     Max Active-linknumber: 2
Operate status: up             Number Of Up Port In Trunk: 2
```

ActorPortName	Status	PortType	PortPri	PortNo	PortKey	PortState	Weight
GigabitEthernet0/0/10	Unselect	1GE	40000	11	305	10100000	1
GigabitEthernet0/0/11	Selected	1GE	32768	12	305	10111100	1
GigabitEthernet0/0/12	Selected	1GE	32768	13	305	10111100	1

Partner:

ActorPortName	SysPri	SystemID	PortPri	PortNo	PortKey	PortState
GigabitEthernet0/0/10	32768	4clf-ccb5-6af4	32768	11	305	10110000
GigabitEthernet0/0/11	32768	4clf-ccb5-6af4	32768	12	305	10111100
GigabitEthernet0/0/12	32768	4clf-ccb5-6af4	32768	13	305	10111100

Функция внеочередного занятия линии включена на Eth-Trunk. Таким образом, GigabitEthernet0/0/11 и GigabitEthernet0/0/12 становятся активными, потому что имеют более высокий приоритет, чем GigabitEthernet0/0/10. В результате GigabitEthernet0/0/10 получает статус Unselect. Кроме того, для обеспечения стабильности канала время внеочередного занятия линии по умолчанию составляет 30 секунд. Таким образом, внеочередное занятие линии происходит через 30 секунд после включения портов.

- Измените режим балансировки нагрузки Eth-Trunk на балансировку нагрузки на основе IP-адреса назначения.

```
[S1]interface Eth-Trunk 1
[S1-Eth-Trunk1]load-balance dst-ip
```

Чтобы обеспечить правильную балансировку нагрузки между физическими каналами Eth-Trunk и избежать перегрузки каналов, настройте режим балансировки нагрузки Eth-Trunk с помощью команды **load-balance**. Балансировка нагрузки работает только для исходящего трафика. Поэтому режимы балансировки нагрузки для портов на разных сторонах виртуального канала могут отличаться.