

**ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ
ТА ТЕХНОЛОГІЙ**

Кафедра транспортного зв'язку

**АГРЕГУВАННЯ ТРАКТІВ ПЕРЕДАЧІ
В МЕРЕЖАХ ETHERNET**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до лабораторних, практичних занять
і самостійної роботи з дисциплін**

***«ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ МЕРЕЖІ»,
«ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ МЕРЕЖІ
НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ»,
«МЕРЕЖЕВІ ТЕХНОЛОГІЇ»,
«ІНТЕГРАЛЬНІ ЦИФРОВІ МЕРЕЖІ ЗВ'ЯЗКУ»***

Харків – 2018

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до

друку на засіданні кафедри транспортного зв'язку 15 травня 2017 р., протокол № 12.

Навчальний матеріал даних методичних вказівок входить до відповідних розділів навчальних дисциплін «Телекомунікаційні та інформаційні мережі», «Телекомунікаційні та інформаційні мережі на залізничному транспорті», «Мережеві технології», «Інтегральні цифрові мережі зв'язку», що викладаються на кафедрі транспортного зв'язку Українського державного університету залізничного транспорту.

Методичні вказівки також можуть бути використані під час самостійної підготовки, при виконанні курсового та дипломного проектування, а також при викладанні певних розділів інших дисциплін відповідно до навчальних програм.

Методичні вказівки розроблені для студентів, які навчаються за очною (денною, вечірньою), заочною (дистанційною) і поєднаними формами навчання.

Укладачі:

проф. С. І. Приходько,
доценти О. С. Жученко,
М. А. Штомпель,
О. В. Сєверінов

Рецензент

доц. В. І. Мойсеєнко

АГРЕГУВАННЯ ТРАКТІВ ПЕРЕДАЧІ В МЕРЕЖАХ ETHERNET

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до лабораторних, практичних занять
і самостійної роботи з дисциплін

*«ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ МЕРЕЖІ»,
«ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ МЕРЕЖІ
НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ»,
«МЕРЕЖЕВІ ТЕХНОЛОГІЇ»,
«ІНТЕГРАЛЬНІ ЦИФРОВІ МЕРЕЖІ ЗВ'ЯЗКУ»*

Відповідальний за випуск Штомпель М. А.

Редактор Третьякова К. А.

Підписано до друку 01.06.17 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 1,75. Тираж 50. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту,

61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Принципи агрегування трактів передачі в мережах Ethernet.....	4
1.1 Статичне агрегування трактів передачі.....	5
1.2 Динамічне агрегування трактів передачі на основі протоколу LACP.....	6
1.3 Балансування навантаження в агрегованому тракті передачі.....	7
2 Створення імітаційних моделей сегментів мережі Ethernet з агрегуванням трактів передачі у програмному середовищі Cisco Packet Tracer.....	11
2.1 Створення імітаційної моделі сегмента мережі Ethernet зі статичним агрегуванням трактів передачі.....	11
2.2 Створення імітаційної моделі сегмента мережі Ethernet із динамічним агрегуванням трактів передачі на основі протоколу LACP для інтерфейсів другого рівня.....	19
2.3 Створення імітаційної моделі сегмента мережі Ethernet із динамічним агрегуванням трактів передачі на основі протоколу LACP для інтерфейсів третього рівня.....	20
3 Дослідження роботи сегмента мережі Ethernet з агрегуванням трактів передачі для інтерфейсів другого рівня у програмному середовищі Cisco Packet Tracer.....	24
3.1 Підготовка до запуску імітаційної моделі в режимі візуального моделювання взаємодії мережевих компонентів.....	24
3.2 Запуск імітаційної моделі в режимі візуального моделювання взаємодії мережевих компонентів та аналіз результатів моделювання.....	26
4 Варіанти завдань для побудови імітаційної моделі сегмента мережі Ethernet з агрегуванням трактів передачі у програмному середовищі Cisco Packet Tracer.....	33
Список літератури.....	34
Додаток А. Основні режими конфігурування пристроїв з операційною системою Cisco IOS.....	35
Додаток Б. Контекстна довідка у командному рядку операційної системи Cisco IOS.....	36

ВСТУП

Агрегування трактів передачі (каналів зв'язку, ліній зв'язку) між комутаційними пристроями є ще однією формою використання надлишкових (альтернативних) зв'язків у мережах з комутацією пакетів поряд із протоколом покривного дерева STP (Spanning Tree Protocol).

Процедура агрегування забезпечує об'єднання на каналному рівні кількох фізичних трактів передачі між комутаційними пристроями в один логічний тракт, що дозволяє використати для передачі інформації одночасно всі фізичні тракти, а не переводити надлишкові тракти в гарячий резерв, як це виконує протокол STP.

Основна перевага агрегування трактів полягає у тому, що одночасно з підвищенням надійності збільшується і пропускна спроможність тракту між комутаційними пристроями, яка може бути близькою до сумарної пропускної спроможності складових його фізичних трактів.

1 ПРИНЦИПИ АГРЕГУВАННЯ ТРАКТІВ ПЕРЕДАЧІ В МЕРЕЖАХ ETHERNET

Агрегування трактів (Link Aggregation) – це об'єднання на каналному рівні групи трактів передачі в один логічний тракт, що дозволяє збільшити пропускну спроможність, а також підвищити надійність агрегованого тракту.

Агрегування трактів передачі здійснюється шляхом об'єднання групи відповідних фізичних портів (на обох сторонах трактів передачі) в один логічний агрегований порт, властивості якого не відрізняються від властивостей фізичного порту комутатора (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Агрегування трактів передачі

Усі тракти передачі в агрегованому тракті перебувають у робочому стані, а потоки кадрів Ethernet розподіляються між трактами з метою досягнення однакового коефіцієнта використання окремих трактів (однакового завантаження трактів, балансування навантаження). При відмові одного із трактів, що входять до такого логічного тракту, потоки кадрів розподіляються між трактами, що залишилися. Відзначимо, що ширококомвні кадри в агрегованому тракті передаються тільки по одному тракту із групи.

Агрегування може бути використане між різним обладнанням у мережі, наприклад, між двома комутаторами, комутатором і маршрутизатором, комутатором і кінцевим вузлом мережі (сервером, комп'ютером).

Для агрегування каналів в обладнанні компанії Cisco може бути використано один із трьох варіантів:

- статичне агрегування без використання протоколів;
- динамічне агрегування на основі протоколу керування агрегацією трактів LACP (Link Aggregation Control Protocol) відповідно до стандарту IEEE 802.3ad;
- динамічне агрегування на основі пропрієтарного (власної розробки Cisco, нестандартного) протоколу агрегування портів Pagg (Port Aggregation Protocol). Тут цей вид агрегування розглядатися не буде.

1.1 Статичне агрегування трактів передачі

При статичному агрегуванні каналів (установлений за замовчуванням) усі настроювання на комутаторах виконуються вручну для кожної групи трактів, що входять до агрегованого тракту. Перевагою статичного агрегування є те, що воно не вносить додаткову затримку при ініціалізації агрегованого тракту або зміні його настроювань. Недоліком статичного агрегування є неможливість узгодження настроювань із віддаленою стороною, що може призвести до утворення петель.

1.2 Динамічне агрегування трактів передачі на основі протоколу LACP

Протокол LACP при динамічному агрегуванні визначає процедуру керування об'єднанням декількох фізичних портів в один логічний порт і надає безпосередньо приєднаним пристроям з підтримкою LACP можливість автоузгодження конфігурації шляхом відправлення керуючих кадрів.

Якщо фізичний тракт, який входить до складу агрегованого тракту, вийде з ладу таким чином, що не зможе сформувати чергове повідомлення протоколу LACP, то цей факт фіксується після закінчення певного часу тайм-ауту. У такий спосіб протокол LACP дає можливість здійснювати постійний контроль над станом портів агрегованого тракту передачі й у випадку зміни цього стану відповідним чином виконувати оперативну зміну конфігурації агрегованого тракту.

Порти, на яких активовано протокол LACP, можуть бути налаштовані для роботи в одному із двох режимів: активному (Active) або пасивному (Passive).

При роботі в активному режимі порти посилають керуючі кадри (запити) протоколу LACP для формування агрегованого тракту (ці порти є ініціаторами взаємодії). При роботі в пасивному режимі порти перебувають у режимі очікування. Вони здійснюють обробку керуючих кадрів (запитів) LACP від активних портів і формують відповіді на них. Агрегований тракт може бути сформований тільки у випадку одержання запитів від активних портів.

Агрегований тракт буде сформований протоколом LACP, якщо на одній стороні трактів порти встановлені в режим Active, а на іншій стороні – у Passive (рекомендована конфігурація) або ж якщо на обох сторонах порти будуть установлені в режим Active (у цьому випадку в процесі узгодження параметрів один з портів, який має менший пріоритет, автоматично перейде в режим Active). Якщо на обох сторонах порти будуть установлені в режим Passive, то агрегований тракт сформовано не буде.

Повідомлення протоколу LACP інкапсулюються у кадри Ethernet. Як MAC-адреси одержувача цих кадрів

використовується групова адреса 80-32-00-00-02. MAC-адресою відправника є індивідуальна MAC-адреса порту комутатора.

Перевагою динамічного агрегування є узгодження настроювань із віддаленою стороною, що дозволяє уникнути помилок і петель у мережі, на відміну від статичного агрегування, при застосуванні якого набагато складніше виявляти помилки через непогодженість настроювань портів.

Недоліком динамічного агрегування є внесення додаткової затримки при ініціалізації агрегованого тракту або зміні його настроювань.

При агрегуванні трактів необхідно, щоб усі вхідні до нього фізичні порти (на двох сторонах) мали однакові параметри, а саме:

- швидкість передачі (не можна, наприклад, створити логічний агрегований порт, куди входили б одночасно порти Fast Ethernet і Gigabit Ethernet);

- працювали в повнодуплексному режимі;

- настроювання VLAN. У випадку портів типу Access – усі порти повинні знаходитись в одній VLAN, у випадку портів типу Trunk – повинен збігатися список дозволених VLAN (команда `switchport trunk allowed vlan`) і ідентифікатори Native VLAN.

1.3 Балансування навантаження в агрегованому тракті передачі

При передачі кадра Ethernet через агрегований тракт виникає завдання вибору тракту для передачі кадра із групи трактів, що утворюють агрегований тракт із метою досягнення однакового коефіцієнта використання цих трактів (балансування навантаження). Це досягається за допомогою застосування необхідного алгоритму балансування навантаження (алгоритму вибору комутатором необхідного порту із групи портів для передачі кадра).

Стандартом IEEE 802.3ad алгоритми балансування навантаження не визначені. Тому алгоритм балансування навантаження при агрегуванні трактів визначає виробник обладнання. Висунута тільки загальна вимога, щоб кадри, які належать до одного потоку, передавалися по одному тракту,

тобто кадри від одного джерела до одного одержувача повинні завжди передаватися по одному тракту, і, крім того, кадри Ethernet не повинні піддаватися сегментації. Із цього випливає, що при наявності тільки одного джерела й одного одержувача агрегування трактів не дозволяє підвищити пропускну спроможність, яка в цьому випадку буде визначатися пропускнуною спроможністю одного тракту передачі, що входить до групи.

Залежно від моделі комутатора можуть підтримуватися алгоритми балансування навантаження:

- за MAC-адресою відправника або MAC-адресою одержувача, або з урахуванням обох MAC-адрес;
- за IP-адресою відправника або IP-адресою одержувача, або з урахуванням обох IP-адрес;
- за номеру порту транспортного рівня (TCP- або UDP-порту) відправника або номером порту транспортного рівня одержувача, або з урахуванням обох номерів портів.

Для балансування навантаження використовуються останні n біт адреси (порту) відправника або одержувача, або ж результат суми за модулем 2 адрес (портів) відправника й одержувача. Причому $n = \log_2 N$, де N – кількість трактів передачі в агрегованому тракту. Приклад балансування навантаження, коли для утворення агрегованого тракту використано 4 тракти передачі, показано на рисунку 1.2 (для балансування навантаження використовуються останні два біти).



Рисунок 1.2 – Приклад балансування навантаження для 4-х трактів передачі

З рисунка 1.2 видно, що, наприклад, кадр, у якого значення останніх двох біт адреси (порту) відправника або одержувача, або ж результат суми за модулем 2 адрес (портів) відправника й одержувача становлять 00, буде переданий через порт із умовним номером 1 у групі портів.

Відзначимо, що при агрегуванні трактів можна використовувати і кількість трактів, яка не дорівнює ступеню числа 2 (3, 5, 6, 7), однак це призводить до деяких відмінностей у завантаженні кожного тракту, що входять до агрегованого тракту, як показано в таблиці 1.1 (приклад для обладнання компанії Cisco).

Таблиця 1.1 – Розподіл завантаження трактів передачі для обладнання Cisco

Кількість трактів	Розподіл завантаження трактів передачі
2	50%:50%
3	37,5%:37,5%:25%
4	25%:25%:25%:25%
5	25%:25%:25%:12,5%:12,5%
6	25%:25%:12,5%:12,5%:12,5%:12,5%
7	25%:12,5%:12,5%:12,5%:12,5%:12,5%:12,5%
8	12,5%:12,5%:12,5%:12,5%:12,5%:12,5%:12,5%:12,5%

Розглянемо можливі алгоритми балансування навантаження у комутаторі другого рівня Cisco 2960 і комутаторі третього рівня Cisco 3560. Ці комутатори дозволяють вибрати такі алгоритми балансування навантаження (їх можна побачити, якщо ввести в режимі глобального конфігурування команду `port-channel load-balance?`, причому дані алгоритми застосовуються одночасно до всіх агрегованих трактів, налаштованих на пристрої):

- `src-mac` – за MAC-адресою відправника (використовується за замовчуванням);
- `dst-mac` – за MAC-адресою одержувача;

- src-dst-mac – за результатом суми за модулем 2 (операції XOR) MAC-адреси відправника і MAC-адреси одержувача;
- src-ip – за IP-адресою відправника;
- dst-ip – за IP-адресою одержувача;
- src-dst-ip – за результатом суми за модулем 2 (операції XOR) IP-адреси відправника і IP-адреси одержувача.

Алгоритми балансування навантаження, що враховують результат суми відповідних адрес за модулем 2 (src-dst-mac, src-dst-ip), застосовують у випадку, коли одна з адрес (адреса відправника або одержувача) є постійною, наприклад, якщо одержувачем (або відправником) виступає маршрутизатор або сервер. У такому випадку незважаючи на те, що одна з адрес є постійною, все одно буде відбуватися розподіл потоків кадрів по трактах передачі, оскільки одна з адрес буде завжди різною.

Також відзначимо, що не є доцільним використовувати для балансування навантаження адресу одержувача, якщо потік кадрів від різних відправників спрямовано до одного одержувача (адреса одержувача у всіх кадрах однакова). І, за аналогією, не є доцільним використовувати для балансування навантаження адресу відправника, якщо потік кадрів до різних одержувачів спрямовано від одного відправника (адреса відправника у всіх кадрах однакова). У цих двох випадках завжди буде вибиратися той самий тракт передачі в агрегованому тракті (балансування навантаження неможливе для обраних критеріїв).

На закінчення приведемо й недоліки технології агрегування трактів:

- невисока точність балансування навантаження, оскільки не враховується реальний коефіцієнт використання трактів (завантаження трактів);
- неправильний вибір алгоритму балансування може призвести до ситуації, коли всі потоки кадрів будуть передаватися тільки через один тракт, а інші тракти із групи використовуватися для передачі кадрів не будуть;
- обмеження кількості агрегованих трактів (не більше 8 трактів).

2 СТВОРЕННЯ ІМІТАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ СЕГМЕНТІВ МЕРЕЖІ ETHERNET З АГРЕГУВАННЯМ ТРАКТІВ ПЕРЕДАЧІ У ПРОГРАМНОМУ СЕРЕДОВИЩІ CISCO PACKET TRACER

2.1 Створення імітаційної моделі сегмента мережі Ethernet зі статичним агрегуванням трактів передачі

Схема мережі Ethernet з агрегуванням трактів передачі та вихідні дані, необхідні для конфігурування обладнання, показано на рисунку 2.1. До складу імені кожного з комп'ютерів на рисунку 2.1 включено останні два біти його MAC-адреси, які будуть використані комутаторами для балансування навантаження. Їх встановлення здійснюється шляхом зміни останньої тетради MAC-адреси комп'ютера в полі MAC Address меню FastEthernet0 вкладки Config діалогового вікна властивостей комп'ютера відповідно до таблиці 2.1 (якщо відповідно до завдання для дослідження треба використовувати алгоритм балансування навантаження, що враховує IP-адресу, то виконується відповідна модифікація IP-адрес, а до складу імені кожного з комп'ютерів включаються останні два біти його IP-адреси).

З рисунка 2.1 видно, що комутатор 1 та 2 з'єднані один з одним агрегованим трактом передачі, до складу якого входять чотири тракти Ethernet з однаковою швидкістю передачі. На комутаторі 1 утворено логічний агрегований порт, який має номер 3 (port-channel 3), а на комутаторі 2 – агрегований порт, який має номер 5 (port-channel 5). Відмітимо, що нумерація логічних портів здійснюється тільки в межах одного комутатора, тому на різних комутаторах номери логічних агрегованих портів можуть бути різними.

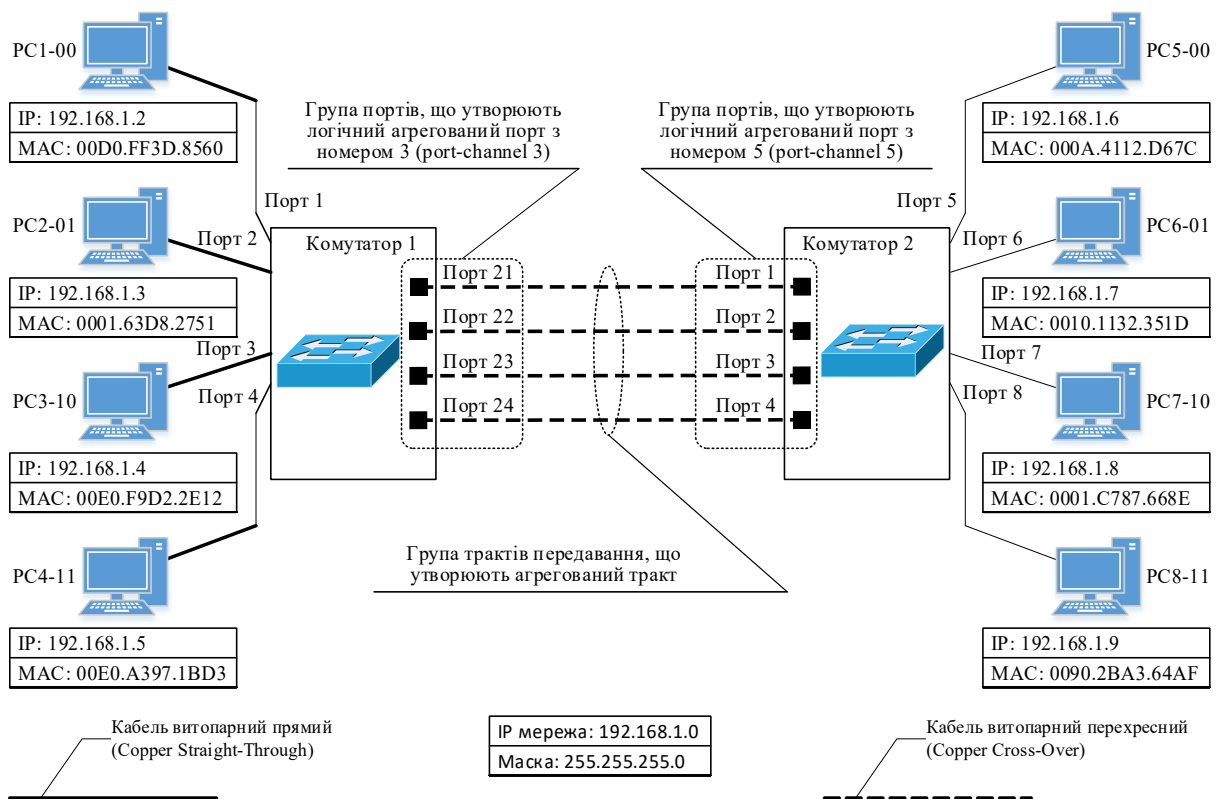


Рисунок 2.1 – Схема мережі Ethernet з агрегуванням трактів передачі

Таблиця 2.1 – Модифікація MAC-адрес комп'ютерів

Ім'я	Початкові 11 тетрад MAC	Остання тетрада	Остання тетрада MAC-адреси в	Повна модифікована
PC1	00D0.FF3D.856	0000	0	00D0.FF3D.8560
PC2	0001.63D8.275	0001	1	0001.63D8.2751
PC3	00E0.F9D2.2E1	0010	2	00E0.F9D2.2E12
PC4	00E0.A397.1BD	0011	3	00E0.A397.1BD3
PC5	000A.4112.D67	1100	C	000A.4112.D67C
PC6	0010.1132.351	1101	D	0010.1132.351D
PC7	0001.C787.668	1110	E	0001.C787.668E
PC8	0090.2BA3.64A	1111	F	0090.2BA3.64AF

Схема імітаційної моделі мережі Ethernet з агрегуванням трактів передачі показана на рисунку 2.2 (у симуляторі в закладці Option → Preferences ... додатково ввімкнена опція постійного

відображення номерів портів та вимкнено відображення типів моделей обладнання).

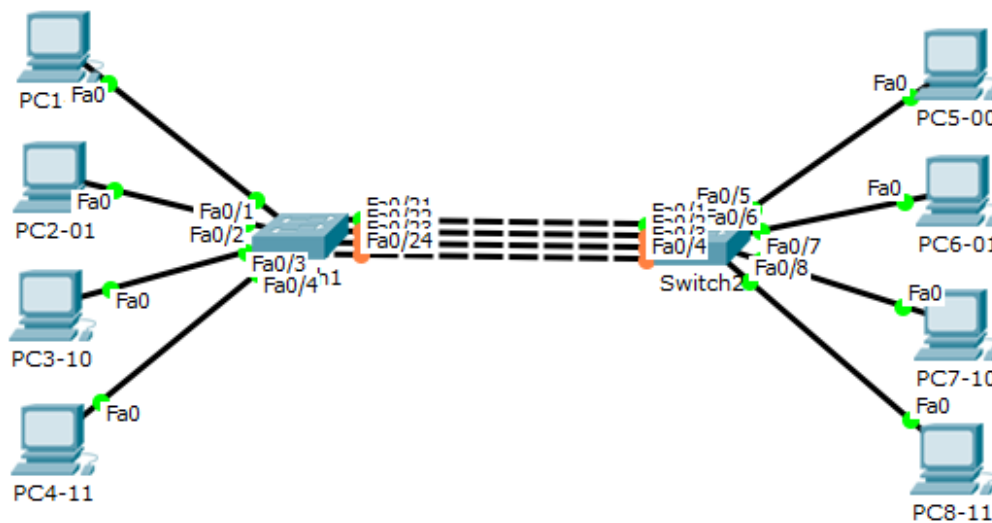


Рисунок 2.2 – Схема імітаційної моделі мережі Ethernet з агрегуванням трактів передачі (до початку настроювання агрегування три із чотирьох трактів Ethernet будуть вимкнені протоколом покривного дерева STP (Spanning Tree Protocol), який активовано на комутаторах за замовчуванням, з метою усунення петель, на що вказує оранжевий колір індикаторів відповідних портів)

Перед настроюванням агрегування вимкнемо порти, що будуть включені до групи портів, які утворять логічний агрегований порт з метою усунення реакції протоколу STP на зміни в стані відповідних портів. Для цього треба прибрати прапорець у полі On меню, що відповідає вибраному фізичному порту, вкладки Config діалогового вікна властивостей комп'ютера (рисунок 2.3).

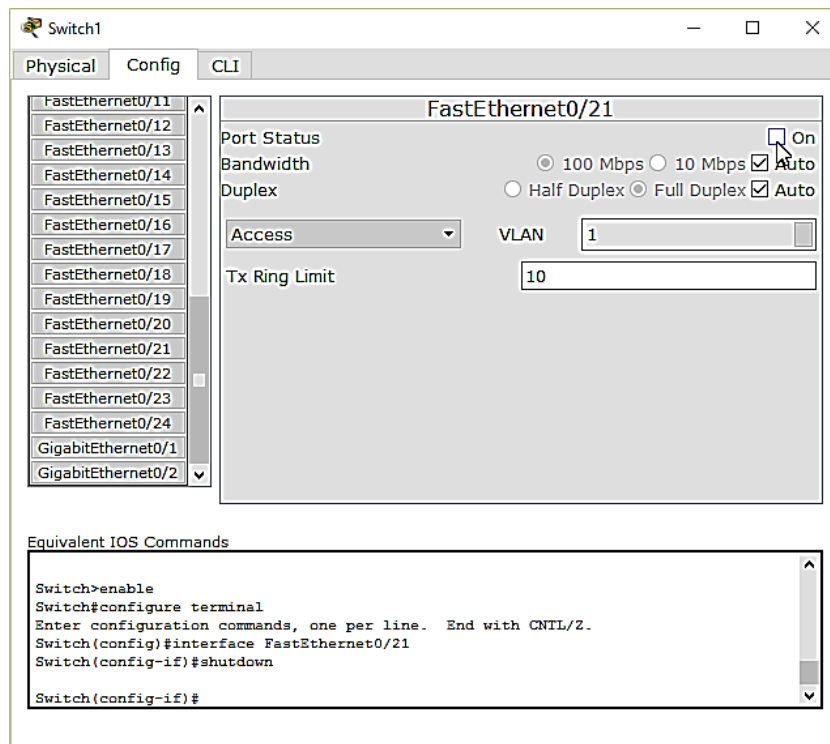


Рисунок 2.3 – Приклад вимкнення фізичного порту FastEthernet0/21 комутатора 1

Також розглянемо варіант вимкнення фізичних інтерфейсів комутаторів за допомогою командного рядка операційної системи Cisco IOS. Для здійснення цього треба використати команду `shutdown`, яку необхідно вводити в режимі детального конфігурування відповідного інтерфейсу. Наведемо приклад вимкнення фізичного інтерфейсу комутатора 1.

```
Switch1>enable
Switch1#configure terminal
Switch1(config)#interface FastEthernet0/21
Switch1(config-if)#shutdown
Switch1(config-if)#end
```

Також можна одночасно вимкнути групу фізичних інтерфейсів, наприклад, FastEthernet0/21 – FastEthernet0/24, командою, яку необхідно вводити в режимі детального конфігурування діапазону фізичних інтерфейсів.

```
Switch1(config)#interface range FastEthernet0/21-24
Switch1(config-if)#shutdown
Switch1(config-if)#end
```

Перевірку стану фізичного інтерфейсу можна виконати за допомогою команди `show interfaces {ім'я інтерфейсу та його номер}`, яку треба вводити у привілейованому режимі. Для фізичного порту `FastEthernet0/21` треба ввести

```
Switch1(config)#end
Switch1#show interfaces FastEthernet0/21
```

В обладнанні компанії Cisco агрегування каналів має назву `Etherchannel`, незалежно від алгоритму балансування і протоколів, що застосовуються при агрегуванні. При настроюванні агрегування трактів на обладнанні компанії Cisco, незалежно від алгоритму балансування навантаження і протоколів, що застосовуються при агрегуванні, використовуються такі команди:

- `interface port-channel {номер логічного порту}` – команда для запису в базу даних комутатора номера логічного порту (`port-channel {номер логічного порту}`), який згодом (за допомогою окремої команди, яка буде розглянута нижче) буде асоціюватися із групою фізичних інтерфейсів при їхньому агрегуванні;

- `channel-group {номер логічного порту} mode {режим агрегування}` – команда, яка дозволяє включити фізичний інтерфейс до групи фізичних інтерфейсів, що асоціюється з номером логічного порту, визначеного командою `port-channel {номер логічного порту}`. Параметр `{режим агрегування}` може набувати таких значень (зазначені тільки параметри, що використовуються при проведенні дослідження): `active` – динамічне агрегування з використанням протоколу LACP, активний режим роботи порту; `passive` – динамічне агрегування з використанням протоколу LACP, пасивний режим роботи порту; `on` – статичне агрегування без використання протоколів.

Для видалення конфігурації агрегування трактів треба застосувати команду видалення логічного інтерфейсу, яку необхідно вводити в режимі глобального конфігурування

```
Switch1(config)#no interface port-channel {номер логічного  
інтерфейсу}
```

А для скасування приналежності фізичного інтерфейсу або їх групи до групи, що асоціюється з логічним агрегованим портом, треба в режимі детального конфігурування фізичного інтерфейсу або їх групи застосувати команду

```
Switch1(config-if)#no channel-group {номер логічного порту}
```

Розглянемо приклад настроювання агрегування фізичних інтерфейсів для комутаторів 1 (Switch1) та 2 (Switch2), де будемо використовувати одночасне настроювання декількох інтерфейсів за допомогою команди `interface range` з параметром, відповідним діапазону інтерфейсів (команду `shutdown` можна не вводити, якщо попередньо відповідні фізичні інтерфейси були вимкнені).

```
Switch1(config)#interface port-channel 3  
Switch(config-if)#exit  
Switch1(config)#interface range FastEthernet0/21-24  
Switch1(config-if-range)#shutdown  
Switch1(config-if-range)#channel-group 3 mode on
```

```
Switch1(config)#interface port-channel 5  
Switch(config-if)#exit  
Switch2(config)#interface range FastEthernet0/1-4  
Switch2(config-if-range)#shutdown  
Switch2(config-if-range)#channel-group 5 mode on
```

Відмітимо, що команду `interface port-channel {номер логічного порту}` вводити не обов'язково, оскільки логічний інтерфейс може бути створений автоматично при застосуванні команди `channel-group {номер логічного порту} mode {режим агрегування}`.

Далі треба увімкнути вимкнуті раніше групи фізичних інтерфейсів. Це можна зробити, якщо установити прапорець у полі `On` меню, що відповідає вибраному фізичному порту, вкладки `Config` діалогового вікна властивостей комп'ютера або за

допомогою команди `no shutdown`, яка вводиться у режимі детального конфігурування діапазону фізичних інтерфейсів.

```
Switch1(config)#interface range FastEthernet0/21-24
Switch1(config-if)#no shutdown
Switch1(config-if)#end
```

```
Switch2(config)#interface range FastEthernet0/1-4
Switch2(config-if-range)#no shutdown
Switch2(config-if)#end
```

Після закінчення конфігурування усіх портів необхідно зберегти утворену конфігурацію в енергонезалежній пам'яті пристрою командою `copy running-config startup-config`, яка повинна вводиться у привілейованому режимі, тому перед збереженням необхідно перейти в цей режим введенням команди `exit`.

```
Switch1(config)#exit
Switch1#copy running-config startup-config
```

Далі можна перевірити утворену конфігурацію за допомогою команд, які необхідно вводити у привілейованому режимі.

```
Switch1#show interfaces etherchannel
Switch1#show etherchannel port-channel
Switch1#show etherchannel summary
```

Відзначимо, якщо настроювання фізичного інтерфейсу не збігаються з настроюваннями агрегованого інтерфейсу, то фізичний порт переводиться у стан `suspended`.

Схема імітаційної моделі мережі Ethernet з агрегуванням трактів передачі (після настроювання агрегування трактів індикатори усіх портів, які були агреговані, мають зелений колір) показана на рисунку 2.4.

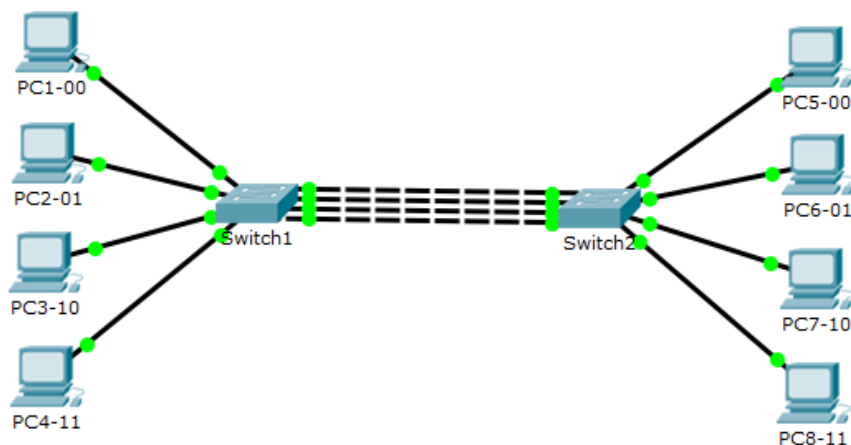


Рисунок 2.4 – Схема імітаційної моделі мережі Ethernet з агрегуванням трактів передачі (після настроювання агрегування трактів індикатори усіх портів, які були агреговані, мають зелений колір)

Перевірку працездатності агрегованого тракту можна провести в режимі моделювання у реальному часі за допомогою команди `ping` з параметром `[-t]`, який призводить до безперервної передачі ехо-запитів, поки не буде натиснута на клавіатурі комбінація клавіш `CTRL-BREAK`, та з використанням широкомовної IP адреси.

```
ping -t 192.168.1.255
```

Іншим варіантом є перевірка працездатності агрегованого тракту за допомогою інструменту формування ехо-запиту протоколу ICMP.

Відмітимо, що перед перевіркою працездатності комутатори рекомендується перезавантажити командою `reload`, яку необхідно вводити в привілейованому режимі.

У результаті перевірки треба встановити, що при вимкненні одного або декількох трактів передача кадрів не зупиняється.

2.2 Створення імітаційної моделі сегмента мережі Ethernet з динамічним агрегуванням трактів передачі на основі протоколу LACP для інтерфейсів другого рівня

Розглянемо принципи конфігурування динамічного агрегування трактів на основі протоколу LACP для інтерфейсів другого рівня, використовуючи для цього створену раніше імітаційну модель, в якій необхідно змінити статичне агрегування на динамічне за допомогою таких команд:

```
Switch1(config)#interface range FastEthernet0/21-24
Switch1(config-if-range)#shutdown
Switch1(config-if-range)#no channel-group 3
Switch1(config-if-range)#channel-protocol lacp
Switch1(config-if-range)#channel-group 3 mode active
Switch1(config-if-range)#exit
```

```
Switch2(config)#interface range FastEthernet0/1-4
Switch2(config-if-range)#no channel-group 5
Switch2(config-if-range)#channel-protocol lacp
Switch2(config-if-range)#channel-group 5 mode passive
Switch2(config-if-range)#exit
Switch2#copy running-config startup-config
```

Відмітимо, що команда `channel-protocol lacp`, яка вводиться у режимі детального конфігурування, визначає, що для агрегування відповідних фізичних інтерфейсів буде використовуватися протокол LACP.

Після закінчення конфігурування треба ввімкнути фізичні інтерфейси комутатора 1 та зберегти конфігурацію в енергонезалежній пам'яті.

```
Switch1(config)#interface range FastEthernet0/21-24
Switch1(config-if-range)#no shutdown
Switch1(config-if-range)#exit
Switch1#copy running-config startup-config
```

Перевірка утвореної конфігурації здійснюється за допомогою команд, які необхідно вводити у привілейованому режимі.

```
Switch1#show interfaces etherchannel  
Switch1#show etherchannel port-channel  
Switch1#show etherchannel summary
```

Перевірку працездатності агрегованого тракту можна провести в режимі моделювання у реальному часі за допомогою команди `ping` з параметром `[-t]`, який призводить до безперервної передачі ехо-запитів, поки не буде натиснута на клавіатурі комбінація клавіш `CTRL-BREAK`, та з використанням широкомовної IP-адреси.

```
ping -t 192.168.1.255
```

Іншим варіантом є перевірка працездатності агрегованого тракту за допомогою інструменту формування ехо-запиту протоколу ICMP.

Відмітимо, що перед перевіркою працездатності комутатори рекомендується перезавантажити командою `reload`, яку необхідно вводити в привілейованому режимі.

У результаті перевірки треба встановити, що при вимкненні одного або декількох трактів передача кадрів не зупиняється.

2.3 Створення імітаційної моделі сегмента мережі Ethernet з динамічним агрегуванням трактів передачі на основі протоколу LACP для інтерфейсів третього рівня

Розглянемо принципи конфігурування динамічного агрегування трактів на основі протоколу LACP для інтерфейсів третього рівня на прикладі схеми на рисунку 2.5.

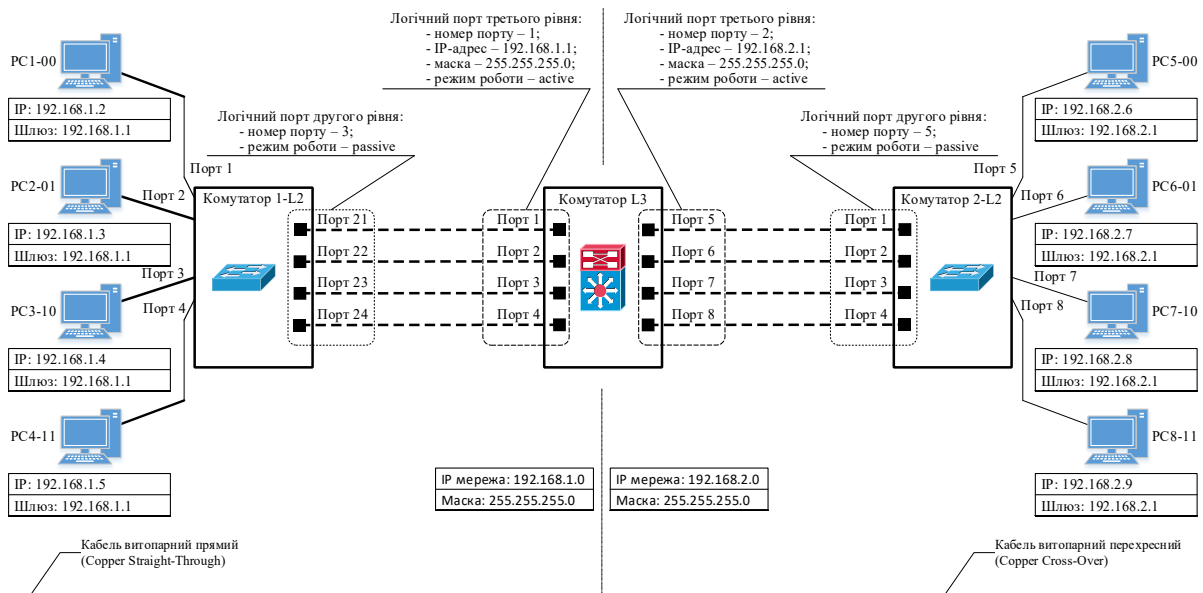


Рисунок 2.5 – Схема мережі Ethernet з агрегуванням трактів передачі та комутатором третього рівня Cisco 3560

З рисунка 2.5 видно, що IP-адреси комп'ютерів PC1-00, PC2-01, PC3-10, PC4-11 та логічного порту 1 комутатора третього рівня належать до IP-мережі 192.168.1.1/24, а IP-адреси комп'ютерів PC5-00, PC6-01, PC7-10, PC8-11 та логічного порту 2 комутатора третього рівня – до IP-мережі 192.168.2.1/24. Для надання можливості обміну IP-пакетами між цими IP-мережами (тут комутатор третього рівня виконує функції маршрутизації IP-пакетів) до кожного з комп'ютерів повинна бути введена IP-адреса шлюзу, якою виступає IP-адреса відповідного порту комутатора третього рівня.

Схема імітаційної моделі мережі Ethernet з агрегуванням трактів передачі та комутатором третього рівня Cisco 3560 показана на рисунку 2.6. Відмітимо, що ця імітаційна модель створюється шляхом модифікації створеної раніше імітаційної моделі, зображеної на рисунку 2.2 (шляхом введення у схему комутатора третього рівня Cisco 3560, переведення логічного порту комутатора 2-L2 у режим Passive, зміни IP-адрес комп'ютерів PC5-00, PC6-01, PC7-10, PC8-11 та введення IP-адрес шлюзів).

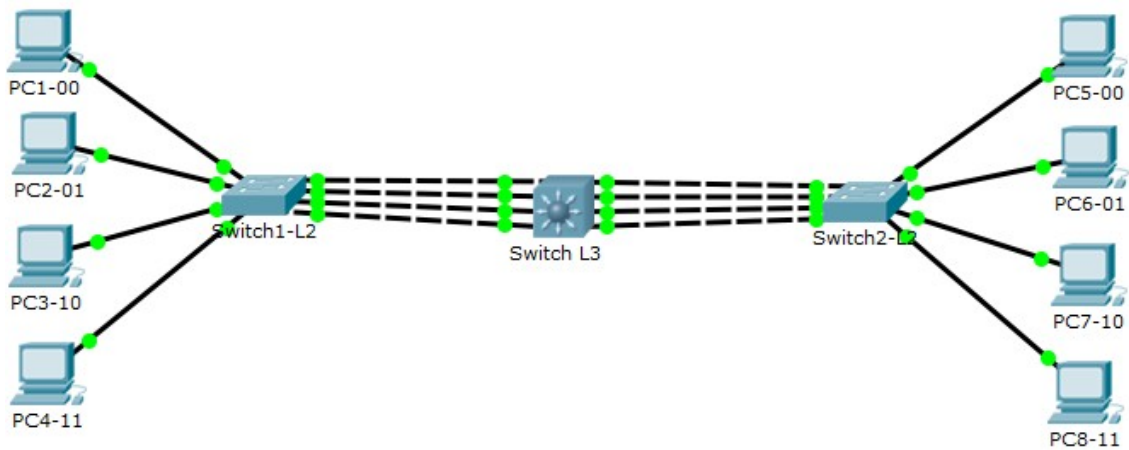


Рисунок 2.6 – Схема імітаційної моделі мережі Ethernet з агрегуванням трактів передачі та комутатором третього рівня Cisco 3560

Особливістю настроювання агрегування трактів для інтерфейсу третього рівня є необхідність вручну створювати логічні інтерфейси командою `interface port-channel {номер логічного порту}`, на відміну від інтерфейсів другого рівня, де створення логічних портів може бути виконано автоматично без введення цієї команди. Після створення логічного інтерфейсу необхідно перевести його з режиму роботи на другому рівні (в комутаторах третього рівня при створенні логічного інтерфейсу логічний порт працює на другому рівні за замовчуванням) в режим роботи інтерфейсу третього рівня командою `no switchport` і присвоїти відповідну IP-адресу та маску мережі командою `ip address {IP-адреса} {маска мережі}`. Зазначимо, що останні дві команди необхідно вводити в режимі детального конфігурування відповідного логічного інтерфейсу.

Розглянемо приклад створення логічних інтерфейсів третього рівня для схеми на рисунку 2.6.

```
Switch-L3(config)#interface Port-channel 1
Switch-L3(config-if)#no switchport
Switch-L3(config-if)#ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
Switch-L3(config-if)#exit
```

```
Switch-L3(config)#interface Port-channel 2
Switch-L3(config-if)#no switchport
```

```
Switch-L3(config-if)#ip address 192.168.2.1 255.255.255.0
Switch-L3(config-if)#exit
```

Після створення логічних інтерфейсів третього рівня виконується конфігурування динамічного агрегування трактів на основі протоколу LACP за допомогою таких команд:

```
Switch-L3 (config)#interface range FastEthernet0/1-4
Switch-L3 (config-if-range)#shutdown
Switch-L3 (config-if-range)#no switchport
Switch-L3 (config-if-range)#channel-protocol lacp
Switch-L3 (config-if-range)#channel-group 1 mode active
Switch-L3 (config-if-range)#exit
```

```
Switch-L3 (config)#interface range FastEthernet0/5-8
Switch-L3 (config-if-range)#shutdown
Switch-L3 (config-if-range)#no switchport
Switch-L3 (config-if-range)#channel-protocol lacp
Switch-L3 (config-if-range)#channel-group 2 mode active
Switch-L3 (config-if-range)#exit
```

Після закінчення конфігурування треба ввімкнути фізичні інтерфейси комутатора третього рівня Switch-L3 та зберегти конфігурацію в енергонезалежній пам'яті.

```
Switch-L3(config)#interface range FastEthernet0/1-9
Switch-L3(config-if-range)#no shutdown
Switch-L3(config-if-range)#exit
Switch-L3#copy running-config startup-config
```

Перевірка утвореної конфігурації здійснюється за допомогою команд, які необхідно вводити у привілейованому режимі, наприклад:

```
Switch1# show running-config
Switch1#show interfaces etherchannel
Switch1#show etherchannel port-channel
Switch1#show etherchannel summary
```

Перевірку працездатності агрегованого тракту можна провести в режимі моделювання у реальному часі за допомогою команди ping з параметром [-t], який призводить до безперервної передачі ехо-запитів, поки не буде натиснута на клавіатурі комбінація клавіш CTRL-BREAK, та з використанням індивідуальних IP-адрес комп'ютерів, наприклад:

```
ping -t 192.168.2.6
```

Іншим варіантом є перевірка працездатності агрегованого тракту за допомогою інструменту формування ехо-запиту протоколу ICMP.

Відмітимо, що перед перевіркою працездатності комутатори рекомендується перезавантажити командою reload, яку необхідно вводити в привілейованому режимі.

У результаті перевірки треба встановити, що при вимкненні одного або декількох трактів передача кадрів не зупиняється.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ СЕГМЕНТА МЕРЕЖІ ETHERNET З АГРЕГУВАННЯМ ТРАКТІВ ПЕРЕДАЧІ ДЛЯ ІНТЕРФЕЙСІВ ДРУГОГО РІВНЯ У ПРОГРАМНОМУ СЕРЕДОВИЩІ CISCO PACKET TRACER

Дослідження принципів роботи мережі Ethernet з агрегуванням трактів передачі для інтерфейсів другого рівня будемо проводити в режимі візуального моделювання процесу обміну пакетами протоколу ICMP.

Як приклад використаємо імітаційну модель сегмента мережі Ethernet зі статичним агрегуванням трактів передачі, яка показана на рисунку 2.2.

3.1 Підготовка до запуску імітаційної моделі в режимі візуального моделювання взаємодії мережевих компонентів

Для підготовки до візуального моделювання необхідно виконати таке:

– перейти в режим візуального моделювання взаємодії мережевих компонентів;

– налаштувати фільтр протоколів таким чином, щоб візуально відображалися тільки пакети протоколу ICMP;

– створити два сценарії. У першому сценарії за допомогою інструменту формування ехо-запиту протоколу ICMP сформувані по одному ехо-запиту від комп'ютерів PC1-00, PC2-01, PC3-10, PC4-11 до комп'ютера PC5-00, у другому – по одному ехо-запиту від комп'ютера PC1-00 до комп'ютерів PC5-00, PC6-01, PC7-10, PC8-11 (рисунок 2.2). Створення декількох сценаріїв здійснюється за допомогою кнопки New поля результатів передачі пакетів різних протоколів, сформованих у візуальному режимі. Вибір сценарію для візуального моделювання здійснюється вибором відповідного сценарію в меню з назвою сценарію.

Далі треба перевірити встановлений алгоритм балансування навантаження командою

```
Switch1#show etherchannel load-balance
```

Установити відповідний до завдання алгоритм балансування навантаження. Для цього треба ввести команду `port-channel load-balance {алгоритм балансування навантаження (src-mac, dst-mac, src-dst-mac, src-ip, dst-ip, src-dst-ip)}`. Наприклад, для встановлення на комутаторі 1 алгоритму балансування навантаження з урахуванням MAC-адреси отримувача треба ввести в режимі глобального конфігурування команду

```
Switch1(config)#port-channel load-balance dst-mac
```

Якщо відбулася зміна алгоритму балансування навантаження, треба ще раз зберегти утворену конфігурацію в енергонезалежній пам'яті пристрою

```
Switch1(config)#exit
```

```
Switch1#copy running-config startup-config
```

У подальшому приклад дослідження будемо проводити для алгоритму балансування навантаження, який встановлено за замовчуванням (src-mac).

3.2 Запуск імітаційної моделі в режимі візуального моделювання взаємодії мережевих компонентів та аналіз результатів моделювання

Запуск кожного зі сценаріїв рекомендується здійснювати в покроковому режимі шляхом натискання на кнопку Capture / Forward, а за необхідності використовувати кнопки Back та Capture / Forward з метою переміщення по кроках моделювання.

Спочатку перевіримо встановлений алгоритм балансування навантаження командою, яку необхідно вводити в привілейованому режимі.

```
Switch1#show etherchannel load-balance
```

Після застосування команди show etherchannel load-balance у командному рядку з'явиться такий текст (у випадку, якщо раніше не був змінений алгоритм балансування навантаження):

```
EtherChannel Load-Balancing Operational State (src-mac):  
Non-IP: Source MAC address  
IPv4: Source MAC address  
IPv6: Source MAC address
```

Це свідчить про те, що в комутаторі 1 застосовується режим балансування навантаження з урахуванням MAC-адреси відправника, причому додатково вказані протоколи, для яких виконується цей алгоритм балансування. Аналогічну перевірку проведемо і для комутатора 2.

Результати формування та передачі ехо-запитів від комп'ютерів PC1-00, PC2-01, PC3-10, PC4-11 до комп'ютера PC5-00 показані на рисунках 3.1 – 3.3. Відповідність останніх двох бітів MAC-адреси відправника кадру Ethernet номерам

портів комутатора 1 для алгоритму балансування навантаження src-mac наведена в таблиці 3.1.

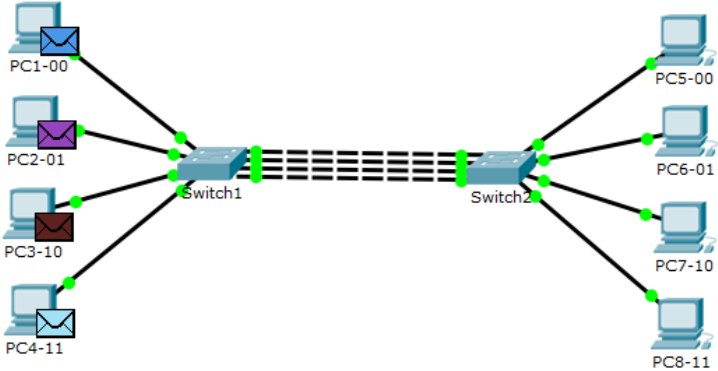


Рисунок 3.1 – Результати моделювання (крок 1)

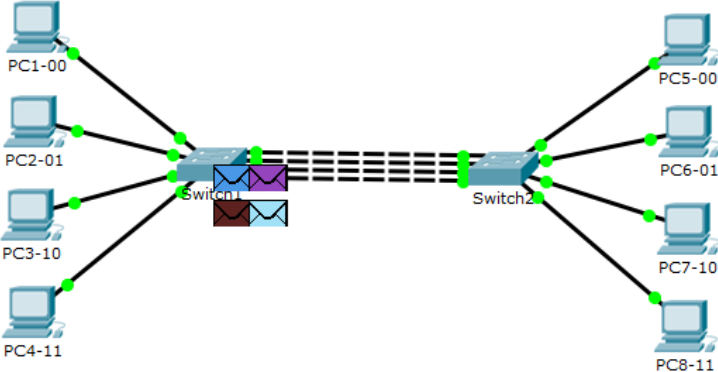
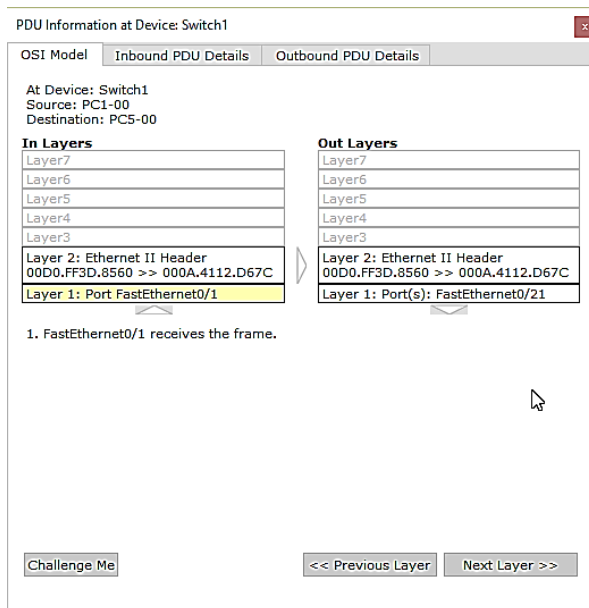
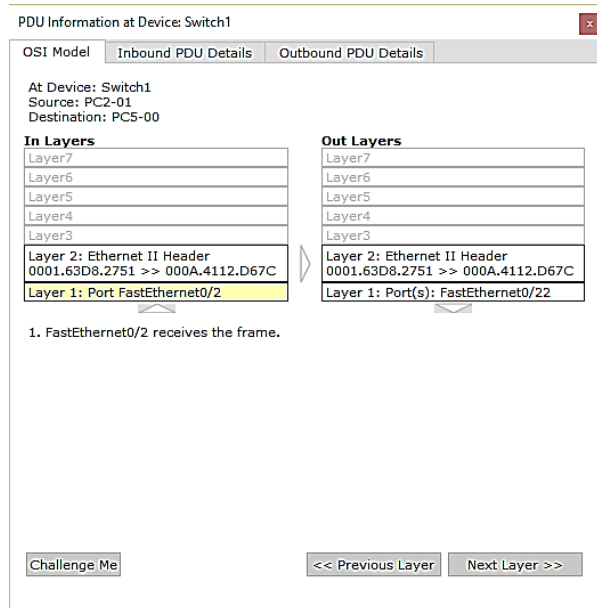


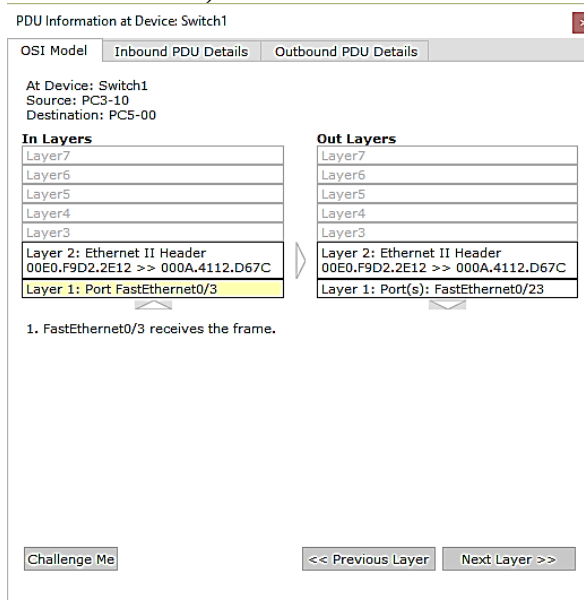
Рисунок 3.2 – Результати моделювання (крок 2)



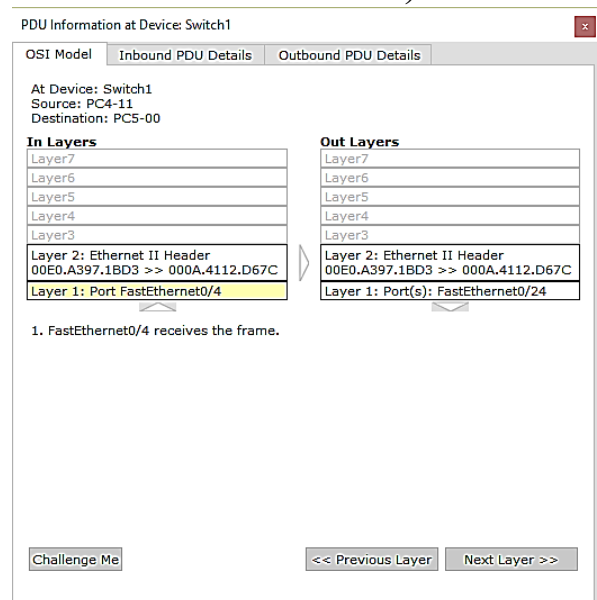
а)



б)



в)



г)

- а) відправник PC1-00, порт FastEthernet0/21;
- б) відправник PC1-01, порт FastEthernet0/22;
- в) відправник PC1-10, порт FastEthernet0/23;
- г) відправник PC1-11, порт FastEthernet0/24

Рисунок 3.3 – Результати вибору трактів передачі алгоритмом балансування навантаження (крок 2, Switch1, алгоритм балансування навантаження src-mac)

Таблиця 3.1 – Відповідність останніх двох бітів MAC-адреси відправника кадру Ethernet номерам портів комутатора 1 для алгоритму балансування навантаження src-mac

Ім'я комп'ютера – відправника кадру	Останні два біти MAC-адреси відправника кадру	Тип та номер фізичного порту, через який передається кадр відправника
PC1-00	00	FastEthernet0/21
PC2-01	01	FastEthernet0/22
PC3-10	10	FastEthernet0/23
PC4-11	11	FastEthernet0/24

Результати формування та передачі ехо-запитів від комп'ютера PC1-00 до комп'ютерів PC5-00, PC6-01, PC7-10, PC8-11 показані на рисунках 3.4 – 3.8.

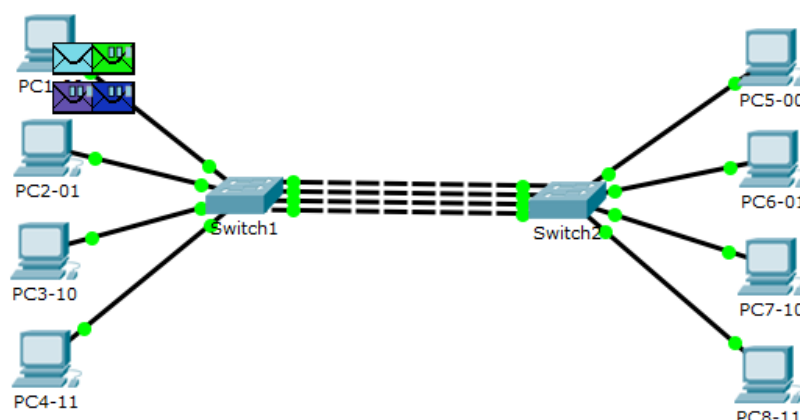
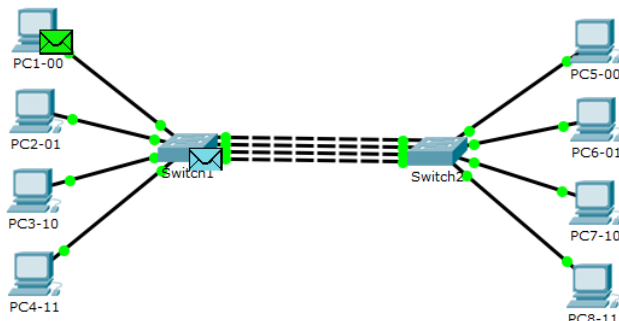


Рисунок 3.4 – Результати моделювання (крок 1, відправник PC1-00, отримувачі – PC5-00, PC6-01, PC7-10, PC8)



а)

PDU Information at Device: Switch1

OSI Model Inbound PDU Details Outbound PDU Details

At Device: Switch1
Source: PC1-00
Destination: PC5-00

In Layers	Out Layers
Layer7	Layer7
Layer6	Layer6
Layer5	Layer5
Layer4	Layer4
Layer3	Layer3
Layer2: Ethernet II Header 00D0.FF3D.8560 >> 000A.4112.D67C	Layer2: Ethernet II Header 00D0.FF3D.8560 >> 000A.4112.D67C
Layer 1: Port FastEthernet0/1	Layer 1: Port(s): FastEthernet0/21

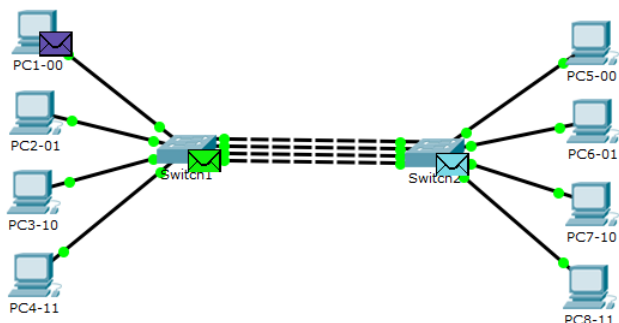
1. FastEthernet0/1 receives the frame.

Challenge Me << Previous Layer Next Layer >>

б)

а) проходження кадру від відправника PC1-00 до отримувача PC5-00; б) результат вибору тракту передачі алгоритмом балансування навантаження src-mas – відправник PC1-00, порт FastEthernet0/21

Рисунок 3.5 – Результати моделювання (крок 2, Switch1)



а)

PDU Information at Device: Switch1

OSI Model Inbound PDU Details Outbound PDU Details

At Device: Switch1
Source: PC1-00
Destination: PC6-01

In Layers	Out Layers
Layer7	Layer7
Layer6	Layer6
Layer5	Layer5
Layer4	Layer4
Layer3	Layer3
Layer2: Ethernet II Header 00D0.FF3D.8560 >> 0010.1132.351D	Layer2: Ethernet II Header 00D0.FF3D.8560 >> 0010.1132.351D
Layer 1: Port FastEthernet0/1	Layer 1: Port(s): FastEthernet0/21

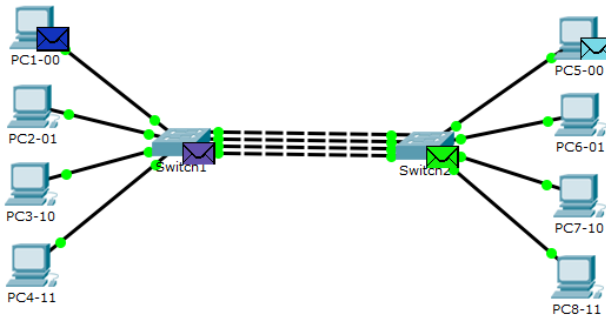
1. FastEthernet0/1 receives the frame.

Challenge Me << Previous Layer Next Layer >>

б)

а) проходження кадру від відправника PC1-00 до отримувача PC6-01; б) результат вибору тракту передачі алгоритмом балансування навантаження src-mas – відправник PC1-00, порт FastEthernet0/21

Рисунок 3.6 – Результати моделювання (крок 2, Switch1)



а)

PDU Information at Device: Switch1

OSI Model Inbound PDU Details Outbound PDU Details

At Device: Switch1
Source: PC1-00
Destination: PC7-10

In Layers	Out Layers
Layer7	Layer7
Layer6	Layer6
Layer5	Layer5
Layer4	Layer4
Layer3	Layer3
Layer 2: Ethernet II Header 00D0.FF3D.8560 >> 0001.C787.668E	
Layer 1: Port FastEthernet0/1	

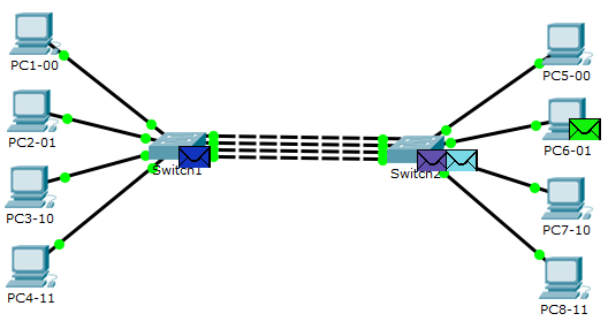
1. FastEthernet0/1 receives the frame.

Challenge Me << Previous Layer Next Layer >>

б)

а) проходження кадру від відправника PC1-00 до отримувача PC7-10; б) результат вибору тракту передачі алгоритмом балансування навантаження src-mac – відправник PC1-00, порт FastEthernet0/21

Рисунок 3.7 – Результати моделювання (крок 2, Switch1)



а)

PDU Information at Device: Switch1

OSI Model Inbound PDU Details Outbound PDU Details

At Device: Switch1
Source: PC1-00
Destination: PC8-11

In Layers	Out Layers
Layer7	Layer7
Layer6	Layer6
Layer5	Layer5
Layer4	Layer4
Layer3	Layer3
Layer 2: Ethernet II Header 00D0.FF3D.8560 >> 0090.2BA3.64AF	
Layer 1: Port FastEthernet0/1	

1. FastEthernet0/1 receives the frame.

Challenge Me << Previous Layer Next Layer >>

б)

а) проходження кадру від відправника PC1-00 до отримувача PC8-11; б) результат вибору тракту передавання алгоритмом балансування навантаження src-mac – відправник PC1-00, порт FastEthernet0/21

Рисунок 3.8 – Результати моделювання (крок 2, Switch1)

Відповідність останніх двох бітів MAC-адреси відправника кадру Ethernet номерам портів комутатора 1 для алгоритму балансування навантаження src-mac наведена в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Відповідність останніх двох бітів MAC-адреси відправника кадру Ethernet номерам портів комутатора 1 для алгоритму балансування навантаження src-mac

Ім'я комп'ютера – відправника кадру	Останні два біти MAC-адреси відправника кадру	Тип та номер фізичного порту, через який передається кадр відправника
PC1-00	00	FastEthernet0/21
PC1-00	00	FastEthernet0/21
PC1-00	00	FastEthernet0/21
PC1-00	00	FastEthernet0/21

З результатів моделювання видно, що при застосуванні алгоритму балансування навантаження з урахуванням MAC-адреси відправника кадру балансування навантаження відбувається тільки для випадку, коли відправників декілька. Таким чином, можна зробити висновок, що у випадку, коли відправник кадрів один, наприклад, це маршрутизатор, застосування алгоритму балансування навантаження з урахуванням MAC-адреси відправника кадру є недоцільним.

Більш детальний аналіз результатів моделювання та розроблення рекомендацій щодо застосування інших алгоритмів балансування навантаження здійснюються студентом самостійно, а результати включаються до звіту з відповідного виду навчального заняття.

4 ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ ДЛЯ ПОБУДОВИ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ СЕГМЕНТА МЕРЕЖІ ETHERNET З АГРЕГУВАННЯМ ТРАКТІВ ПЕРЕДАЧІ У ПРОГРАМНОМУ СЕРЕДОВИЩІ CISCO PACKET TRACER

У таблиці 4.1 наведені варіанти завдань для побудови імітаційної моделі сегмента мережі Ethernet з агрегуванням трактів передачі у програмному середовищі Cisco Packet Tracer.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані

Номер варіанта	Кількість трактів для агрегування	Алгоритми балансування навантаження, роботу яких необхідно дослідити
1	2	src-mac
2	3	dst-mac
3	4	src-dst-mac
4	2	src-ip
5	3	dst-ip
6	4	src-dst-ip
7	2	src-mac, dst-mac
8	3	dst-mac, src-dst-mac
9	4	src-mac, src-dst-mac
10	2	src-ip, dst-ip
11	3	src-ip, src-dst-ip
12	4	src-mac, dst-mac, src-dst-mac
13	2	src-mac, dst-mac, src-dst-mac
14	3	src-mac, dst-mac, src-dst-mac
15	4	src-ip, dst-ip, src-dst-ip
16	2	src-ip, dst-ip, src-dst-ip
17	3	src-ip, dst-ip, src-dst-ip

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Олифер, В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы [Текст]: учеб. для вузов / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. – 3-е изд. – СПб.: Питер, 2006. – 958 с.

2 Кеннеди, К. Принципы коммутации в локальных сетях Cisco [Текст] : пер. с англ. / К. Кеннеди, К. Гамильтон;– М. : Изд. дом «Вильямс», 2003. – 976 с.

3 Филимонов, А. Ю. Построение мультисервисных сетей Ethernet [Текст] / А. Ю. Филимонов. – СПб. : БХВ-Петербург, 2007. – 592 с.

4 Коммутаторы локальных сетей D-Link [Электронный ресурс] : учеб. пособие. – Режим доступа : http://world-it-planet.org/upload/Lectons_about_commutators_v4.12.pdf.

5 Самойленко, Н. Агрегирование каналов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://xgu.ru/wiki/Агрегирование_каналов.

6 Баскаков, И. Построение коммутируемых компьютерных сетей [Электронный ресурс] / Игорь Баскаков, Андрей Пролетарский, Елена Смирнова, Роман Федотов ; Национальный открытый университет ИНТУИТ. – Режим доступа: <http://www.intuit.ru/studies/courses/3591/833/lecture/14264?page=11>.

ДОДАТОК А

Основні режими конфігурування пристроїв з операційною системою Cisco IOS

Таблиця А.1 – Основні режими конфігурування пристроїв з операційною системою Cisco IOS

Назва режиму	Символи запрошення у командному рядку	Команда входу в режим	Команда виходу з режиму
Користувацький режим	Router>	Установлюється при вході в пристрій після натискання клавіші Enter	exit (ex)
Привілейований режим	Router#	enable (en)	disable (disab)
Режим глобального конфігурування	Router(config)#	configure terminal (conf)	exit (ex)
Режим детального конфігурування	Router(config-mode) #, де <i>mode</i> – назва об'єкта, що підлягає конфігурації, наприклад: Router(config-if) # – конфігурація інтерфейсу; Router(config-line) # – конфігурація термінальної лінії; Router(config-router) # – конфігурація динамічної маршрутизації; Router(config-vlan) # – конфігурація віртуальної локальної мережі VLAN	Команди, що відповідають об'єкту конфігурації	exit (ex)

ДОДАТОК Б

Контекстна довідка у командному рядку операційної системи Cisco IOS

Для виведення на екран списку всіх доступних команд операційної системи Cisco IOS необхідно використовувати команду «?» контекстної довідки, яка вводиться у привілейованому режимі.

```
Switch1>enable  
Switch1#?
```

Якщо ввести відому частину команди, а після неї без пробілу поставити знак питання «?», то операційна система Cisco IOS виведе на екран список усіх можливих команд, що починаються з уведеної частини команди, наприклад:

```
Switch1#di? (перед знаком питання немає пробілу!)  
dir disable disconnect
```

Крім того, можна одержати список можливих підкоманд для команди. Для цього необхідно ввести частину цієї команди, потім пробіл, а після нього знак питання «?». При цьому буде виведено на екран список можливих варіантів продовження цієї команди, наприклад:

```
Switch1#show vlan ? (перед знаком питання є пробіл!)
```

```
Switch1#show vlan ?  
  brief  VTP all VLAN status in brief  
  id     VTP VLAN status by VLAN id  
  name   VTP VLAN status by VLAN name  
<cr>
```

Також символ знака питання «?» (з пробілом перед ним!) можна використовувати для одержання списку доступних параметрів команди, наприклад:

Switch1#show vlan id ? (перед знаком питання є пробіл!)

```
Switch1#show vlan id ?  
  <1-1005>  ISL VLAN IDs 1-1005
```

