

Лабораторна робота № 2

НАЛАГОДЖЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АГРЕГУВАННЯ КАНАЛІВ У КОМУТОВАНИХ МЕРЕЖАХ ETHERNET

Мета заняття: ознайомитися з особливостями функціонування технологій та протоколів агрегування каналів мереж Ethernet; отримати практичні навички налагодження, моніторингу та діагностування роботи агрегованих каналів на обладнанні Cisco; дослідити процеси передачі кадрів через агреговані канали.

Теоретичні відомості

Агрегування каналів у комутаторах Cisco

Агрегування каналів на обладнанні Cisco може здійснюватися як статично, так і динамічно, як із використанням засобів 2-го, так і 3-го рівнів моделі OSI. Залежно від швидкості технології Ethernet агреговані канали між пристроями Cisco прийнято називати Etherchannel (10BaseT/F), Fast Etherchannel (FEC, 100BaseTX/FX), Gigabit Etherchannel (GEC, 1000BaseT/FX). Статичні та динамічні агреговані канали часто називають каналами Etherchannel незалежно від технології і методу агрегації.

Статичне агрегування має перевагу в тому, що не вносить додаткової затримки при активації агрегованого каналу або зміни його налагоджень. Недоліки статичного агрегування: відсутнє узгодження налагоджень із віддаленою стороною; помилки в налагодженні можуть призвести до утворення петель. Cisco рекомендує використовувати статичне агрегування каналів.

Для динамічного агрегування каналів можуть використовуватися два протоколи: стандартний протокол LACP (Link Aggregation Control Protocol); фірмовий протокол Cisco PAgP (Port Aggregation Protocol). Ці протоколи виконують одні і ті ж завдання (з невеликими розбіжностями щодо можливостей), тому рекомендується використовувати стандартний протокол LACP. Перевагами агрегування з використанням протоколу LACP є: узгодження налагоджень із віддаленою стороною, яке дозволяє уникнути помилки і петель у мережі; підтримка standby-інтерфейсів дозволяє агрегувати до 16 портів, 8 портів будуть активними, а решта – в режимі гарячого резерву. Недоліком агрегування з використанням протоколу LACP є внесення додаткової затримки при активації агрегованого каналу або при зміні його налагоджень.

Порядок налагодження агрегованих каналів на обладнанні Cisco

Налагодження агрегування каналів на обладнанні Cisco складається із кількох етапів. Порядок їх виконання є таким:

1. Вибрати групу інтерфейсів на першому пристрої.
2. Вимкнути вибрані інтерфейси.
3. Об'єднати вибрані інтерфейси у логічний інтерфейс (Cisco також називає цей інтерфейс `port-channel`) та присвоїти йому номер.
4. Залежно від виду агрегації каналів та типу протоколу налагодити відповідний режим роботи каналу.
5. Налагодити метод балансування трафіка (необов'язково).
6. Перейти на другий пристрій та виконати на ньому дії п. 1 – 5.
7. Увімкнути інтерфейси на обох пристроях та перевірити працездатність налаштованого каналу.

Команди налагодження агрегованих каналів на комутаторах Cisco

Для створення логічних каналів та налагодження всіх варіантів їх агрегації на комутаторах Cisco використовується команда **channel-group**. За її допомогою зазначається, якому логічному каналу (логічному інтерфейсу) належить фізичний інтерфейс і який варіант агрегування застосовується. Для прямого зазначення протоколу агрегування використовується команда **channel-protocol**. Для вибору методу розподілу кадрів між фізичними каналами одного логічного каналу застосовується команда **port-channel load-balance**. Особливістю налагодження агрегування на пристроях третього рівня є те, що логічний інтерфейс необхідно створювати вручну, а не автоматично командою **channel-group**. Для цього застосовується команда **interface port-channel**.

Синтаксис команд та режими їх застосування наведено нижче.

Синтаксис команди **channel-group** (режим конфігурування інтерфейсу/групи інтерфейсів):

```
channel-group [group-number] mode { auto [non-silent] | desirable [non-silent] | on } | { active | passive } },
```

де **group-number** – номер групи портів (номер логічного каналу), що створюється на пристрої, номери груп можуть не збігатися на різних сторонах логічного каналу;

mode – службова конструкція, за допомогою якої встановлюється варіант агрегації;

auto – увімкнути підтримку протоколу PAgP, тільки якщо прийде повідомлення PAgP;

desirable – увімкнути підтримку протоколу PAgP;

on – ввімкнути статичну агрегацію EtherChannel;
active – ввімкнути підтримку протоколу LACP;
passive – ввімкнути підтримку протоколу LACP, тільки якщо прийде повідомлення LACP;

non-silent – службова конструкція, яка зазначає активацію у випадку, коли дані отримано з іншого кінця каналу.

Комбінації режимів за яких увімкнеться агрегування каналів для протоколів PAgP та LACP наведені на рис. 1.

Режим LACP	passive	active
passive	–	+
active	+	+

Режим PAgP	auto	desirable
auto	–	+
desirable	+	+

Рис. 1. Комбінації режимів для протоколів PAgP та LACP

Синтаксис команди **channel-protocol** (режим конфігурування інтерфейсу/групи інтерфейсів):

channel-protocol protocol,

де **protocol** – параметр, який може набувати значень **lACP, pagp**.

Синтаксис команди **port-channel load-balance** (режим глобального конфігурування):

port-channel load-balance method,

де **method** – метод балансування навантаження між фізичними каналами логічного каналу, може набувати значень:

dst-mac – на основі MAC-адреси отримувача;

src-mac – на основі MAC-адреси відправника;

dst-ip – на основі IP-адреси отримувача;

src-ip – на основі IP-адреси відправника;

dst-port – на основі номера порту отримувача;

src-port – на основі номера порту відправника;

src-dst-mac – за результатами операції XOR MAC-адрес відправника та отримувача;

src-dst-ip – за результатами операції XOR IP-адрес відправника та отримувача;

src-dst-port – за результатами операції XOR номерів портів відправника та отримувача.

Синтаксис команди **interface port-channel** (режим глобального конфігурування):

interface port-channel number,

де **number** – номер логічного каналу, що створюється на пристрої.

Команди моніторингу та діагностики роботи агрегованих каналів Etherchannel

Для перегляду параметрів налагоджень окремих агрегованих каналів та їх складових використовуються як команди загального призначення, так і спеціалізовані команди. Серед команд загального призначення можна виділити такі команди: **show interfaces**, **show interface interface-type interface-id**, **show running-config**, **show startup-config**. До спеціалізованих команд належать команди **show etherchannel**, **show lacp**, **show pagp**. Зазначені спеціалізовані команди мають певний набір модифікацій, які формують інші команди, їх перелік наведений у табл. 1. Для діагностики роботи та усунення проблем з налагодженням також використовуються команди обнулення лічильників **clear lacp**, **clear pagp**.

Таблиця 1

Перелік команд *show* діагностики роботи агрегованих каналів на комутаторах Cisco

Команда	Призначення
Команди діагностики роботи агрегованих каналів	
show etherchannel	Виведення загальної інформації про агреговані канали на пристрої
show etherchannel summary	Виведення сумарної інформації про агреговані канали пристрою
show etherchannel port-channel	Виведення детальної інформації про логічні інтерфейси
show etherchannel load-balance	Виведення інформації про метод балансування навантаження на поточному комутаторі
show interface etherchannel	Виведення повної інформації про інтерфейси, які використовуються в агрегованому каналі
show mac-address-table interfaces port-channel	Виведення таблиці комутації комутатора для задіяних для передачі кадрів агрегованих каналів
Команди діагностики роботи протоколу LACP	
show lacp counters	Виведення інформації про лічильники LACP
show lacp internal	Виведення інформації LACP локального комутатора
show lacp neighbor	Виведення інформації LACP із сусіднього комутатора
show lacp sys-id	Виведення інформації про системний ідентифікатор LACP
Команди діагностики роботи протоколу PAGP	
show pagp internal	Виведення інформації PAGP локального комутатора
show pagp neighbor	Виведення інформації PAGP із сусіднього комутатора
show pagp counters	Виведення інформації про лічильники PAGP

Модельний приклад налагодження параметрів агрегованого каналу технології Gigabit Ethernet, побудованого між маршрутизаторами Cisco

Розглянемо специфіку налагодження параметрів агрегованого каналу зв'язку технології Gigabit Ethernet між маршрутизаторами Cisco для з'єднання, схема якої наведена на рис. 2.

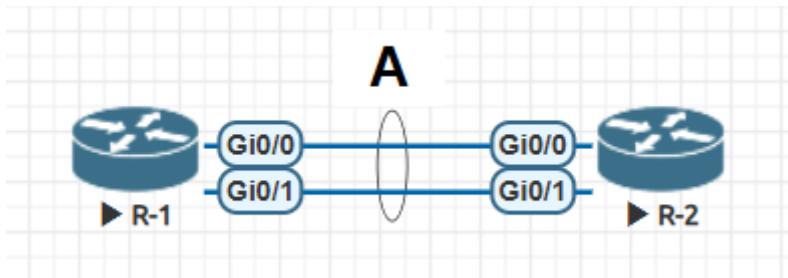


Рис. 2. Приклад мережі

Під час побудови каналу зв'язку для з'єднання пристроїв використано дані табл. 2. Для налагодження параметрів адресації інтерфейсів пристроїв використано дані табл. 3.

Таблиця 2

Параметри інтерфейсів пристроїв для прикладу

Пристрій	Інтерфейс	Підключення до пристрою	Підключення до інтерфейсу
Маршрутизатор R-1	Gi0/0	Маршрутизатор R-2	Gi0/0
	Gi0/1		Gi0/1
Маршрутизатор R-2	Gi0/0	Маршрутизатор R-1	Gi0/0
	Gi0/1		Gi0/1

Таблиця 3

Параметри адресації мережі

Підмережа/Пристрій	Інтерфейс/Мережний адаптер/Шлюз	IP-адреса	Маска підмережі	Префікс
Підмережа А	–	197.1.1.0	255.255.255.252	/30
Маршрутизатор R-1	Інтерфейс Port-Channel 1	197.1.1.1	255.255.255.252	/30
Маршрутизатор R-2	Інтерфейс Port-Channel 1	197.1.1.2	255.255.255.252	/30

Сценарії налагодження параметрів агрегованого каналу технології Gigabit Ethernet та параметрів адресації для маршрутизаторів R-1, R-2 наведені нижче.

```
...
Router>enable
Router#configure terminal
Router(config)#hostname R-1
R-1(config)#interface port-channel 1
R-1(config-if)#description AGGREGATED_LINK-TO-R-2
R-1(config-if)#ip address 197.1.1.1 255.255.255.0
R-1(config-if)#exit
R-1(config)#interface GigabitEthernet 0/0
R-1(config-if)#channel-group 1
R-1(config-if)#no shutdown
R-1(config-if)#exit
R-1(config)#interface GigabitEthernet 0/1
R-1(config-if)#channel-group 1
R-1(config-if)#no shutdown
R-1(config-if)#exit
R-1(config)#exit
R-1#
...

...
Router>enable
Router#configure terminal
Router(config)#hostname R-2
R-2(config)#interface Port-Channel 1
R-2(config-if)#description AGGREGATED_LINK-TO-R-1
R-2(config-if)#ip address 197.1.1.2 255.255.255.0
R-2(config-if)#exit
R-2(config)#interface GigabitEthernet 0/0
R-2(config-if)#channel-group 1
R-2(config-if)#no shutdown
R-2(config-if)#exit
R-2(config)#interface GigabitEthernet 0/1
R-2(config-if)#channel-group 1
R-2(config-if)#no shutdown
R-2(config-if)#exit
R-2#
...
```

Результати виконання команд моніторингу та діагностики роботи інтерфейсів маршрутизаторів для розглянутого прикладу

З метою перегляду інформації про функціонування інтерфейсів маршрутизаторів для розглянутого прикладу використано команди **show interfaces**. Перевірка зв'язку між маршрутизаторами здійснена за допомогою команди **ping**. Результати роботи цих команд для маршрутизаторів R-1 та R-2 наведено відповідно на рис. 3–5.

```
R-1#show interfaces port-channel 1
Port-channell is up, line protocol is up
  Hardware is GEChannel, address is ca01.0645.0008 (bia ca01.0645.0006)
  Description: AGGREGATED_LINK-TO-R-2
  Internet address is 197.1.1.1/30
  MTU 1500 bytes, BW 2000000 Kbit/sec, DLY 10 usec,
    reliability 255/255, txload 1/255, rxload 1/255
  Encapsulation ARPA, loopback not set
  Keepalive set (10 sec)
  Unknown duplex, Unknown Speed, media type is unknown media type
  output flow-control is unsupported, input flow-control is unsupported
  ARP type: ARPA, ARP Timeout 04:00:00
    No. of active members in this channel: 2
      Member 0 : GigabitEthernet0/0 , Full-duplex, 1000Mb/s
      Member 1 : GigabitEthernet1/0 , Full-duplex, 1000Mb/s
    No. of Non-active members in this channel: 0
    No. of PF JUMBO supported members in this channel : 0
  Last input 00:01:54, output never, output hang never
  Last clearing of "show interface" counters never
  Input queue: 0/150/0/0 (size/max/drops/flushes); Total output drops: 0
  Queueing strategy: fifo
  Output queue: 0/80 (size/max)
  5 minute input rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
  5 minute output rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
    5 packets input, 516 bytes, 0 no buffer
    Received 0 broadcasts, 0 runts, 0 giants, 0 throttles
    0 input errors, 0 CRC, 0 frame, 0 overrun, 0 ignored
    0 watchdog, 0 multicast, 0 pause input
    0 input packets with dribble condition detected
    6 packets output, 576 bytes, 0 underruns
    0 output errors, 0 collisions, 0 interface resets
    0 unknown protocol drops
    0 babbles, 0 late collision, 0 deferred
    0 lost carrier, 0 no carrier, 0 pause output
    0 output buffer failures, 0 output buffers swapped out
R-1#
```

Рис. 3. Результати виконання команди **show interface port-channel 1** на маршрутизаторі R-1

```

R-2#show interfaces port-channel 1
Port-channell is up, line protocol is up
Hardware is GEChannel, address is ca02.0720.0008 (bia ca02.0720.0006)
Description: AGGREGATED_LINK-TO-R-1
Internet address is 197.1.1.2/30
MTU 1500 bytes, BW 2000000 Kbit/sec, DLY 10 usec,
    reliability 255/255, txload 1/255, rxload 1/255
Encapsulation ARPA, loopback not set
Keepalive set (10 sec)
Unknown duplex, Unknown Speed, media type is unknown media type
output flow-control is unsupported, input flow-control is unsupported
ARP type: ARPA, ARP Timeout 04:00:00
  No. of active members in this channel: 2
    Member 0 : GigabitEthernet0/0 , Full-duplex, 1000Mb/s
    Member 1 : GigabitEthernet1/0 , Full-duplex, 1000Mb/s
  No. of Non-active members in this channel: 0
  No. of PF_JUMBO supported members in this channel : 0
Last input 00:02:59, output never, output hang never
Last clearing of "show interface" counters never
Input queue: 0/150/0/0 (size/max/drops/flushes); Total output drops: 0
Queueing strategy: fifo
Output queue: 0/80 (size/max)
5 minute input rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
5 minute output rate 0 bits/sec, 0 packets/sec

```

R-2#

Рис. 4. Результати виконання команди `show interface port-channel 1` на маршрутизаторі R-2

R-1#ping 197.1.1.2

```

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 197.1.1.2, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 8/28/60 ms
R-1#

```

Рис. 5. Результати виконання команди `ping` на маршрутизаторі R-1

**Модельний приклад налагодження
функціонування агрегованого каналу Gigabit Ethernet
між комутатором і маршрутизатором Cisco**

Розглянемо специфіку налагодження параметрів агрегованого каналу зв'язку технології Gigabit Ethernet між комутатором і маршрутизатором Cisco для з'єднання, схема якої наведена на рис. 6.

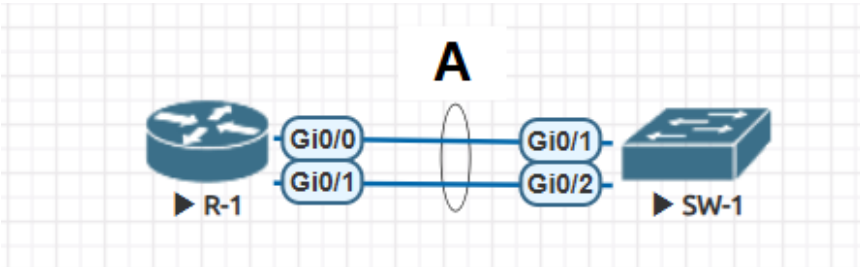


Рис. 6. Приклад мережі

Під час побудови каналу зв'язку для з'єднання пристроїв використано дані табл. 4. Для налагодження параметрів адресації інтерфейсів пристроїв використано дані табл. 5.

Таблиця 4

Параметри інтерфейсів пристроїв для прикладу

Пристрій	Канал/ Метод агрегування	Інтерфейси	Підключення до пристрою	Підключення до інтерфейсів
Маршрутизатор R-1	Агрегований канал A/ статичне агрегування	Gi0/0	Комутатор SW-1	Gi0/1
		Gi0/1		Gi0/2
Комутатор SW-1	Агрегований канал A/ статичне агрегування	Gi0/1	Маршрутизатор R-1	Gi0/0
		Gi0/2		Gi0/1

Таблиця 5

Параметри адресації мережі

Підмережа/ Пристрій	Інтерфейс/Мережний адаптер/Шлюз	IP-адреса	Маска підмережі	Префікс
Мережа	–	195.10.1.0	255.255.255.0	/24
Маршрутизатор R-1	Інтерфейс Port-Channel 1	195.10.1.254	255.255.255.0	
Комутатор SW-1	Інтерфейс vlan 1	195.10.1.252	255.255.255.0	/24
	Шлюз за замовчуванням	195.10.1.254	–	–

Сценарії налагодження параметрів агрегованого каналу технології Gigabit Ethernet та параметрів адресації для маршрутизатора R-1 та коммутатора SW-1 наведені нижче.

```
...
Router>enable
Router#configure terminal
Router(config)#hostname R-1
R-1(config)#interface port-channel 1
R-1(config-if)#description AGGREGATED-LINK-TO-SW-1
R-1(config-if)#ip address 195.10.1.254 255.255.255.0
R-1(config-if)#exit
R-1(config)#interface range GigabitEthernet 0/0, GigabitEthernet 0/1
R-1(config-if-range)#description LINK-TO-SW-1
R-1(config-if-range)#channel-group 1
R-1(config-if-range)#no shutdown
R-1(config-if-range)#exit
R-1(config-if)#
```

...

...

```
Switch>enable
Switch #configure terminal
Switch (config)#hostname SW-1
SW-1(config)#interface Port-Channel 1
SW-1(config-if)#description AGGREGATED-LINK-TO-R-1
SW-1(config-if)#exit
SW-1(config)#interface range GigabitEthernet 0/0-1
SW-1(config-if)#description LINK-TO-R-1
SW-1(config-if)#channel-group 1 mode on
SW-1(config-if)#exit
SW-1(config)#port-channel load-balance src-dst-mac
SW-1(config)#interface vlan 1
SW-1(config-if)#ip address 195.10.1.252 255.255.255.0
SW-1(config-if)#no shutdown
SW-1(config-if)#exit
SW-1(config)#ip default-gateway 195.10.1.254
SW-1(config)#ip name-server 195.10.1.254
SW-1(config)#
```

...

**Результати виконання команд моніторингу
та діагностики роботи агрегованих каналів
для розглянутого модельного прикладу**

Для перегляду інформації про налагодження EtherChannel для розглянутого прикладу використано команду **show interfaces port-channel** для маршрутизатора та команди **show etherchannel, show etherchannel summary, show etherchannel port-channel, show etherchannel load-balance** для комутатора. Результат роботи цих команд для маршрутизатора R-1 та комутатора SW-1 наведено відповідно на рис. 7 – 12.

```
R-1#show interfaces port-channel 1
Port-channell is up, line protocol is up
Hardware is GEChannel, address is ca01.06f2.0008 (bia ca01.06f2.0006)
Description: AGGREGATED-LINK-TO-SW-1
Internet address is 195.10.1.254/24
MTU 1500 bytes, BW 2000000 Kbit/sec, DLY 10 usec,
    reliability 255/255, txload 1/255, rxload 1/255
Encapsulation ARPA, loopback not set
Keepalive set (10 sec)
Unknown duplex, Unknown Speed, media type is unknown media type
output flow-control is unsupported, input flow-control is unsupported
ARP type: ARPA, ARP Timeout 04:00:00
  No. of active members in this channel: 2
    Member 0 : GigabitEthernet0/0 , Full-duplex, 1000Mb/s
    Member 1 : GigabitEthernet0/1 , Full-duplex, 1000Mb/s
  No. of Non-active members in this channel: 0
  No. of PF-JUMBO supported members in this channel : 0
Last input never, output never, output hang never
Last clearing of "show interface" counters never
Input queue: 0/150/0/0 (size/max/drops/flushes); Total output drops: 0
Queueing strategy: fifo
Output queue: 0/80 (size/max)
5 minute input rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
  0 packets input, 0 bytes, 0 no buffer
  Received 0 broadcasts, 0 runts, 0 giants, 0 throttles
  0 input errors, 0 CRC, 0 frame, 0 overrun, 0 ignored
  0 watchdog, 0 multicast, 0 pause input
  0 input packets with dribble condition detected
  0 packets output, 0 bytes, 0 underruns
  0 output errors, 0 collisions, 0 interface resets
  0 unknown protocol drops
  0 babbles, 0 late collision, 0 deferred
  0 lost carrier, 0 no carrier, 0 pause output
  0 output buffer failures, 0 output buffers swapped out
R-1#
```

Рис. 7. Результат роботи команди **show interfaces port-channel 1** для маршрутизатора R-1

```

SW-1#show etherchannel
                Channel-group listing:
                -----
Group: 1
-----
Group state = L2
Ports: 2   Maxports = 8
Port-channels: 1 Max Port-channels = 1
Protocol:   -
Minimum Links: 0

SW-1#

```

Рис. 8. Результат работы команды **show etherchannel** для коммутатора SW-1

```

SW-1#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: 1
Number of aggregators:           1

Group  Port-channel  Protocol    Ports
-----+-----+-----+-----
-
1      Pol(SU)        -           Fa0/1(P)   Fa0/2(P)

SW-1#

```

Рис. 9. Результат работы команды **show etherchannel summary** для коммутатора SW-1

```

SW-1#show etherchannel port-channel
                Channel-group listing:
                -----
Group: 1
-----
                Port-channels in the group:
                -----
Port-channel: Pol
-----
Age of the Port-channel   = 0d:00h:04m:22s
Logical slot/port         = 2/1           Number of ports = 2
GC                        = 0x00000000   HotStandBy port = null
Port state                 = Port-channel Ag-Inuse
Protocol                   = -
Port security              = Disabled

Ports in the Port-channel:

Index  Load  Port    EC state    No of bits
-----+-----+-----+-----+-----
0      00    Fa0/1   On          0
0      00    Fa0/2   On          0

```

Time since last port bundled: 0d:00h:03m:27s Fa0/2

SW-1#

Рис. 10. Результат работы команды **show etherchannel port-channel** для коммутатора SW-1

```
SW-1#show interfaces etherchannel
----
FastEthernet0/1:
Port state      = Up Mstr In-Bndl
Channel group = 1          Mode = On          Gcchange = -
Port-channel   = Po1      GC = -          Pseudo port-channel = Po1
Port index     = 0          Load = 0x00     Protocol = -

Age of the port in the current state: 0d:00h:05m:15s

----
FastEthernet0/2:
Port state      = Up Mstr In-Bndl
Channel group = 1          Mode = On          Gcchange = -
Port-channel   = Po1      GC = -          Pseudo port-channel = Po1
Port index     = 0          Load = 0x00     Protocol = -

Age of the port in the current state: 0d:00h:05m:15s

----
Port-channel1:
Age of the Port-channel = 0d:00h:06m:11s
Logical slot/port      = 2/1          Number of ports = 2
GC                      = 0x00000000 HotStandBy port = null
Port state              = Port-channel Ag-Inuse
Protocol                = -
Port security           = Disabled

Ports in the Port-channel:

Index  Load  Port    EC state    No of bits
-----+-----+-----+-----+-----
  0    00   Fa0/1   On           0
  0    00   Fa0/2   On           0

Time since last port bundled: 0d:00h:05m:15s Fa0/2
```

Рис. 11. Результат работы команды **show interfaces etherchannel** для коммутатора SW-1

```
SW-1#show etherchannel load-balance
EtherChannel Load-Balancing Configuration:
    src-dst-mac

EtherChannel Load-Balancing Addresses Used Per-Protocol:
Non-IP: Source XOR Destination MAC address
  IPv4: Source XOR Destination MAC address
  IPv6: Source XOR Destination MAC address

SW-1#
```

Рис. 12. Результат работы команды **show etherchannel load-balance** для коммутатора SW-1

Завдання на лабораторну роботу

1. У середовищі віртуальної мережевої лабораторія eve.ztu.edu.ua створити проект мережі (рис. 13), або завантажити готовий проект прикріплений під методичними рекомендаціями.

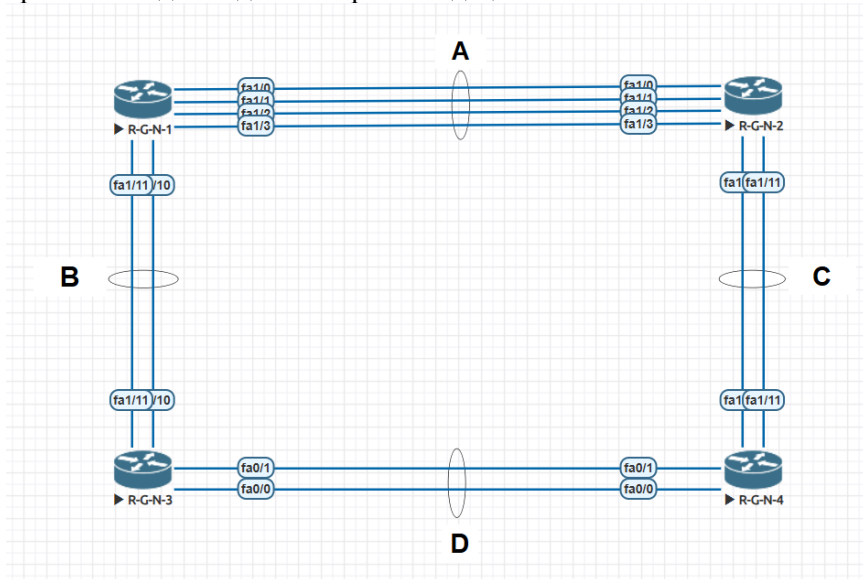


Рис. 13. Проект мережі

2. Розробити схему адресації пристроїв мережі на основі даних, які наведені у табл. 7. Результати навести у вигляді аналогічної таблиці.

3. Провести налагодження статичних агрегованих каналів.

4. Провести налагодження параметрів IP-адресації пристроїв мережі відповідно до даних п. 2. Перевірити наявність зв'язку між пристроями мережі.

5. Дослідити особливості передачі трафіка та отримання службової та діагностичної інформації про налагодження агрегованих каналів за допомогою відповідних команд.

6. Налагодити балансування навантаження на основі статичної маршрутизації та плаваючих статичних маршрутів.

7. Згенерувати трафік між двома маршрутизаторами:

– використовуючи команду **ping** між пристроями для перевірки балансування на основі IP-адрес.

– використовуючи команду **iperf** створить TCP або UDP трафік між пристроями.

8. Налаштувати MPLS Traffic Engineering (TE) на базі EtherChannel каналу за табл. 8, перевірити роль EtherChannel у магистральних MPLS мережах та протестувати балансування трафіку і резервування каналів.

Таблиця 7

Параметри IP-адресації мережі

№ варіанта	IP-адреса мережі А	IP-адреси мереж
1	Мережа А	191.G.N.0 /30
2	Мережа В	192.G.N.0 /30
3	Мережа С	193.G.N.0 /30
4	Мережа D	194.G.N.0 /30

Таблиця 8

Параметри налаштування MPLS TE

№ варіанта	Канал для налаштування MPLS		Інтерфейс для тунелю MPLS TE	Параметри iperf	
				Тривалість тесту, хв	Інтервал виводу статистики, с
Не парні	В		Tunel N	1	1
Парні	С		Tunel N	2	2

* Примітка: N – номер варіанту

Контрольні питання

1. Поняття агрегування каналів. Основні завдання агрегування каналів.
2. Статичне агрегування каналів Ethernet. Переваги та недоліки.
3. Динамічне агрегування каналів Ethernet. Переваги та недоліки.
4. Протоколи динамічного агрегування каналів Ethernet.
5. Порядок налагодження агрегованого каналу на пристроях Cisco.
6. Нумерація агрегованих каналів на пристроях Cisco. Обмеження та особливості використання.
7. Команди налагодження статичного агрегування каналів на комутаторах Cisco.
8. Команди налагодження динамічного агрегування каналів за допомогою протоколу LACP на комутаторах Cisco.
9. Команди налагодження динамічного агрегування каналів за допомогою протоколу PAgP на комутаторах Cisco.
10. Методи балансування навантаження агрегованих каналів на комутаторах Cisco.
11. Команди діагностики налагоджень агрегованого каналу між комутаторами Cisco.
12. Команди діагностики роботи агрегованого каналу між комутаторами Cisco.
13. Команди діагностики роботи методу балансування навантаження на пристроях Cisco.
14. Команди діагностики роботи протоколів динамічного агрегування на комутаторах Cisco.
15. Різниця у налагодженні агрегованих каналів 2-го та 3-го рівнів на пристроях Cisco.
16. Методи балансування трафіку в агрегованих каналах Cisco.
17. Різниця балансування трафіку за MAC-адресами та за IP-адресами.
18. Команда налаштування методу балансування трафіку в EtherChannel.
19. Роль EtherChannel у магістральних MPLS-мережах.
20. Команди налаштування MPLS TE тунелів.