Лабораторна робота № 17
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 помилок 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 – ввімкнути підтримку протоколу PAgP, тільки якщо прийде повідомлення PagP;

desirable – ввімкнути 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 функціонування агрегованих каналів Ethernet між комутаторами з використанням статичного і динамічного агрегування

Розглянемо специфіку налагодження агрегованих каналів для мережі, схема якої наведена на рис. 2.

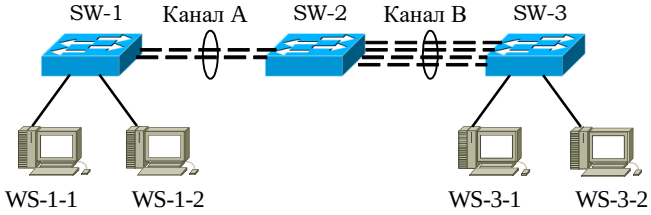


Рис. 2. Схема мережі

Для даної мережі для з'єднання пристроїв та побудови агрегованих каналів використано дані табл. 2. Для налагодження параметрів адресації використано дані табл. 3.

Таблиця 2

Параметри з'єднань пристроїв та каналів для прикладу

Пристрій	Канал/ Метод агрегування	Інтерфейси	Підключення до пристрою	Підключення до інтерфейсів
Комутатор SW-1	Агрегований канал А/ статичне агрегування	Fa0/1	Комутатор SW-2	Fa0/1
		Fa0/2		Fa0/2
	Канал підключення робочої станції	Fa0/3	Робоча станція WS1-1	Fa0
	Канал підключення робочої станції	Fa0/4	Робоча станція WS1-2	Fa0
Комутатор SW-2	Агрегований канал А/ статичне агрегування	Fa0/1	Комутатор SW-1	Fa0/1
		Fa0/2		Fa0/2
	Агрегований канал В/ динамічне агрегування з використанням протоколу LACP	Fa0/3	Комутатор SW-3	Fa0/1
		Fa0/4		Fa0/2
		Fa0/5		Fa0/3
		Fa0/6		Fa0/4
Комутатор SW-3	Агрегований канал В/ динамічне агрегування з використанням протоколу LACP	Fa0/1	Комутатор SW-2	Fa0/3
		Fa0/2		Fa0/4
		Fa0/3		Fa0/5
		Fa0/4		Fa0/6
	Канал підключення робочої станції	Fa0/5	Робоча станція WS3-1	Fa0
	Канал підключення робочої станції	Fa0/6	Робоча станція WS3-2	Fa0

Таблиця 3

Параметри IP-адресації мережі

Мережа / Пристрій	Інтерфейс/Мережний адаптер/Шлюз	IP-адреса	Маска	Префікс
Мережа	–	195.10.1.0	255.255.255.0	/24
Комутатор SW-1	Інтерфейс vlan 1	195.10.1.1	255.255.255.0	/24
	Шлюз за замовчуванням	195.10.1.254	–	–
Комутатор SW-2	Інтерфейс vlan 1	195.10.1.2	255.255.255.0	/24
	Шлюз за замовчуванням	195.10.1.254	–	–
Комутатор SW-3	Інтерфейс vlan 1	195.10.1.3	255.255.255.0	/24
	Шлюз за замовчуванням	195.10.1.254	–	–
Робоча станція WS1-1	Мережний адаптер	195.10.1.11	255.255.255.0	/24
	Шлюз за замовчуванням	195.10.1.254	–	–
Робоча станція WS1-2	Мережний адаптер	195.10.1.12	255.255.255.0	/24
	Шлюз за замовчуванням	195.10.1.254	–	–
Робоча станція WS3-1	Мережний адаптер	195.10.1.31	255.255.255.0	/24
	Шлюз за замовчуванням	195.10.1.254	–	–
Робоча станція WS3-2	Мережний адаптер	195.10.1.32	255.255.255.0	/24
	Шлюз за замовчуванням	195.10.1.254	–	–

Сценарії налагодження параметрів адресації та агрегованих каналів для комутаторів мережі наведені нижче.

…
SW-1>enable
SW-1#config terminal
SW-1(config)#interface vlan 1
SW-1(config-if)#ip address 195.10.1.1 255.255.255.0
SW-1(config-if)#no shutdown
SW-1(config-if)#exit
SW-1(config)#ip default-gateway 195.10.1.254
…
…
SW-2>enable
SW-2#config terminal
SW-2(config)# interface vlan 1
SW-2(config-if)#ip address 195.10.1.2 255.255.255.0
SW-2(config-if)#no shutdown
SW-2(config-if)#exit
SW-2(config)#ip default-gateway 195.10.1.254
…

…
SW-3>enable
SW-3#config terminal
SW-3(config)# interface vlan 1
SW-3(config-if)#ip address 195.10.1.3 255.255.255.0
SW-3(config-if)#no shutdown
SW-3(config-if)#exit
SW-3(config)#ip default-gateway 195.10.1.254
…

Сценарії налагодження статичного агрегування на комутаторах SW-1 та SW-2 наведені нижче.

…
SW-1(config)#interface range FastEthernet 0/1-2
SW-1(config-if-range)#shutdown
SW-1(config-if-range)#channel-group 1 mode on
SW-1(config-if-range)#
…
…
SW-2(config)#interface range FastEthernet 0/1-2
SW-2(config-if-range)#shutdown
SW-2(config-if-range)#channel-group 1 mode on
SW-2(config-if-range)#no shutdown
…
…
SW-1(config-if-range)#no shutdown
SW-1(config-if-range)#exit
SW-1(config)#port-channel load-balance src-dst-mac
…

Сценарії налагодження динамічного агрегування з використанням протоколу LACP на комутаторах SW-2 та SW-3 наведені нижче.

…
SW-2(config)#interface range FastEthernet 0/3-6
SW-2(config-if-range)#shutdown
SW-2(config-if-range)#channel-group 2 mode active
SW-2(config-if-range)#
…

…
SW-3(config)#interface range FastEthernet 0/1-4
SW-3(config-if-range)#shutdown
SW-3(config-if-range)#channel-group 2 mode passive
SW-3(config-if-range)#no shutdown
SW-3(config-if-range)#exit
SW-3(config)#port-channel load-balance src-dst-mac
…
…
SW-2(config-if-range)#no shutdown
SW-2(config-if-range)#exit
SW-2(config)#port-channel load-balance src-dst-mac
…

Результати виконання команд моніторингу та діагностикироботи агрегованних каналів для розглянутого модельного прикладу

Для перегляду інформації про налагодження EtherChannel для розглянутого прикладу використано команди **show etherchannel**, **show etherchannel summary**, **show etherchannel port-channel**, **show etherchannel load-balance**, **show lacp counters**, **show lacp internal**, **show lacp neighbor**, **show lacp sys-id**. Результати роботи цих команд для комутатора SW-2 наведено відповідно на рис. 3 – 10.

```
SW-2#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

Group: 2
----------
Group state = L2
Ports: 4   Maxports = 16
Port-channels: 1 Max Port-channels = 16
Protocol:   LACP
Minimum Links: 0

SW-2#
```

Рис. 3. Результат роботи команди **show etherchannel** для комутатора SW-2

```
SW-2#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
------+-------------+-----------+-----------------------------------------------
1      Po1(SU)          -        Fa0/1(P)    Fa0/2(P)
2      Po2(SU)          LACP     Fa0/3(P)    Fa0/4(P)    Fa0/5(P)    Fa0/6(P)

SW-2#
```

Рис. 4. Результат роботи команди **show etherchannel summary** для комутатора SW-2

```
SW-2#show etherchannel port-channel

                Channel-group listing:
                ----------------------
Group: 1
----------
                Port-channels in the group:
                ---------------------------
Port-channel: Po1
------------
Age of the Port-channel   = 0d:00h:12m:30s
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:12m:28s    Fa0/1

Group: 2
----------
                Port-channels in the group:
                ---------------------------
Port-channel: Po2    (Primary Aggregator)
------------
Age of the Port-channel   = 0d:00h:12m:31s
Logical slot/port   = 2/2          Number of ports = 4
HotStandBy port = null
Port state          = Port-channel Ag-Inuse
Protocol            =   LACP
Port security       = Disabled

Ports in the Port-channel:

Index   Load   Port     EC state        No of bits
------+------+------+------------------+-----------
  0     00     Fa0/3    Active             0
  0     00     Fa0/4    Active             0
  0     00     Fa0/5    Active             0
  0     00     Fa0/6    Active             0
Time since last port bundled:    0d:00h:08m:00s    Fa0/6

SW-2#
```

Рис. 5. Результат роботи команди show etherchannel port-channel для комутатора SW-2

```
SW-2#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-2#
```

Рис. 6. Результат роботи команди **show etherchannel load-balance** для комутатора SW-2

```
SW-2#show lacp counters
              LACPDUs          Marker      Marker Response    LACPDUs
Port        Sent    Recv      Sent    Recv     Sent    Recv      Pkts Err
--------------------------------------------------------------------------
Channel group: 2
Fa0/3         53      52         0       0        0       0          0
Fa0/4         53      52         0       0        0       0          0
Fa0/5         54      51         0       0        0       0          0
Fa0/6         54      51         0       0        0       0          0

SW-2#
```

Рис. 7. Результат роботи команди **show lacp counters** для комутатора SW-2

```
SW-2#show lacp internal
Flags:  S - Device is requesting Slow LACPDUs
        F - Device is requesting Fast LACPDUs
        A - Device is in Active mode       P - Device is in Passive mode

Channel group 2
                              LACP port     Admin     Oper    Port        Port
Port      Flags   State       Priority      Key       Key     Number      State
Fa0/3     SA      bndl        32768         0x2       0x2     0x3         0x3D
Fa0/4     SA      bndl        32768         0x2       0x2     0x4         0x3D
Fa0/5     SA      bndl        32768         0x2       0x2     0x5         0x3D
Fa0/6     SA      bndl        32768         0x2       0x2     0x6         0x3D

SW-2#
```

Рис. 8. Результат роботи команди **show lacp internal** для комутатора SW-2

```
SW-2#show lacp neighbor
Flags:  S - Device is requesting Slow LACPDUs
        F - Device is requesting Fast LACPDUs
        A - Device is in Active mode       P - Device is in Passive mode

Channel group 2 neighbors

Partner's information:

                  LACP port                        Admin  Oper   Port    Port
Port      Flags   Priority  Dev ID          Age    key    Key    Number  State
Fa0/3     SP      32768     f4ac.c155.c400  11s    0x0    0x2    0x1     0x3C
Fa0/4     SP      32768     f4ac.c155.c400   4s    0x0    0x2    0x2     0x3C
Fa0/5     SP      32768     f4ac.c155.c400   1s    0x0    0x2    0x3     0x3C
Fa0/6     SP      32768     f4ac.c155.c400   0s    0x0    0x2    0x4     0x3C

SW-2#
```

Рис. 9. Результат роботи команди **show lacp neighbor** для комутатора SW-2

```
SW-2#show lacp sys-id
32768, ec30.916c.2080

SW-2#
```

Рис. 10. Результат роботи команди **show lacp sys-id** для комутатора SW-2

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. 11.



Рис. 11. 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)#ip domain-name MY.NET
SW-1(config)#no ip domain-lookup
SW-1(config)#
…

Результати виконання команд моніторингу та діагностикироботи агрегованних 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 для маршрутизатора R-1 та комутатора SW-1 наведено відповідно на рис. 13 – 17.

```
R-1#show interfaces port-channel 1
Port-channel1 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
  5 minute output 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. 13. 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. 14. Результат роботи команди **show etherchannel** для комутатора 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      Po1(SU)          -        Fa0/1(P)    Fa0/2(P)

SW-1#
```

Рис. 15. Результат роботи команди **show etherchannel summary** для комутатора SW-1

```
SW-1#show etherchannel port-channel
                Channel-group listing:
                ----------------------
Group: 1
----------
                Port-channels in the group:
                ---------------------------
Port-channel: Po1
------------
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. 16. Результат роботи команди **show etherchannel port-channel** для комутатора 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. 17. Результат роботи команди **show interfaces etherchannel** для комутатора 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. 18. Результат роботи команди **show etherchannel load-balance** для комутатора SW-1

Завдання на лабораторну роботу

1. У середовищі програмного симулятора/емулятора створити проект мережі (рис. 19). При побудові звернути увагу на вибір моделей комутаторів, маршрутизатора, мережних модулів та адаптерів, а також мережних з'єднань. Для цього використовувати дані табл. 6. Для побудованої мережі заповнити описову таблицю, яка аналогічна табл. 2 (Необов'язково).

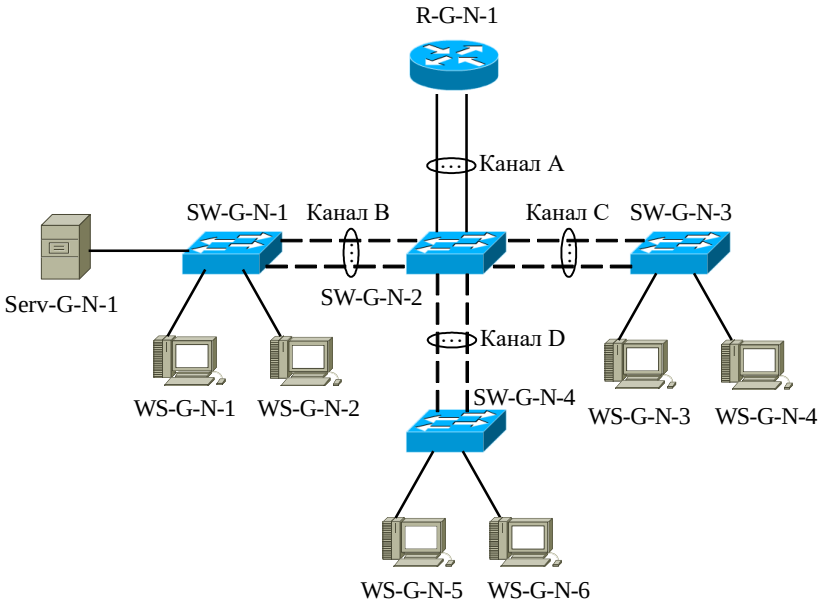


Рис. 19. Проект мережі

2. Розробити схему адресації пристроїв мережі на основі даних, які наведені у табл. 9. Результати навести у вигляді аналогічної таблиці.

3. Провести налагодження агрегованих каналів на основі даних, які наведені у табл. 7.

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.

Таблиця 6

Вихідні дані для формування агрегованих каналів

№ варіанта	Канал A		Канал B		Канал C		Канал D	
	Кількість інтерфейсів у каналі	Технологія	Кількість інтерфейсів у каналі	Технологія	Кількість інтерфейсів у каналі	Технологія	Кількість інтерфейсів у каналі	Технологія
1.	4	100Base-TX	2	10Base-T	2	100Base-FX	2	1000Base-FX
2.	2	1000Base-T	4	100Base-TX	2	1000Base-T	2	10Base-T
3.	2	1000Base-FX	2	1000Base-T	4	100Base-TX	2	100Base-TX
4.	2	100Base-TX	2	1000Base-FX	2	1000Base-T	4	100Base-FX
5.	4	100Base-FX	2	100Base-TX	2	1000Base-T	2	1000Base-T
6.	2	1000Base-FX	4	1000Base-FX	2	100Base-FX	2	100-BaseTX
7.	2	100Base-TX	2	10Base-T	4	10Base-T	2	100Base-FX
8.	2	100Base-TX	2	10Base-T	2	1000Base-FX	4	100Base-TX
9.	4	1000Base-T	2	100Base-TX	2	1000Base-T	2	10Base-T
10.	2	100Base-TX	4	100Base-TX	2	10Base-T	2	1000Base-T
11.	2	1000Base-FX	2	10Base-T	4	1000Base-T	2	1000Base-T
12.	2	1000Base-T	2	100Base-FX	2	10Base-T	4	1000Base-FX
13.	4	100Base-TX	2	10Base-T	2	1000Base-FX	2	100Base-FX
14.	2	1000Base-FX	4	1000Base-T	2	1000Base-T	2	1000Base-T
15.	2	100Base-TX	2	100Base-FX	4	100Base-TX	2	10Base-T
16.	2	1000Base-FX	2	100Base-TX	2	100Base-FX	4	100Base-TX
17.	4	100Base-TX	2	100Base-TX	2	10Base-T	2	10Base-T
18.	2	100Base-TX	4	10Base-T	2	100Base-TX	2	100Base-FX
19.	2	1000Base-T	2	1000Base-T	4	100Base-FX	2	1000Base-FX
20.	2	100Base-TX	2	10Base-T	2	1000Base-T	4	1000Base-T
21.	4	1000Base-T	2	1000Base-FX	2	100Base-FX	2	1000Base-T
22.	2	100Base-TX	4	1000Base-T	2	1000Base-T	2	100Base-TX
23.	2	100Base-TX	2	10Base-T	4	100Base-TX	2	100Base-FX
24.	2	1000Base-FX	2	100Base-TX	2	10Base-T	4	10Base-T
25.	4	100Base-TX	2	100Base-TX	2	100Base-FX	2	1000Base-T
26.	2	1000Base-FX	4	1000Base-FX	2	100Base-TX	2	10Base-T
27.	2	100-BaseTX	2	1000Base-T	4	100Base-FX	2	1000Base-FX
28.	2	1000Base-T	2	10Base-T	2	1000Base-FX	4	1000Base-T
29.	4	1000Base-FX	2	100Base-FX	2	10Base-T	2	100Base-TX
30.	2	1000Base-T	4	1000Base-T	2	100Base-FX	2	1000Base-FX

Таблиця 7

Дані для налагодження методів та протоколів агрегування каналів

№ варіанта	Канал A		Канал B		Канал C		Канал D	
	Метод / Протокол агрегування (Режим)	№ групи	Метод / Протокол агрегування (Режим)	№ групи	Метод / Протокол агрегування (Режим)	№ групи	Метод / Протокол агрегування (Режим)	№ групи
1.	Static	1	Static	2	LACP (A-A)	3	PAgP (D-D)	4
2.	Static	2	Static	1	LACP (A-A)	3	PAgP (A-D)	4
3.	Static	2	Static	3	LACP (A-A)	1	PAgP (D-A)	4
4.	Static	2	Static	3	LACP (A-P)	4	PAgP (D-D)	1
5.	Static	1	Static	3	LACP (A-P)	2	PAgP (A-D)	4
6.	Static	1	Static	3	LACP (A-P)	4	PAgP (D-A)	2
7.	Static	3	Static	1	LACP (P-A)	2	PAgP (D-D)	4
8.	Static	1	Static	2	LACP (P-A)	4	PAgP (A-D)	3
9.	Static	4	Static	1	LACP (P-A)	2	PAgP (D-A)	3
10.	Static	1	LACP (A-A)	4	Static	2	PAgP (D-D)	3
11.	Static	2	LACP (A-A)	3	Static	4	PAgP (A-D)	5
12.	Static	3	LACP (A-A)	2	Static	4	PAgP (D-A)	5
13.	Static	3	LACP (A-P)	4	Static	2	PAgP (D-D)	5
14.	Static	3	LACP (A-P)	4	Static	5	PAgP (A-D)	2
15.	Static	2	LACP (A-P)	4	Static	3	PAgP (D-A)	5
16.	Static	2	LACP (P-A)	4	Static	5	PAgP (D-D)	3
17.	Static	4	LACP (P-A)	2	Static	3	PAgP (A-D)	5
18.	Static	2	LACP (P-A)	3	Static	5	PAgP (D-A)	4
19.	Static	6	PAgP (D-D)	2	LACP (A-A)	3	Static	4
20.	Static	2	PAgP (D-D)	5	LACP (A-P)	3	Static	4
21.	Static	3	PAgP (D-D)	4	LACP (P-A)	5	Static	6
22.	Static	4	PAgP (A-D)	2	LACP (A-A)	5	Static	6
23.	Static	4	PAgP (A-D)	5	LACP (A-P)	3	Static	6
24.	Static	4	PAgP (A-D)	5	LACP (P-A)	6	Static	3
25.	Static	3	Static	5	LACP (A-A)	4	PAgP (A-D)	6
26.	Static	3	Static	5	LACP (A-P)	6	PAgP (A-D)	4
27.	Static	5	Static	3	LACP (P-A)	4	PAgP (A-D)	6
28.	Static	3	Static	4	PAgP (A-D)	6	LACP (A-A)	5
29.	Static	6	Static	3	PAgP (A-D)	4	LACP (A-P)	5
30.	Static	3	Static	6	PAgP (A-D)	4	LACP (P-A)	5

Примітка: Static – статичне агрегування. Позначення для режимів протоколу LACP: A-P – Active-Passive; P-A – Passive-Active; Active-Active. Позначення для режимів протоколу PAgP: A-D – Auto-Desirable; D-A – Desirable-Auto; D-D – Desirable-Desirable.

6. Налагодити балансування навантаження на основі даних, які наведені у табл. 8.

7. Визначити шляхом розрахунку, по яких фізичних каналах буде здійснюватися передача трафіку від одного з вузлів WS-G-N-3 чи WS-G-N-4, що підключені до комутатора SW-G-N-3 до:

– сервера мережі Serv-G-N-1;

– маршрутизатора R-G-N-1;

– одного з вузлів WS-G-N-5 чи WS-G-N-6, що підключені до комутатора SW-G-N-4.

Таблиця 8

Дані для налагодження методів балансування навантаження

№ варіанта	Комутатор SW-G-N-1	Комутатор SW-G-N-2	Комутатор SW-G-N-3	Комутатор SW-G-N-4
1.	dst-mac	dst-mac	dst-mac	dst-mac
2.	dst-mac	dst-mac	dst-mac	src-mac
3.	dst-mac	dst-mac	src-mac	dst-mac
4.	dst-mac	dst-mac	src-mac	src-mac
5.	dst-mac	src-mac	dst-mac	dst-mac
6.	dst-mac	src-mac	dst-mac	src-mac
7.	dst-mac	src-mac	src-mac	dst-mac
8.	dst-mac	src-mac	src-mac	src-mac
9.	src-mac	dst-mac	dst-mac	dst-mac
10.	src-mac	dst-mac	dst-mac	src-mac
11.	src-mac	dst-mac	src-mac	dst-mac
12.	src-mac	dst-mac	src-mac	src-mac
13.	src-mac	src-mac	dst-mac	dst-mac
14.	src-mac	src-mac	dst-mac	src-mac
15.	src-mac	src-mac	src-mac	dst-mac
16.	src-mac	src-mac	src-mac	src-mac
17.	dst-ip	dst-ip	dst-ip	dst-ip
18.	dst-ip	dst-ip	dst-ip	src-ip
19.	dst-ip	dst-ip	src-ip	dst-ip
20.	dst-ip	dst-ip	src-ip	src-ip
21.	dst-ip	src-ip	dst-ip	dst-ip
22.	dst-ip	src-ip	dst-ip	src-ip
23.	dst-ip	src-ip	src-ip	dst-ip
24.	dst-ip	src-ip	src-ip	src-ip
25.	src-ip	dst-ip	dst-ip	dst-ip
26.	src-ip	dst-ip	dst-ip	src-ip
27.	src-ip	dst-ip	src-ip	dst-ip
28.	src-ip	dst-ip	src-ip	src-ip
29.	src-ip	src-ip	dst-ip	dst-ip
30.	src-ip	src-ip	dst-ip	src-ip

Таблиця 9

Параметри IP-адресації мережі

№ варіанта	IP-адреса мережі A	Префікс	IP-адреса шлюзу за замовчуванням/ IP-адреса DNS-сервера
1	191.G.N.0	/24	Перша IP-адреса діапазону
2	192.G.N.0	/25	Остання IP-адреса діапазону
3	193.G.N.0	/26	Перша IP-адреса діапазону
4	194.G.N.0	/27	Остання IP-адреса діапазону
5	195.G.N.0	/28	Перша IP-адреса діапазону
6	196.G.N.0	/24	Остання IP-адреса діапазону
7	197.G.N.0	/25	Перша IP-адреса діапазону
8	198.G.N.0	/26	Остання IP-адреса діапазону
9	199.G.N.0	/27	Перша IP-адреса діапазону
10	200.G.N.0	/28	Остання IP-адреса діапазону
11	201.G.N.0	/24	Перша IP-адреса діапазону
12	202.G.N.0	/25	Остання IP-адреса діапазону
13	203.G.N.0	/26	Перша IP-адреса діапазону
14	204.G.N.0	/27	Остання IP-адреса діапазону
15	205.G.N.0	/28	Перша IP-адреса діапазону
16	206.G.N.0	/24	Остання IP-адреса діапазону
17	207.G.N.0	/25	Перша IP-адреса діапазону
18	208.G.N.0	/26	Остання IP-адреса діапазону
19	209.G.N.0	/27	Перша IP-адреса діапазону
20	210.G.N.0	/28	Остання IP-адреса діапазону
21	211.G.N.0	/24	Перша IP-адреса діапазону
22	212.G.N.0	/25	Остання IP-адреса діапазону
23	213.G.N.0	/26	Перша IP-адреса діапазону
24	214.G.N.0	/27	Остання IP-адреса діапазону
25	215.G.N.0	/28	Перша IP-адреса діапазону
26	216.G.N.0	/24	Остання IP-адреса діапазону
27	217.G.N.0	/25	Перша IP-адреса діапазону
28	218.G.N.0	/26	Остання IP-адреса діапазону
29	219.G.N.0	/27	Перша IP-адреса діапазону
30	220.G.N.0	/28	Остання IP-адреса діапазону

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 комутутаторах Cisco.
15. Різниця у налагодженні агрегованих каналів 2-го та 3-го рівнів на пристроях Cisco.