

Лабораторна робота № 18

НАЛАГОДЖЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АГРЕГУ- ВАННЯ 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. Налаштувати 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	Режим PAgP	auto	desirable
passive	–	+	auto	–	+
active	+	+	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.

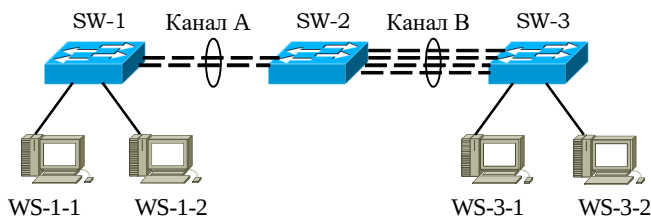


Рис. 2. Схема мережі

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 діагностики роботи агрегованих 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
```

Port	LACPDUs		Marker		Marker Response		LACPDUs	
	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 работы команды **show lacp counters** для коммутатора 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
```

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

```
SW-2#
```

Рис. 8. Результат работы команды **show lacp internal** для коммутатора 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:
```

Port	Flags	LACP port		Age	Admin key	Oper Key	Port Number	Port State
		Priority	Dev ID					
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 работы команды **show lacp neighbor** для коммутатора SW-2

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

```
SW-2#
```

Рис. 10. Результат работы команды **show lacp sys-id** для коммутатора 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.

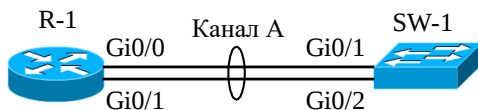


Рис. 11. Приклад мережі

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 А/ статичне агрегуван- ня	Gi0/0	Комутатор SW-1	Gi0/1
		Gi0/1		Gi0/2
Комутатор SW-1	Агрегований канал А/ статичне агрегуван- ня	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
Маршрутиза- тор 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	—	—

Сценарій 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 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. 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      Pol (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: 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. 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 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. 18. Результат работы команды **show etherchannel load-balance** для коммутатора 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).

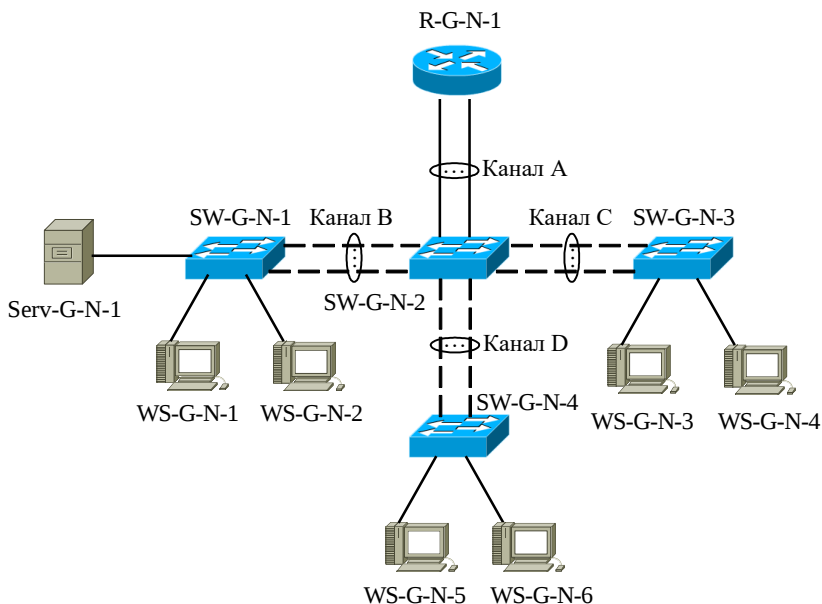


Рис. 19. Проект мережі

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 А		Канал В		Канал С		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	100Base-TX
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	100Base-TX	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 А		Канал В		Канал С		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. Налаштувати 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

№ варіа нта	IP-адреса мережі А	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 комутаторах Cisco.
15. Різниця у налагодженні агрегованих каналів 2-го та 3-го рівнів на пристроях Cisco.