

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання курсової роботи
на тему: «Проектування комп'ютерної мережі
обробки та передачі даних»

за курсом «Комп'ютерні мережі»
для студентів 3 курсу

ПЕРЕДМОВА

Метою курсової роботи є закріплення практичних навичок з виконання завдань проектування мереж передачі даних із застосуванням сучасного обладнання. Курсова робота має на меті підвищення якості та поглиблення знань студентів в сфері планування і розподілу мережевих елементів єдиної мережі передачі даних. Завдання курсової роботи допомагають опанувати навичками оптимізації програмно-апаратного ресурсу мережі, ефективного використання доступного адресного простору, побудови оптимальної структури резервних зв'язків підмереж та ін.

ЗМІСТ

ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ.....	4
1 Завдання до курсової роботи	4
1.1 Розрахунок підмереж робочих станцій.....	4
1.2 Побудова графа єдиної мережі передачі даних.....	4
1.3 Обґрунтування переліку технічних засобів.....	5
1.4 IP-План адресації підмереж робочих станцій S_H	5
1.5 IP-план адресації підмереж маршрутизаторів S_R	5
1.6 Формування таблиць маршрутизації	6
1.7 Завдання прийняття рішення про маршрутизації пакета.....	6
1.8 Завдання відображення адрес мережевого і канального рівня.....	7
1.8.1. Відображення в локальному сегменті	7
1.8.2 Відображення в віддалених сегментах	8
1.9 Бездротовий доступ	9
1.10 Моделювання мережі.....	9
2 Форма звіту.....	10
3 Варіанти завдань	10
ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ.....	12
4 Вихідні дані завдання.....	12
5 Рішення завдань курсової роботи.....	12
5.1 Розподіл підмереж робочих станцій S_H єдиної мережі передачі даних	12
5.2 Побудова графа єдиної мережі передачі даних.....	13
5.3 Перелік технічних засобів	14
5.4 План IP-адресації підмереж робочих станцій S_H	15
5.5 План IP-адресації підмереж маршрутизаторів S_R	19
5.6 Таблиці маршрутизації єдиної мережі передачі даних.....	22
5.7 Рішення завдання про маршрутизацію пакета	24
5.8 Рішення завдання відображення адрес на мережевому і канальному рівнях.....	25
5.8.1 Локальний сегмент	26
5.8.2 Дистанційні сегменти	27
5.9 Організація бездротового доступу до комп'ютерної мережі передачі даних.....	28
5.10 Результати моделювання мережі в Cisco Packet Tracer	31
5.11 Висновок за результатами виконання завдань курсової роботи	32
6 Література.....	33
7 Варіанти вихідного графа мережі	34

ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

1 Завдання до курсової роботи

Для досягнення поставлених в рамках даної курсової роботи цілей, потрібно виконати наступні завдання:

1.1 Розрахунок підмереж робочих станцій

На підставі вихідного рисунка топології ядра мережі, зазначеного відповідно до варіанта завдання в табл.1, сформувані H -підмереж робочих станцій S_H із заданої N -кількості робочих станцій. По можливості необхідно використовувати рівномірний розподіл робочих станцій по підмережам, тобто рівне число робочих станцій в кожній підмережі (N/H). Приклад виконання див.5.1.

1.2 Побудова графа єдиної мережі передачі даних

Після планування розміщення підмереж робочих станцій S_H за розробленим планом необхідно доповнити вихідний граф ядра єдиної мережі передачі даних відповідно до варіанту завдання (табл.1).

Для виконання даного завдання необхідно провести об'єднання декількох робочих станцій у виділену підмережу за допомогою комутуючого обладнання ($L2$ -комутатора) і виконати підключення підмережі до відповідного маршрутизатора R ядра єдиної мережі передачі даних. Кожній підмережі S_H і вузлу, розташованому в даній підмережі, необхідно призначити буквено-цифрове позначення. На схемі графа необхідно пронумерувати фізичні порти комутаторів підмереж S_H і інтерфейси маршрутизаторів R . Додатково до цього, для кожної підмережі потрібно позначити межі широкомовного домену.

Розподіливши підмережі робочих станцій S_H , необхідно виділити (підрахувати кількість) і позначити підмережі маршрутизаторів S_R ядра єдиної транспортної мережі. За аналогією, слід виконати буквено-цифрове позначення кожного маршрутизатора мережі і пронумерувати його інтерфейси. Приклад виконання див.5.2.

1.3 Обґрунтування переліку технічних засобів

Для коректного функціонування проектованої мережі, за отриманим графом необхідно вказати і обґрунтувати:

1) Кількість необхідного телекомунікаційного обладнання (маршрутизаторів R , комутаторів SW , мережевих карт та ін.)

2) Конфігурацію кожного елемента мережі (кількість портів, інтерфейсів та ін.)

3) Вказати тип ліній зв'язку, технологію опорної мережі і пропускну здатність (кручена пара, Ethernet, FE, GE та ін.)

Приклад виконання див.5.3.

1.4 IP-План адресації підмереж робочих станцій S_H

Відповідно до зазначеного варіантом адресного простору підмереж робочих станцій S_H (див. табл.1) необхідно сформувати пул IP-адрес, організованих в підмережі, що не перекриваються. Виділення блоків IP-адрес слід проводити відповідно до принципів безкласової адресації (CIDR). Тобто виділення блоків підмереж, з метою оптимізації використання доступного адресного простору, проводиться безперервними діапазонами.

У наведеному плані адресації підмережі слід перерахувати і вказати IP-адреси, що використовуються, в десятковій і двійковій нотації. Вказати призначення (IP-адреса робочої станції, інтерфейс маршрутизатора, адреса мережі, резерв та ін.) виділеної адреси.

Слід враховувати, що кількість IP-адрес в підмережі не може бути меншою за кількість вузлів підмережі. Не варто забувати про наявність адреси самої підмережі і широкомовної адреси. Для кожної підмережі допустимо формування пулу IP-адрес з резервом, для цілей майбутнього розвитку мережі (підмережі). Детальніше в прикладі 5.4.

1.5 IP-план адресації підмереж маршрутизаторів S_R

Всі вказівки, що перераховані в пункті 1.4 також відносяться до цього розділу.

Необхідно сформувати кінцеве число IP-підмереж маршрутизаторів S_R , використовуючи адресний простір, виділений відповідно до варіанта завдання з табл.1.

Кількість IP-підмереж, що виділяються і розмір кожної обчислюється відповідно до графу єдиної мережі передачі даних, розробленого в попередніх розділах. Також як і при виділенні IP-підмереж для робочих станцій, необхідно керуватися принципами безкласової адресації CIDR і безперервного виділення блоків IP-адрес.

У сформованому плані адресації підмережі S_R перерахувати і вказати IP-адреси, що використовуються в десятковій і двійковій нотації. Вказати призначення (інтерфейс маршрутизатору, адреса мережі та ін..) виділеного адреси. Приклад виконання див. 5.5.

1.6 Формування таблиць маршрутизації

Виділивши, як зазначено в розділах 1.4 і 1.5 необхідну кількість IP-підмереж S_H для робочих станцій і IP-підмереж S_R для маршрутизаторів, потрібно заповнити таблиці маршрутизації маршрутизаторів R ядра єдиної мережі передачі даних.

Заповнення таблиць маршрутизації необхідно проводити статичними записами, виконуючи умову можливості зв'язку будь-якого вузла будь-якої підмережі з будь-яким вузлом будь-якої суміжної і не суміжної підмережі. У таблицю маршрутизації кожного маршрутизатора R необхідно помістити наступну інформацію:

- 1) Найменування маршрутизатора;
- 2) Мережа призначення з маскою в десятковій нотації;
- 3) Шлюз;
- 4) Метрику відстані.

Під метрикою відстані мається на увазі кількість проміжних вузлів від вузла відправлення до вузла призначення. Приклад в п.5.6.

1.7 Завдання прийняття рішення про маршрутизації пакета

В якості вихідних даних для вирішення даного завдання необхідно вибрати вузол відправника (IP-адреса вузла), маску підмережі відправника і вузол одержувача (IP-адреса).

Основним критерієм вибору є використання довільних вузлів, що знаходяться на відстані мінімум двох підмереж.

Відповідно до принципів прийняття рішення про необхідність маршрутизації пакета в зовнішню підмережу, слід знайти адресу підмережі відправника (спочатку в двійковому вигляді, а потім в десятковому),

застосувавши операцію логічного І (AND) для IP-адреси вузла відправника і маски підмережі відправника. Потім виконати операцію І (AND) для IP-адреси вузла одержувача і маски підмережі відправника. Порівнявши обидва результати, необхідно прийняти рішення про маршрутизацію даного пакета в суміжну підмережу (якщо результат не збігається) або передачі його в межах власної підмережі (якщо результат збігається).

Слід нагадати, що операція логічного І (AND) передбачає отримання двійкового результату рівного «1» при множенні двійкових розрядів рівних «1». При всіх інших можливих комбінаціях, результат множення буде дорівнювати двійковому «0». Докладний приклад виконання див.5.7.

1.8 Завдання відображення адрес мережевого і канального рівня

Виконання даного завдання слід починати з вибору двох довільних підмереж робочих станцій S_H , за умовою того, що дані підмережі будуть знаходитися на відстані, що розділена мінімум двома маршрутизаторами R . Далі, для обраних підмереж необхідно сформулювати таблицю такого змісту:

- 1) Найменування підмережі;
- 2) Найменування комутатора SW даної підмережі;
- 3) Порт комутатора;
- 4) Адреса канального рівня вузла підключеного до даного порту;
- 5) Найменування вузла (робочої станції).

Залежно від вибраної кількості портів комутатора SW підмереж робочих станцій S_H не зайняті порти слід позначити резервними. Адреси канального рівня (Ethernet MAC) вузлів підключених до комутатора вибираються довільно. Закінчив підготовку вихідних даних, необхідних для вирішення даного завдання, можна приступити до його безпосереднього виконання.

1.8.1. Відображення в локальному сегменті

Перша частина завдання полягає у визначенні послідовності виконання процедур протоколу ARP при перетворенні IP-адреси вузла підмережі на відповідну MAC-адресу, за умовою, що обидва вузла знаходяться в межах однієї підмережі. Два вузла, які беруть участь в обміні інформацією вибираються довільно зі списку робочих станцій підмережі. Для вирішення завдання пропонується заповнити два псевдозаголовка фрейма канального рівня (псевдозаголовки містять заголовки фрейму Ethernet формату DIX і заголовки ARP), наведеного на рис.1.

0				5				11				15																			
<i>DESTINATION MAC</i>								<i>SOURCE MAC</i>								<i>ETHTYPE</i>				<i>HWTYPE</i>											
<i>PTYPE</i>				<i>HLEN</i>				<i>PLEN</i>				<i>OPER</i>				<i>SENDER L2 ADDR</i>								<i>SENDER L3 ADDR</i>							
<i>TARGET L2 ADDR</i>								<i>TARGET L3 ADDR</i>																							

Рисунок 1 – Псевдозаголовок Ethernet DIX і ARP

Розшифровка полів, необхідних для заповнення:

- *DESTINATION MAC* - Фізична (локальна) адреса одержувача в заголовку фрейма Ethernet. При ширококомовній розсилки дорівнює FF: FF: FF: FF: FF: FF;
- *SOURCE MAC* – Фізична адреса відправника в заголовку фрейма Ethernet;
- *OPER* – Код операції протоколу відправника, запит (1) або відповідь (2);
- *SENDER L2 ADDRESS* – Фізична адреса відправника в заголовку протоколу ARP;
- *SENDER L3 ADDRESS* – Адреса протоколу мережевого рівня (логічний адресу) відправника в заголовку протоколу ARP;
- *TARGET L2 ADDRESS* – Фізична адреса одержувача в заголовку протоколу ARP. При ARP-запиті (1) невідомий (00: 00: 00: 00: 00: 00);
- *TARGET L3 ADDRESS* – Логічна адреса одержувача в заголовку протоколу ARP.

Як було зазначено вище, необхідно заповнити два псевдозаголовка, один для фрейма запиту ARP-протоколу, другий для фрейма відповіді.

Далі, на граф єдиної мережі передачі даних, отриманий після виконання пункту завдання 1.2, нанести графічний елемент, який зображає фрейми Ethernet, що передаються вузлу, вказанному в заповнених вище полях.

1.8.2 Відображення в віддалених сегментах

Друга частина завдання відрізняється розташуванням вузлів, що беруть участь в обміні даними. Умова полягає в тому, що вузли повинні розташовуватися в двох різних підмережах робочих станцій S_H , обраних в першій частині даного завдання. Вузли, які беруть участь в обміні, так само як і в попередньому пункті вибираються довільно зі списку робочих станцій

підмереж. Для виконання даного завдання не потрібно заповнювати псевдозаголовки фреймів, а лише нанести графічні елементи на граф єдиної мережі передачі даних, що зображують передачу фреймів Ethernet в віддалену підмережа вузлу призначення, із зазначенням коректних адрес відправника (поля $L2$, $L3$) і одержувача на даному сегменті мережі. Приклад виконання завдання розглянуто в 5.8.

1.9 Бездротовий доступ

Для створення і підтримки умов мобільності клієнта в межах комп'ютерної мережі передачі даних, необхідно доповнити структуровану кабельну систему мережі обладнанням бездротового доступу, що підтримує стандарт IEEE 802.11. В якості устаткування, що забезпечує бездротовий доступ до проектованої мережі використовується бездротова точка доступу (Wi-Fi AP).

Для вирішення даного завдання необхідно сформуванати таблицю технічних характеристик пристрою бездротового доступу, що містить в собі такі пункти:

- Місце включення точки доступу на графі мережі;
- IP-адреса точки доступу;
- Діапазон IP-адрес, що виділяються бездротовим клієнтам;
- MAC-адреса пристрою;
- Версія стандарту організації бездротового доступу і робочий частотний діапазон;
- Алгоритм забезпечення безпеки підключення бездротових пристроїв;
- Ідентифікатор бездротової мережі (SSID).

Приклад виконання даного завдання наведено в п. 5.9.

1.10 Моделювання мережі

Для перевірки працездатності проектованої мережі провести її моделювання в емуляторі Cisco Packet Tracer. Привести в роботі скріншоти отриманої моделі єдиної мережі передачі даних, що містить дротові та бездротові сегменти. А також скріншоти команди ping для обраних робочих станцій у п.1.8.1 і 1.8.2 (див. п.5.10).

Обов'язковою умовою допуску до захисту курсової роботи є демонстрація викладачеві працездатної моделі мережі в емуляторі.

2 Форма звіту

Курсова робота повинна мати титульний аркуш, зміст і виконані завдання курсової роботи відповідно до вимог даних методичних вказівок. Курсова робота повинна закінчуватися висновком про можливість застосування даної єдиної мережі передачі даних на практиці, нюансах реалізації та рекомендації щодо оптимізації та покращення конкретного проекту.

Технічні вимоги до оформлення документа:

- 1) Гарнітура TNR, кегль 14п .;
- 2) Міжрядковий інтервал 1.2;
- 3) Ліве і праве поле – 2.5см і 1.5 см;
- 4) Нижня і верхня поле – 2.0см;
- 5) Вирівнювання тексту по ширині сторінки;

3 Варіанти завдань

Варіанти завдань курсової роботи наведені в табл.1. Номер варіанту завдання видає викладач – керівник курсової роботи.

Графи вихідних топологій ядра мережі для кожного варіанта завдання представлені на рис.11 – рис.12 у п. 7.

Таблиця 1 – Вихідні дані завдання

Варіант	Топологія ядра мережі	Кількість роб. станцій, N	Кількість підмереж роб. ст., H	Кількість бездротов. ст.	Адреси під-мереж марш-рів, S_R	Адреси під-мереж роб. станцій, S_H
01	7	24	4	15	10.1.0.0/16	192.168.1.0/24
02	22	24	4	19	172.20.2.0/24	192.168.0.0/16
03	10	26	4	21	10.3.0.0/24	172.16.0.0/12
04	25	26	6	11	192.168.4.0/24	10.4.0.0/16
05	13	30	5	9	172.30.5.0/24	10.0.0.0/8
06	28	25	5	11	10.6.0.0/16	192.168.0.0/16
07	1	25	5	20	10.7.0.0/24	172.17.7.0/24
08	16	30	6	17	172.18.8.0/24	192.168.0.0/16
09	4	15	3	16	192.168.9.0/24	10.0.0.0/8
10	19	25	5	10	192.168.10.0/24	10.10.0.0/16

11	2	24	4	13	172.21.11.0/24	192.168.0.0/16
12	17	15	5	12	10.12.0.0/16	192.168.0.0/16
13	5	30	5	18	192.168.13.0/24	10.13.0.0/16
14	20	30	6	20	172.24.0/12	10.14.0.0/16
15	8	25	5	19	10.15.0.0/24	192.168.0.0/16
16	23	25	5	16	192.168.16.0/24	10.16.0.0/16
17	11	20	4	10	172.27.17.0/24	10.0.0.0/24
18	26	20	5	12	10.18.0.0/16	192.168.0.0/16
19	14	25	5	13	192.168.19.0/24	10.19.0.0/24
20	29	30	5	9	192.168.20.0/24	172.20.1.0/24
21	3	24	6	11	172.21.1.0/24	10.0.0.0/16
22	18	24	4	14	172.23.22.0/24	10.10.0.0/16
23	6	18	3	10	192.168.0.0/16	172.23.23.0/24
24	21	18	3	19	10.24.0.0/16	192.168.24.0/24
25	9	25	5	17	172.27.0.0/16	10.25.1.0/24
26	24	30	4	20	192.168.26.0/24	10.26.1.0/24
27	12	18	6	15	10.27.0.0/24	172.17.110.0/24
28	27	30	6	17	172.28.0.0/24	192.168.0.0/16
29	15	21	7	11	10.29.0.0/16	192.168.0.0/16
30	30	24	6	10	172.29.30.0/24	10.30.0.0/16

ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

4 Вихідні дані завдання

Вихідні дані прийняті для прикладу виконання даної курсової роботи:

- 1) Кількість робочих станцій мережі – $N = 36$;
- 2) Кількість підмереж робочих станцій – $H = 6$;
- 3) Кількість бездротових клієнтів – 20;
- 4) Доступний адресний простір для підмереж маршрутизаторів S_R – 172.17.117.0/24;
- 5) Доступний адресний простір для підмереж робочих станцій S_H – 10.10.0.0/16;

Топологія ядра мережі представлена на рис.2.

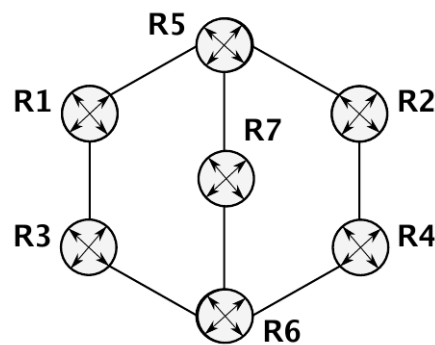


Рисунок 2 – Топологія ядра єдиної мережі передачі даних

Маючи достатню кількість вихідних даних можна приступити до послідовного виконання завдань курсової роботи.

5 Рішення завдань курсової роботи

5.1 Розподіл підмереж робочих станцій S_H єдиної мережі передачі даних

Згідно з вихідними умовами завдання, єдина мережа передачі даних повинна забезпечувати роботу мінімум 36 робочих станцій ($N = 36$), які необхідно розділити рівномірно на 6 підмереж. Тобто в кожній підмережі може перебувати 6 робочих станцій ($N/H = 36/6 = 6$), що в повній мірі задовольняє умові рівномірного розподілу.

5.2 Побудова графа єдиної мережі передачі даних

Розподіливши робочі станції по підмережах, можна приступити до доповнення графа єдиної мережі передачі даних.

Об'єднання робочих станцій в кожній підмережі буде здійснюватись за допомогою некерованого $L2$ -комутатора, з 8 фізичними портами FastEthernet. Тобто кожна робоча станція підключається до комутатора за допомогою кабелю UTP (неекранована кручена пара) категорії 5, утворюючи сегментоване повнодуплексне підключення.

З 8 фізичних портів комутатора, 6 портів використовуються для об'єднання робочих станцій і один порт для підключення до маршрутизатора R ядра єдиної мережі передачі даних.

Порт комутатора, який залишився, можна використовувати для каскадного підключення іншого комутатора при можливому розширенні підмережі або в якості технічного резерву.

Згідно вихідного графу єдиної мережі передачі даних, експлуатаційне навантаження мережі повинні забезпечувати 7 маршрутизаторів R . Залежно від розташування, маршрутизатори мають 3 або 4 інтерфейсу FastEthernet. Коректна маршрутизація пакетів між будь-якими підмережами забезпечиться при наявності 6 підмереж. Однак використовуючи маршрутизатор $R7$, можна організувати набір резервних зв'язків між підмережами робочих станцій і під мережами маршрутизаторів єдиної мережі передачі даних. З огляду на дану пропозицію слід використовувати 8 підмереж маршрутизаторів.

Розширений граф єдиної мережі передачі даних представлений на рис.3. На графі єдиної мережі передачі даних нанесені наступні буквено-цифрові найменування:

- $H1-H6$ – робочі станції єдиної мережі передачі даних;
- $R1-R7$ – маршрутизатори єдиної мережі передачі даних.
- $SW1-SW6$ – комутатори підмережі робочих станцій
- $BRD1-BRD6$ □ межі ширококомовних доменів підмереж робочих станцій;
- S_H1-S_H6 – підмережі робочих станцій;
- S_R1-S_R8 – підмережі маршрутизаторів.

На графі також позначені відповідні номери інтерфейсів маршрутизаторів R і порти комутаторів SW .

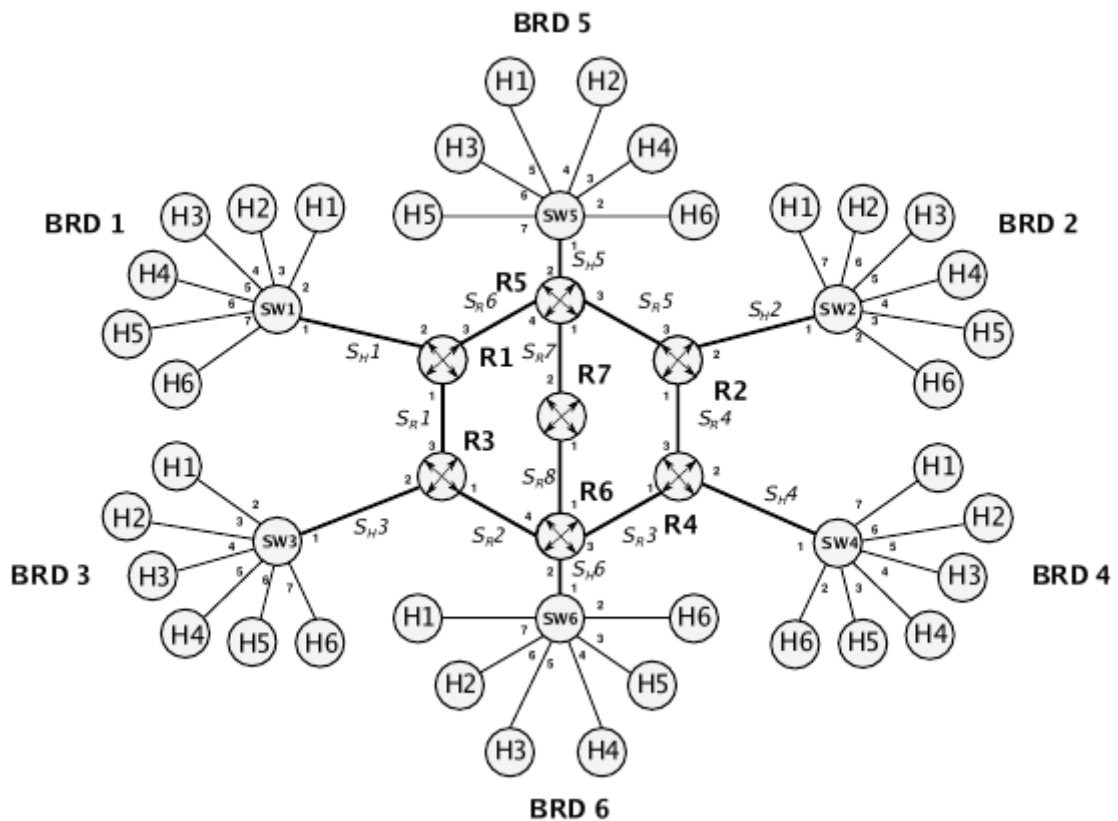


Рисунок 3 – Розширений граф єдиної мережі передачі даних

5.3 Перелік технічних засобів

За отриманим графом єдиної мережі передачі даних можна підрахувати загальну кількість технічних засобів, що витрачаються. Для коректного функціонування проєктованої мережі необхідний наступний набір обладнання:

- 1) 7 маршрутизаторів (5 маршрутизатора з 3 інтерфейсами FastEthernet, 2 маршрутизатора з 4 інтерфейсами FastEthernet);
- 2) 6 некерованих комутаторів (8 фізичних портів на кожному пристрої, повнодуплекс, автоузгодження), що підтримують мережу FastEthernet на кабелі UTP5e;
- 3) по 1 мережевій карті на кожному робочу станцію (36 мережових карт стандарту FastEthernet, повнодуплекс, автоузгодження);
- 4) Бездротова точка доступу (WiFi AP), яка підтримує стандарти 802.11b / g / n;
- 5) Опорна технологія мережі FastEthernet 100Мби /с, тип ліній зв'язку між усіма пристроями – неекранована кручена пара.

5.4 План IP-адресації підмереж робочих станцій S_H

Відповідно до завдання, для адресації підмереж робочих станцій S_H виділено адресний простір мережі 10.10.0.0/16. Даний простір дозволяє виділити близько 65536 IP-адрес ($32-16 = 16$ біт, $2^{16} = 65536$). Виділена мережа 10.10.0.0/16 використовує 2 байта для адресації мережі, 2 байта, що залишилися вільні. Запис мережі в двійковій нотації матиме вигляд:

10.10.0.0 – 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 0000

255.255.0.0 – 1111 1111.1111 1111.0000 0000.0000 0000

За результатами виконання попередніх завдань відомо, що в кожній підмережі робочих станцій S_H розташовується 6 вузлів. Додатково до цього, слід врахувати, що кожна підмережа підключається до відповідного маршрутизатора єдиної мережі передачі даних. Тобто для коректної маршрутизації і обміну інформацією між вузлами підмережі потрібно 7 IP-адрес на кожен підмережу робочих станцій S_H , з яких 6 IP-адрес призначаються відповідним робочим станціям, а одна IP-адреса призначається маршрутизатору R, підключеному через вказаний інтерфейс до даної підмережі. Однак, також не слід забувати про необхідність наявності адреси самої підмережі і широкомовної адреси.

Для адресації 7 вузлів досить 3 біт ($2^3 = 8$). Однак, з огляду на наявність адреси мережі і широкомовної адреси, доступними з даного адресного простору залишаться тільки 6 IP-адрес, що є недопустимим при умовах вихідного завдання. Тому, необхідно використовувати 4 біта, які дозволять адресувати 16 вузлів ($2^4 = 16$ IP-адрес). Додаткові адреси можна використовувати при розширенні підмережі або як резерв.

Використовуючи нотацію CIDR і безперервне виділення блоків IP-підмереж, виділимо 6 IP-підмереж з 16 доступними IP-адресами в кожній підмережі. Слід пам'ятати, що перші 2 байта мережі 10.10.0.0/16 не зміняться, а для виділення підмереж можна використовувати тільки останні 2 байта. Застосуємо маску підмережі довжиною 28 біт ($32-4 = 28$ біт для адресації мережі, 4 біта для адресації вузлів). Запис першої IP-підмережі в двійковій нотації буде мати вигляд:

10.10.0.0 – 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 0000

255.255.255.240 – 1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 0000

Перша IP-адреса мережі буде відрізнятися тільки одним молодшим бітом:

10.10.0.1 – 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 0001

Далі послідовно другий, третій і наступні адреси формуються з 4 молодших біт:

10.10.0.2 – 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 0010

10.10.0.3 – 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 0011

10.10.0.4 – 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 0100

10.10.0.5 – 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 0101

10.10.0.6 – 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 0110

10.10.0.7 – 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 0111

10.10.0.8 – 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 1000

... і т. д.

Аж до широкомовної адреси мережі, в якій всі молодші біти дорівнюють одиниці:

10.10.0.15 – 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 1111

Відповідно, наступна IP-підмережа буде мати адресу 10.10.0.16/28, або у двійковій нотації:

10.10.0.16 – 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 0000

255.255.255.240 – 1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 0000

З пулом IP-адрес, що відповідають масці підмережі:

10.10.0.17 – 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 0001

10.10.0.18 – 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 0010

10.10.0.19 – 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 0011

10.10.0.20 – 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 0100

10.10.0.21 – 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 0101

10.10.0.22 – 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 0110

10.10.0.23 – 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 0111

10.10.0.24 – 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 1000

... і т. д.

Широкомовна адреса мережі 10.10.0.16/28:

10.10.0.31 – 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 1111

Наступні мережі знаходяться аналогічним чином. Нарешті, шоста IP-підмережа буде мати адресу 10.10.0.80/28, або в двійковій нотації: 10.10.0.80 – 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 0000

255.255.255.240 – 1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 0000

Пул IP-адрес:

10.10.0.81 – 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 0001

10.10.0.82 – 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 0010
 10.10.0.83 – 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 0011
 10.10.0.84 – 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 0100
 10.10.0.85 – 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 0101
 10.10.0.86 – 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 0110
 10.10.0.87 – 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 0111
 10.10.0.88 – 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 1000
 . . . і т. д.

Широкомовна адреса мережі 10.10.0.80/28:

10.10.0.95 – 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 1111

Адресний простір, що залишився дозволяє організувати додатковий резерв при розширенні мережі.

Доступний пул IP-адрес в двійковій і десятковій нотації для кожної з 6 підмереж S_H наведено в табл.2.

Таблиця 2 – Адресація під мереж робочих станцій S_H

Під мережа	Пул IP-адрес	Двійкова нотація	Призначення
S_{H1}	10.10.0.0/28	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 0000	Адреса підмережі
	255.255.255.240	1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 0000	Маска підмережі
	10.10.0.1	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 0001	R1, інтерфейс 2
	10.10.0.2	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 0010	H1
	10.10.0.3	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 0011	H2
	10.10.0.4	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 0100	H3
	10.10.0.5	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 0101	H4
	10.10.0.6	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 0110	H5
	10.10.0.7	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 0111	H6
	10.10.0.8	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 1000	Резерв
		
10.10.0.14	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 1110	Резерв	
10.10.0.15	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 1111	Широкомов. адр.	
S_{H2}	10.10.0.16/28	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 0000	Адреса підмережі
	255.255.255.240	1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 0000	Маска підмережі
	10.10.0.17	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 0001	R2, інтерфейс 2
	10.10.0.18	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 0010	H1
	10.10.0.19	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 0011	H2
	10.10.0.20	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 0100	H3
	10.10.0.21	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 0101	H4

	10.10.0.22	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 0110	Н5	
	10.10.0.23	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 0111	Н6	
	10.10.0.24	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 1000	Резерв	
			
	10.10.0.30	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 1110	Резерв	
	10.10.0.31	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 1111	Широкомов. адр.	
S _{H3}	10.10.0.32/28	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0010 0000	Адреса підмережі	
	255.255.255.240	1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 0000	Маска підмережі	
	10.10.0.33	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0010 0001	R3, інтерфейс 2	
	10.10.0.34	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0010 0010	Н1	
	10.10.0.35	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0010 0011	Н2	
	10.10.0.36	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0010 0100	Н3	
	10.10.0.37	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0010 0101	Н4	
	10.10.0.38	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0010 0110	Н5	
	10.10.0.39	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0010 0111	Н6	
	10.10.0.40	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0010 1000	Резерв	
			
		10.10.0.46	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0010 1110	Резерв
		10.10.0.47	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0010 1111	Широкомов. адр.
S _{H4}	10.10.0.48/28	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0011 0000	Адреса підмережі	
	255.255.255.240	1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 0000	Маска підмережі	
	10.10.0.49	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0011 0001	R4, інтерфейс 2	
	10.10.0.50	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0011 0010	Н1	
	10.10.0.51	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0011 0011	Н2	
	10.10.0.52	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0011 0100	Н3	
	10.10.0.53	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0011 0101	Н4	
	10.10.0.54	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0011 0110	Н5	
	10.10.0.55	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0011 0111	Н6	
	10.10.0.56	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0011 1000	Резерв	
			
		10.10.0.62	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0011 1110	Резерв
		10.10.0.63	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0011 1111	Широкомов. адр.
S _{H5}	10.10.0.64/28	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0100 0000	Адреса підмережі	
	255.255.255.240	1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 0000	Маска підмережі	
	10.10.0.65	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0100 0001	R5, інтерфейс 2	
	10.10.0.66	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0100 0010	Н1	
	10.10.0.67	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0100 0011	Н2	
	10.10.0.68	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0100 0100	Н3	
	10.10.0.69	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0100 0101	Н4	
	10.10.0.70	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0100 0110	Н5	
	10.10.0.71	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0100 0111	Н6	
	10.10.0.72	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0100 1000	Резерв	

			
	10.10.0.78	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0100 1110	Резерв	
	10.10.0.79	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0100 1111	Широкомов. адр.	
S _{H6}	10.10.0.80/28	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 0000	Резерв	
	255.255.255.240	1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 0000	Широкомов. адр.	
	10.10.0.81	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 0001	Адреса підмережі	
	10.10.0.82	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 0010	Маска підмережі	
	10.10.0.83	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 0011	R6, інтерфейс 2	
	10.10.0.84	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 0100	H1	
	10.10.0.85	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 0101	H2	
	10.10.0.86	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 0110	H3	
	10.10.0.87	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 0111	H4	
	10.10.0.88	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 1000	H5	
			
		10.10.0.94	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 1110	Резерв
		10.10.0.95	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 1111	Широкомов. адр.

5.5 План IP-адресації підмереж маршрутизаторів S_R

Складемо план адресації для підмереж маршрутизаторів S_R . Відповідно до завдання, для адресації підмереж S_R виділено адресний простір мережі 172.17.117.0/24. Даний простір дозволяє виділити близько 256 IP-адрес ($32-24 = 8$ біт, $2^8 = 256$). Мережа 172.17.117.0/24 використовує 3 байти для адресації мережі, останній байт вільний. Запис мережі в двійковій нотації матиме вигляд:

172.17.117.0 – 1010 1100.0001 0001.0111 0101.0000 0000

255.255.255.0 – 1111 1111.1111 1111.1111 1111.0000 0000

З розширеного графу мережі відомо, що маршрутизація пакетів між будь-якими підмережами забезпечується при наявності 6 IP-підмереж. Використовуючи маршрутизатор R7, можна організувати набір резервних зв'язків між підмережами робочих станцій і підмережами маршрутизаторів мережі. З огляду на дану пропозицію використовуємо 8 підмереж маршрутизаторів.

Кожна підмережа маршрутизаторів S_R об'єднує 2 маршрутизатора. Для адресації 2 маршрутизаторів в кожній підмережі S_R досить 1 біта ($2^1 = 2$). Однак, враховуючи наявність адреси мережі і ширококомовної адреси, вузли залишаться неадресованими.

Отже, необхідно використовувати 2 біта, які дозволять адресувати 4 адреси ($2^2 = 4$ IP-адрес).

Використовуючи нотацію CIDR і безперервне виділення блоків IP-підмереж, виділимо 8 IP-підмереж з 4 доступними IP-адресами в кожній підмережі. Нагадаємо, що перші 3 байти мережі 172.17.117.0/24 не змінюються, а для виділення підмереж можна використовувати тільки останній байт. Застосуємо маску підмережі довжиною 30 біт ($32 - 2 = 30$ біт для адресації мережі, 2 біти для адресації маршрутизаторів). Запис першої IP-підмережі в двійковій нотації матиме вигляд:

172.17.117.0 – 1010 1100.0001 0001.0111 0101.0000 0000

255.255.255.252 – 1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 1100

Відповідно до маски, мережа має наступні IP-адреси (змінюються два молодших біта):

172.17.117.1 – 1010 1100.0001 0001.0111 0101.0000 0001

172.17.117.2 – 1010 1100.0001 0001.0111 0101.0000 0010

Широкомовна адреса мережі 172.17.117.0/30

172.17.117.3 – 1010 1100.0001 0001.0111 0101.0000 0011

Наступна IP-підмережа матиме адресу 172.17.117.4/30, або в двійковій нотації:

172.17.117.4 – 1010 1100.0001 0001.0111 0101.0000 0100

255.255.255.252 – 1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 1100

172.17.117.5 – 1010 1100.0001 0001.0111 0101.0000 0101

172.17.117.6 – 1010 1100.0001 0001.0111 0101.0000 0110

Широкомовна адреса мережі 172.17.117.4/30

172.17.117.7 – 1010 1100.0001 0001.0111 0101.0000 0111

і т.д.

Наступні мережі знаходяться аналогічним чином. Нарешті, восьма IP-підмережа буде мати адресу 172.17.117.28/30, або в двійковій нотації:

172.17.117.28 – 1010 1100.0001 0001.0111 0101.0001 1100

255.255.255.252 – 1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 1100

Пул IP-адрес:

172.17.117.29 – 1010 1100.0001 0001.0111 0101.0001 1101

172.17.117.30 – 1010 1100.0001 0001.0111 0101.0001 1110

Широкомовна адреса мережі 172.17.117.28/30

172.17.117.31 – 1010 1100.0001 0001.0111 0101.0001 1111

Доступний пул IP-адрес в двійковій і десятковій нотації для кожної з 8 підмереж S_R наведено в табл.3.

Таблиця 3 – Адресація під мереж маршрутизаторів S_R

Підм ереж а S_R	Пул IP-адрес	Двійкова нотація	Призначення
S_{R1}	172.17.117.0/30	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0000 00 00	Адреса підмережі
	255.255.255.252	1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 11 00	Маска підмережі
	172.17.117.1	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0000 00 01	R1, інтерфейс 1
	172.17.117.2	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0000 00 10	R3, інтерфейс 3
	172.17.117.3	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0000 00 11	Широкомовна адреса
S_{R2}	172.17.117.4/30	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0000 01 00	Адреса підмережі
	255.255.255.252	1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 11 00	Маска підмережі
	172.17.117.5	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0000 01 01	R3, інтерфейс 1
	172.17.117.6	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0000 01 10	R6, інтерфейс 4
	172.17.117.7	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0000 01 11	Широкомовна адреса
S_{R3}	172.17.117.8/30	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0000 10 00	Адреса підмережі
	255.255.255.252	1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 11 00	Маска підмережі
	172.17.117.9	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0000 10 01	R6, інтерфейс 3
	172.17.117.10	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0000 10 10	R4, інтерфейс 1
	172.17.117.11	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0000 10 11	Широкомовна адреса
S_{R4}	172.17.117.12/30	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0000 11 00	Адреса підмережі
	255.255.255.252	1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 11 00	Маска підмережі
	172.17.117.13	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0000 11 01	R4, інтерфейс 3
	172.17.117.14	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0000 11 10	R2, інтерфейс 1
	172.17.117.15	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0000 11 11	Широкомовна адреса
S_{R5}	172.17.117.16/30	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0001 00 00	Адреса підмережі
	255.255.255.252	1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 11 00	Маска підмережі
	172.17.117.17	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0001 00 01	R2, інтерфейс 3
	172.17.117.18	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0001 00 10	R5, інтерфейс 3
	172.17.117.19	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0001 00 11	Широкомовна адреса
S_{R6}	172.17.117.20/30	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0001 01 00	Адреса підмережі
	255.255.255.252	1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 11 00	Маска підмережі
	172.17.117.21	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0001 01 01	R5, інтерфейс 4
	172.17.117.22	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0001 01 10	R1, інтерфейс 3
	172.17.117.23	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0001 01 11	Широкомовна адреса
S_{R7}	172.17.117.24/30	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0001 10 00	Адреса підмережі
	255.255.255.252	1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 11 00	Маска підмережі
	172.17.117.25	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0001 10 01	R5, інтерфейс 1
	172.17.117.26	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0001 10 10	R7, інтерфейс 2
	172.17.117.27	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0001 10 11	Широкомовна адреса
S_{R8}	172.17.117.28/30	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0001 11 00	Адреса підмережі
	255.255.255.252	1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 11 00	Маска підмережі
	172.17.117.29	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0001 11 01	R7, інтерфейс 1

172.17.117.30	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0001 11 10	R6, інтерфейс 1
172.17.117.31	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0001 11 11	Широкомовна адреса

5.6 Таблиці маршрутизації єдиної мережі передачі даних

Виконавши завдання адресації підмереж і маючи схему графа мережі, можна приступити до наповнення таблиць маршрутизації маршрутизаторів *R*. Таблиці маршрутизаторів наповнюються статичними записами. Записи таблиці маршрутизації повинні задовольняти умові можливості зв'язку будь-якого вузла будь-якої підмережі з будь-яким вузлом будь-якої іншої підмережі.

В якості метрики відстані використовується число проміжних вузлів від вузла відправника єдиної до вузла призначення. Таблиці маршрутизації мережі передачі даних наведені в табл.4.

Таблиця 4 – Інформація про маршрути вузлів в підмережах

Маршрутизатор	Мережа призначення/ маска	Шлюз	Метрика
R1	172.17.117.20/255.255.255.252	Пряме підключення	-
	172.17.117.0/255.255.255.252	Пряме підключення	-
	172.17.117.8/255.255.255.252	172.17.117.2	2
	172.17.117.4/255.255.255.252	172.17.117.2	1
	172.17.117.12/255.255.255.252	172.17.117.21	2
	172.17.117.16/255.255.255.252	172.17.117.21	1
	172.17.117.16/255.255.255.252	172.17.117.2	2
	172.17.117.24/255.255.255.252	172.17.117.21	2
	10.10.0.0/255.255.255.240	Пряме підключення	-
	10.10.0.16/255.255.255.240	172.17.117.21	2
	10.10.0.32/255.255.255.240	172.17.117.2	1
	10.10.0.48/255.255.255.240	172.17.117.21	3
	10.10.0.48/255.255.255.240	172.17.117.2	3
	10.10.0.64/255.255.255.240	172.17.117.21	1
	10.10.0.80/255.255.255.240	172.17.117.2	2
R2	172.17.117.12/255.255.255.252	Пряме підключення	-
	172.17.117.16/255.255.255.252	Пряме підключення	-
	172.17.117.8/255.255.255.252	172.17.117.13	1
	172.17.117.0/255.255.255.252	172.17.117.18	2
	172.17.117.4/255.255.255.252	172.17.117.13	2
	172.17.117.24/255.255.255.252	172.17.117.18	1
	172.17.117.28/255.255.255.252	172.17.117.18	2
	172.17.117.28/255.255.255.252	172.17.117.13	2
	172.17.117.20/255.255.255.252	172.17.117.18	1
	10.10.0.16/255.255.255.240	Пряме підключення	-
	10.10.0.0/255.255.255.240	172.17.117.18	2
	10.10.0.32/255.255.255.240	172.17.117.18	3
	10.10.0.32/255.255.255.240	172.17.117.13	3
	10.10.0.48/255.255.255.240	172.17.117.13	3
	10.10.0.64/255.255.255.240	172.17.117.18	1
10.10.0.80/255.255.255.240	172.17.117.13	2	
R3	172.17.117.0/255.255.255.252	Пряме підключення	-

	172.17.117.4/255.255.255.252	Пряме підключення	-
	172.17.117.8/255.255.255.252	172.17.117.6	1
	172.17.117.12/255.255.255.252	172.17.117.6	2
	172.17.117.24/255.255.255.252	172.17.117.6	2
	172.17.117.24/255.255.255.252	172.17.117.1	2
	172.17.117.28/255.255.255.252	172.17.117.6	1
	172.17.117.16/255.255.255.252	172.17.117.1	2
	172.17.117.20/255.255.255.252	172.17.117.1	1
	10.10.0.32/255.255.255.240	Пряме підключення	-
	10.10.0.0/255.255.255.240	172.17.117.1	1
	10.10.0.16/255.255.255.240	172.17.117.6	3
	10.10.0.16/255.255.255.240	172.17.117.1	3
	10.10.0.48/255.255.255.240	172.17.117.6	2
	10.10.0.64/255.255.255.240	172.17.117.1	2
	10.10.0.80/255.255.255.240	172.17.117.6	1
R4	172.17.117.8/255.255.255.252	Пряме підключення	-
	172.17.117.12/255.255.255.252	Пряме підключення	-
	172.17.117.0/255.255.255.252	172.17.117.9	2
	172.17.117.4/255.255.255.252	172.17.117.9	1
	172.17.117.24/255.255.255.252	172.17.117.14	2
	172.17.117.24/255.255.255.252	172.17.117.9	2
	172.17.117.28/255.255.255.252	172.17.117.9	1
	172.17.117.16/255.255.255.252	172.17.117.14	1
	172.17.117.20/255.255.255.252	172.17.117.14	2
	10.10.0.48/255.255.255.240	Пряме підключення	-
	10.10.0.0/255.255.255.240	172.17.117.14	3
	10.10.0.0/255.255.255.240	172.17.117.9	3
	10.10.0.16/255.255.255.240	172.17.117.14	1
	10.10.0.32/255.255.255.240	172.17.117.9	2
	10.10.0.64/255.255.255.240	172.17.117.14	2
	10.10.0.80/255.255.255.240	172.17.117.69	1
R5	172.17.117.16/255.255.255.252	Пряме підключення	-
	172.17.117.20/255.255.255.252	Пряме підключення	-
	172.17.117.24/255.255.255.252	Пряме підключення	-
	172.17.117.8/255.255.255.252	172.17.117.26	2
	172.17.117.8/255.255.255.252	172.17.117.17	2
	172.17.117.12/255.255.255.252	172.17.117.17	1
	172.17.117.0/255.255.255.252	172.17.117.22	1
	172.17.117.4/255.255.255.252	172.17.117.26	2
	172.17.117.4/255.255.255.252	172.17.117.22	2
	172.17.117.28/255.255.255.252	172.17.117.26	1
	10.10.0.64/255.255.255.240	Пряме підключення	-
	10.10.0.0/255.255.255.240	172.17.117.22	1
	10.10.0.16/255.255.255.240	172.17.117.17	1
	10.10.0.32/255.255.255.240	172.17.117.22	2
	10.10.0.48/255.255.255.240	172.17.117.17	2
	10.10.0.80/255.255.255.240	172.17.117.26	2
R6	172.17.117.4/255.255.255.252	Пряме підключення	-
	172.17.117.8/255.255.255.252	Пряме підключення	-
	172.17.117.28/255.255.255.252	Пряме підключення	-
	172.17.117.12/255.255.255.252	172.17.117.10	1

	172.17.117.0/255.255.255.252	172.17.117.5	1
	172.17.117.24/255.255.255.252	172.17.117.29	1
	172.17.117.16/255.255.255.252	172.17.117.29	2
	172.17.117.16/255.255.255.252	172.17.117.10	2
	172.17.117.20/255.255.255.252	172.17.117.29	2
	172.17.117.20/255.255.255.252	172.17.117.5	2
	10.10.0.80/255.255.255.240	Пряме підключення	-
	10.10.0.0/255.255.255.240	172.17.117.5	2
	10.10.0.16/255.255.255.240	172.17.117.10	2
	10.10.0.32/255.255.255.240	172.17.117.5	1
	10.10.0.48/255.255.255.240	172.17.117.10	1
	10.10.0.64/255.255.255.240	172.17.117.29	2
R7	172.17.117.24/255.255.255.252	Пряме підключення	-
	172.17.117.28/255.255.255.252	Пряме підключення	-
	172.17.117.8/255.255.255.252	172.17.117.30	1
	172.17.117.12/255.255.255.252	172.17.117.30	2
	172.17.117.12/255.255.255.252	172.17.117.25	2
	172.17.117.0/255.255.255.252	172.17.117.30	2
	172.17.117.0/255.255.255.252	172.17.117.25	2
	172.17.117.4/255.255.255.252	172.17.117.30	1
	172.17.117.16/255.255.255.252	172.17.117.25	1
	172.17.117.20/255.255.255.252	172.17.117.25	1
	10.10.0.0/255.255.255.240	172.17.117.25	2
	10.10.0.16/255.255.255.240	172.17.117.25	2
	10.10.0.32/255.255.255.240	172.17.117.30	2
	10.10.0.48/255.255.255.240	172.17.117.30	2
	10.10.0.64/255.255.255.240	172.17.117.25	1
	10.10.0.80/255.255.255.240	172.17.117.30	1

5.7 Рішення завдання про маршрутизацію пакета

В якості вихідних даних для вирішення даного завдання оберемо вузол відправника $H2$ з IP-адресою 10.10.0.19, з підмережі S_{H2} – 10.10.0.16/28. Вузлом призначення довільно призначимо робочу станцію $H1$ з IP-адресою 10.10.0.50 з підмережі S_{H4} – 10.10.0.48/28.

Відповідно до завдання покажемо, що мережею відправника дійсно є зазначена мережа S_{H2} , зробивши множення IP-адреси відправника і маски підмережі відправника:

10.10.0.19 – 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 0011

255.255.255.240 – 1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 0000

10.10.0.16 – 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 0000

Дійсно IP-адреса належить вказаній мережі.

Накладемо маску підмережі на IP-адреса відправника і перевіримо чи належить цей IP-адреса тієї ж мережі:

10.10.0.50 – 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0011 0010

255.255.255.240 – 1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 0000

10.10.0.48 – 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0011 0000

IP-адреса одержувача належить іншій мережі. Тобто підмережа відправника і підмережа одержувачі не збігаються, отже необхідно маршрутизувати пакет.

5.8 Рішення завдання відображення адрес на мережевому і каналному рівнях

Відповідно до умов завдання, виберемо дві довільні підмережі робочих станцій, вузли яких беруть участь в обміні інформацією. В якості вихідних підмереж використовуємо підмережі S_{H1} і S_{H3} . Вони повною мірою відповідають умові, згідно якої підмережі повинні бути розташовані на відстані, розділеному двома маршрутизаторами R .

Для обраних підмереж створимо таблицю, що містить відомості про порти коммутатора SW і фізичних (каналних) адрес вузлів кожної окремої підмережі. Канальні адреси мають довільні значення. Однак необхідно враховувати розмір MAC-адреси мережі Ethernet (6 байт). Перелік вузлів обраних підмереж наведено в таб.5.

Таблиця 5 – MAC-адреси вузлів підмереж робочих станцій S_{H1} і S_{H3}

Підмережа S_H	Комутатор SW	Порт	Адреса каналного рівня	Вузол
S_{H1}	SW1	1	01:21:23:A3:5B:11	R1
		2	01:AA:B2:56:C1:12	H1
		3	01:AC:23C4:87:AA:13	H2
		4	01:EF:02:2E:00:14	H3
		5	01:D2:45:12:01:15	H4
		6	01:C1:11:09:D6:16	H5
		7	01:14:FF:05:B2:17	H6
		8	00:00:00:00:00:00	Резерв
S_{H3}	SW3	1	03:12:32:3A: B5:31	R3
		2	03:AA:2B:65:1C:32	H1
		3	03:CA:4C:78:AA:33	H2
		4	03:FE:20:E2:00:34	H3
		5	03:2D:54:21:10:35	H4
		6	03:1C:11:90:6D:36	H5
		7	03:41:FF:50:2B:37	H6
		8	00:00:00:00:00:00	Резерв

Заповнивши таблицю з вихідними даними можна приступити до послідовного виконання завдань.

5.8.1 Локальний сегмент

Перша частина завдання полягає в розгляді сценарію, згідно з яким виконується дозвіл адрес мережевого рівня на адреси канального рівня вузлів, розташованих в одній підмережі. Вузли вибираються довільно.

Заповнимо поля двох псевдозаголовків фрейма канального рівня при перетворенні IP-адреси на відповідну MAC-адресу робочої станції *Н6* (вузол призначення) в підмережі *S_{Н1}*. Запит на дозвіл виконує робоча станція *Н3* (вузол відправлення).

Виходячи з раніше виконаних завдань відомо, що IP-адреса вузла *Н6* в підмережі *S_{Н1}* дорівнює 10.10.0.7, MAC-адреса робочої станції, яку шукаємо, (відповідно до табл.5) дорівнює 01: 14: FF: 05: B2: 17. IP-адреса вузла *Н3* в підмережі *S_{Н1}* дорівнює 10.10.0.4, MAC-адреса робочої станції дорівнює 01: EF: 02: 2E: 00: 14. Запит протоколу ARP в межах підмережі виконується ширококомовною розсилкою фреймів Ethernet. Заповнений фрейм запиту представлений на рис.4.

0				5				11				15							
<i>FF:FF:FF:FF:FF:FF</i>								<i>01:EF:02:2E:00:14</i>								<i>ETHTYPE</i>		<i>HWTYPЕ</i>	
<i>PТYPE</i>		<i>HLEN</i>		<i>PLEN</i>		<i>1</i>		<i>01:EF:02:2E:00:14</i>								<i>10.10.0.4</i>			
<i>00:00:00:00:00:00</i>								<i>10.10.0.7</i>											

Рисунок 4 – Псевдозаголовок Ethernet і ARP при виконанні запиту MAC-адреси робочої станції *Н6*

Відповідь робочої станції *Н6* буде містити кадр Ethernet з даними протоколу ARP, що відправляється безпосередньо вузлу *Н3*. Заповнений фрейм відповіді вузла *Н6* разом з псевдозаголовка Ethernet представлений на рис.5.

0				5				11				15							
<i>01:EF:02:2E:00:14</i>								<i>01:14:FF:05:B2:17</i>								<i>ETHTYPE</i>		<i>HWTYPЕ</i>	
<i>PТYPE</i>		<i>HLEN</i>		<i>PLEN</i>		<i>2</i>		<i>01:14:FF:05:B2:17</i>								<i>10.10.0.7</i>			
<i>01:EF:02:2E:00:14</i>								<i>10.10.0.4</i>											

Рисунок 5 – Псевдозаголовок Ethernet і ARP при виконанні відповіді робочої станції Н6 вузлу НЗ

У висновку, нанесемо графічні елементи, що зображують передачу фреймів між вузлами НЗ (відправник) і Н6 (одержувач) в підмережі S_{H1} на граф сегмента єдиної мережі передачі даних. Отримані зображення наведені на рис.6.

5.8.2 Дистанційні сегменти

Друга частина завдання полягає в розгляді сценарію, згідно з яким виконується передача фреймів Ethernet між вузлами, розташованими у віддалених підмережах.

Як і в попередньому пункті, вузли вибираються довільно.

Вузлом-відправником призначена робоча станція $H2$ з підмережі S_{H1} (IP-адреса 10.10.0.3, MAC-адреса 01: AC: C4: 87: AA: 13), вузлом-одержувачем призначена робоча станція $H5$ з підмережі S_{H3} (IP-адреса 10.10.0.38, MAC-адресу 03: 1C: 11: 90: 6D: 36). За даними табл.1 маршрутизатор $R1$ має фізичну адресу 01: 21: 23: A3: 5B: 11, маршрутизатор $R3$ має каналну адресу 03: 12: 32: 3A: B5: 31.

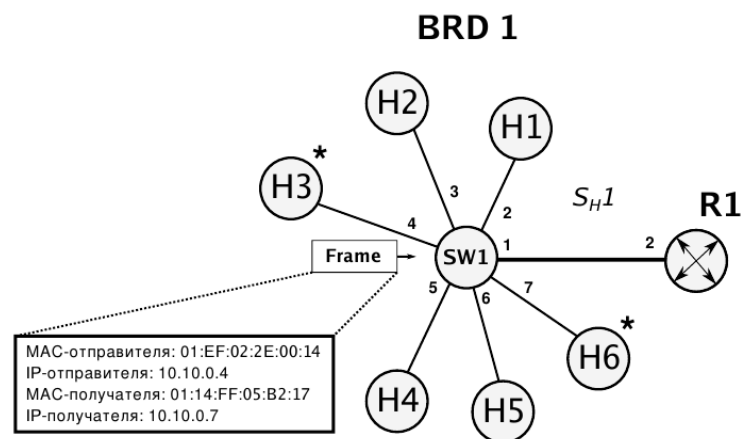


Рисунок 6 – Передача фреймів від вузла $H3$ вузлу $H6$ в межах підмережі S_{H1}

За вихідними умовами завдання, необхідності в заповненні полів фреймів Ethernet і псевдозаголовка протоколу ARP немає, тому що виконувані процедури дозволу адреси мережевого рівня на адресу каналного рівня будуть аналогічні процедурам, що виконувалися при відображенні адрес вузлів, розміщених в одній підмережі, з різницею в тому, що замість MAC-адреси вузла одержувача у відповідному сегменті мережі буде використовуватися

MAC-адреса маршрутизатора $R1$ (в разі передачі пакетів від вузла $H2$ з підмережі S_{H1} вузлу $H5$ з підмережі S_{H3}) або MAC-адреса маршрутизатора $R3$ (в разі передачі пакетів від вузла $H5$ з підмережі S_{H3} вузлу $H2$ з підмережі S_{H1}). Таким чином на кожному сегменті мережі в заголовках фреймів Ethernet будуть змінюватися адреси канального рівня (MAC-адреси) відправника і одержувача. Адреси мережевого рівня вузлів відправника та одержувача змінюватися не будуть. На рис.7 наведено сегмент єдиної мережі передачі даних і зображена передача фреймів канального рівня з відповідним змістом заголовків (MAC, IP-адреса відправника і MAC, IP-адреса одержувача) від вузла $H2$ з підмережі S_{H1} вузлу $H5$ з підмережі S_{H3} .

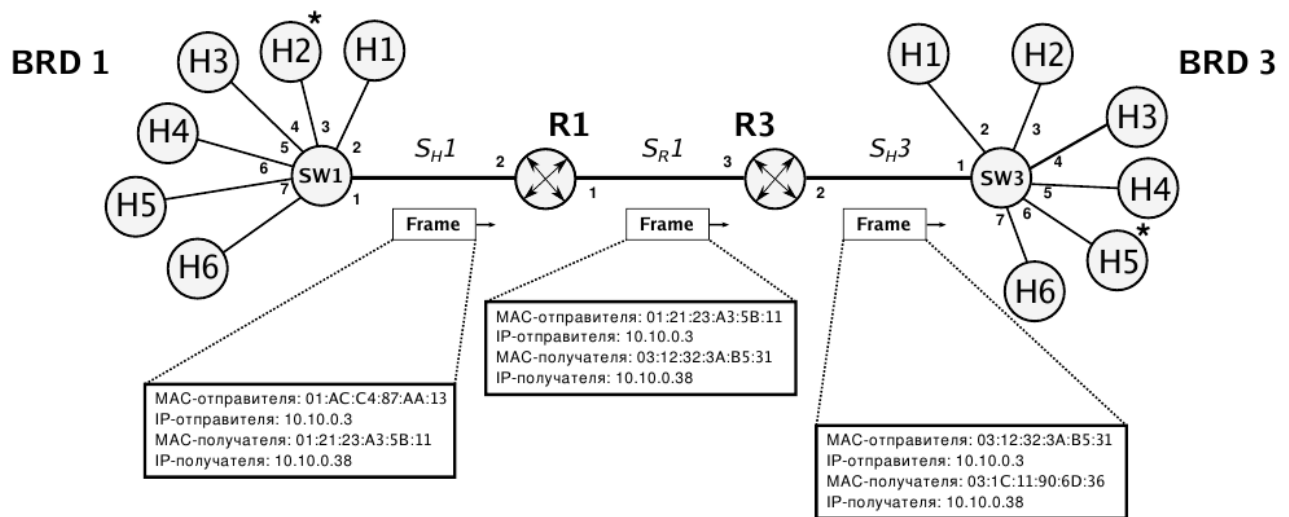


Рисунок 7– Передача фреймів канального рівня від вузла $H2$ з підмережі S_{H1} вузлу $H5$ з підмережі S_{H3}

5.9 Організація бездротового доступу до комп'ютерної мережі передачі даних

Для забезпечення бездротового доступу до інформаційно-обчислювальних ресурсів проектованої мережі, необхідно підключити бездротову точку доступу, що організує міст між дротовою мережею Ethernet і бездротовою зоною WiFi. При проектуванні мережі, зображеної на рис.3, були використані 8-портові комутатори FastEthernet, на кожному з яких один фізичний порт зарезервований для розширення. Таким чином підключення точки доступу можливо зробити до будь-якого комутатора SWi мережі. В такому випадку, бездротові станції можуть використовувати резервні IP-адреси з кожного діапазону (см.табл.2). Запропоноване рішення досить просто при реалізації, проте має ряд істотних недоліків: обмежений адресний простір,

складність контролю доступу бездротових клієнтів, змішання мережевого трафіку від довірених станцій і тимчасових клієнтів. З наведених причин, розглянемо інший варіант структуризації мережі бездротового доступу.

З огляду на територіальне розташування об'єктів мережі і ступінь концентрації бездротових станцій в центральній області, найбільш доцільним видається підключення точки доступу до окремого інтерфейсу (3) маршрутизатора R7.

Виходячи з розрахунків проведених в розділах 5.4 і 5.5, адресний простір проектованої мережі має достатню глибину, для виділення окремої IP-підмережі, призначеної для організації доступу бездротових клієнтів. Припускаючи наявність одночасно не більше 20 бездротових клієнтів в зоні доступу можливо розрахувати діапазон адресного простору, що виділяється.

Відповідно до розрахункових даних з розділу 5.4, для створення неперекриваємого адресного простору можна використовувати діапазон адрес починаючи з 10.10.0.96.

Для адресації 20 клієнтів необхідно використовувати 5 біт ($2^5 = 32$). Отриманий простір забезпечить можливість адресувати 28 бездротових станцій, враховуючи витрати на службові адреси: IP-адреса інтерфейсу маршрутизатора, адреса точки доступу, адреса мережі і ширококомвна адреса. Табл.6 містить план адресації для бездротового сегмента.

Таблиця 6– Адресація бездротового сегмента мережі

Пул IP-адрес	Двійкова нотація	Призначення
10.10.0.96/27	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0110 0000	Адреса підмережі
255.255.255.224	1111 1111.1111 1111.1111 1111. 1110 0000	Маска підмережі
10.10.0.97	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0110 0001	R7, інтерфейс 3
10.10.0.98	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0110 0010	Точка доступу
10.10.0.99	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0110 0011	Бездротовий клієнт 1
10.10.0.100	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0110 0100	Бездротовий клієнт 2
10.10.0.101	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0110 0101	Бездротовий клієнт 3
10.10.0.102	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0110 0110	Бездротовий клієнт 4
10.10.0.103	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0110 0111	Бездротовий клієнт 5
10.10.0.104	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0110 1000	Бездротовий клієнт 6
10.10.0.105	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0110 1001	Бездротовий клієнт 7
10.10.0.106	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0110 1010	Бездротовий клієнт 8
10.10.0.107	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0110 1011	Бездротовий клієнт 9
10.10.0.108	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0110 1100	Бездротовий клієнт 10
10.10.0.109	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0110 1101	Бездротовий клієнт 11
10.10.0.110	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0110 1110	Бездротовий клієнт 12
10.10.0.111	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0110 1111	Бездротовий клієнт 13
10.10.0.112	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0111 0000	Бездротовий клієнт 14
10.10.0.113	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0111 0001	Бездротовий клієнт 15
10.10.0.114	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0111 0010	Бездротовий клієнт 16
10.10.0.115	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0111 0011	Бездротовий клієнт 17

10.10.0.116	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0111 0100	Бездротовий клієнт 18
10.10.0.117	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0111 0101	Бездротовий клієнт 19
10.10.0.118	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0111 0110	Бездротовий клієнт 20
10.10.0.119	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0111 0111	Резерв
10.10.0.120	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0111 1000	Резерв
10.10.0.121	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0111 1001	Резерв
10.10.0.122	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0111 1010	Резерв
10.10.0.123	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0111 1011	Резерв
10.10.0.124	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0111 1100	Резерв
10.10.0.125	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0111 1101	Резерв
10.10.0.126	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0111 1110	Резерв
10.10.0.127	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0111 1111	Широкомовна адреса

Для коректної маршрутизації пакетів між дротовими і бездротовим сегментами мережі необхідно внести ряд змін. У таблицю маршрутизації кожного маршрутизатора мережі необхідно додати маршрут до мережі 10.10.0.96/27 через шлюз R7 (172.17.117.25 або 172.17.117.29). На бездротових станціях необхідно вказати шлюз по-замовчуванню R7 – 10.10.0.97.

Відповідно до завдання розділу 1.9 в табл.7 зведені основні дані конфігурації бездротової точки доступу: ідентифікатор бездротової мережі, частотний діапазон, що використовується, спосіб шифрування, секретна фраза і ін.

Таблиця 7– Конфігурація бездротової точки доступу

Параметр	Значение
Место включения	R7,интерфейс 3
IP-адрес	10.10.0.98
Адресное пространство	10.10.0.96/27
MAC-адрес точки доступа	BF:CC:1A:1E:AA:09
Поддерж. стандарты	802.11b/g/n, 2.4, 2.5, 5 GHz
Аутентификация	WPA-PSK
SSID	EKSPD

5.10 Результати моделювання мережі в Cisco Packet Tracer

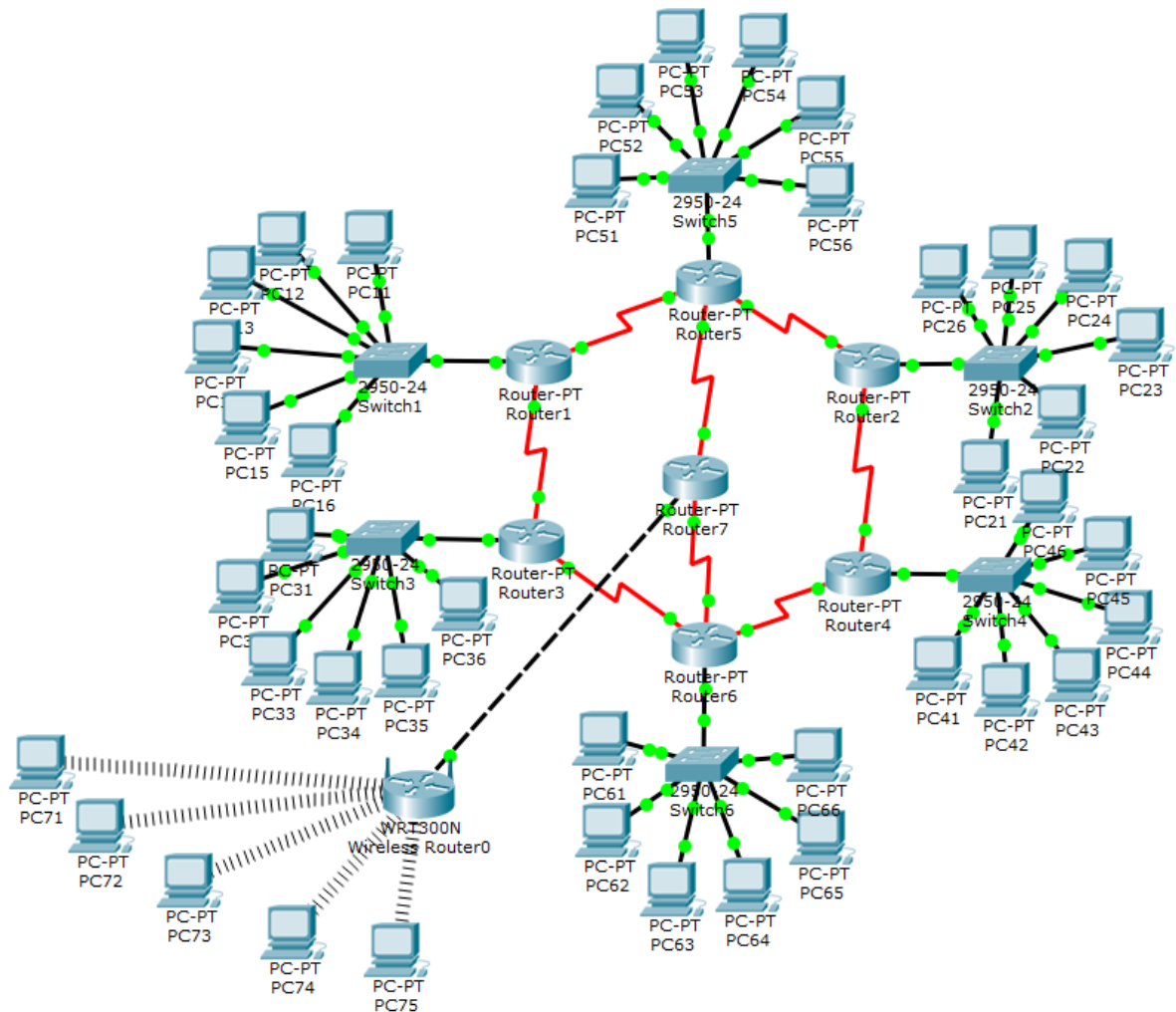


Рисунок 8 – Модель єдиної мережі передачі даних

```
PC>ipconfig

FastEthernet0 Connection: (default port)

    Link-local IPv6 Address . . . . . : FE80::250:FFF:FE3D:1845
    IP Address . . . . . : 10.10.0.4
    Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.240
    Default Gateway . . . . . : 10.10.0.1

PC>ping 10.10.0.7

Pinging 10.10.0.7 with 32 bytes of data:

Reply from 10.10.0.7: bytes=32 time=1ms TTL=128
Reply from 10.10.0.7: bytes=32 time=6ms TTL=128
Reply from 10.10.0.7: bytes=32 time=7ms TTL=128
Reply from 10.10.0.7: bytes=32 time=0ms TTL=128

Ping statistics for 10.10.0.7:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 7ms, Average = 3ms
```

Рисунок 9 – Результат виконання команди ping між вузлами 10.10.0.4 і 10.10.0.7

```

Packet Tracer PC Command Line 1.0
PC>ipconfig

FastEthernet0 Connection: (default port)

    Link-local IPv6 Address.....: FE80::2D0:58FF:FEB7:9A6
    IP Address.....: 10.10.0.3
    Subnet Mask.....: 255.255.255.240
    Default Gateway.....: 10.10.0.1

PC>ping 10.10.0.38

Pinging 10.10.0.38 with 32 bytes of data:

Request timed out.
Reply from 10.10.0.38: bytes=32 time=1ms TTL=126
Reply from 10.10.0.38: bytes=32 time=1ms TTL=126
Reply from 10.10.0.38: bytes=32 time=1ms TTL=126

Ping statistics for 10.10.0.38:
    Packets: Sent = 4, Received = 3, Lost = 1 (25% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 1ms, Average = 1ms

```

Рисунок 10 – Результат виконання команди ping між вузлами 10.10.0.3 і 10.10.0.38

5.11 Висновок за результатами виконання завдань курсової роботи

В результаті виконання курсової роботи з проектування єдиної комп'ютерної мережі передачі даних були вирішені наступні завдання.

Виконано планування і розподіл виділених підмереж робочих станці, побудовано граф розширеної мережі, створений план IP-адресації підмереж робочих станцій і план IP-адресації підмереж маршрутизаторів. Виділено і обгрунтовано перелік потрібних технічних засобів для реалізації коректної роботи єдиної комп'ютерної мережі. Вирішена задача відображення адрес мережевого рівня на адресу каналного рівня для різних сценаріїв місцезнаходження телекомунікаційних вузлів.

Таким чином комп'ютерна мережа передачі даних, яка розроблена в рамках курсової роботи, може використовуватися в якості попереднього плану при побудові аналогічних мереж передачі даних на практиці, із застосуванням сучасного обладнання. Досвід і знання, отримані в результаті проектування комп'ютерної мережі дозволять уникнути можливих помилок і провести оптимізацію характеристик реального проекту на попередньому етапі проектування.

6 Література

1. Кузнiченко С.Д. «Комп'ютерні мережі» Конспект лекцій. – Одеса: Вид-во «Екологія», 2007.– 123 с.
2. Олифер В. Г., Олифер Н. А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 4-е изд. – СПб.: Питер, 2010. — 944 е.: ил.
3. Хилл Б. Полный справочник по Cisco. М.: Издательский дом Вильямс, 2008.
4. Бони Дж. Руководство по Cisco IOS. СПб.: Питер, М.: Издательство Русская Редакция, 2008.
5. Пакет К. Создание сетей удаленного доступа Cisco. М.: Издательский дом Вильямс, 2003.
6. Э. Таненбаум, Д. Уэзеролл Компьютерные сети. 5-е изд. – СПб.: Питер, 2012.– 542 с.
7. Буров Є.В. Комп'ютерні мережі: Підручник. – Львів: «Магнолія 2006», 2012.– 262с.
8. Абрамов В.О., Клименко С.Ю. Базові технології комп'ютерних мереж: навчальний посiбник. – К.:Київ ун-т ім. Б.Грінченка, 2011. – 291 с.
9. Компьютерные сети: Учеб. пособие/ Чернега В., Платтнер Б – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2006. – 500 с.
10. Компьютерные сети/ Кулаков Ю.А., Луцкий Г.М. – К.: Юниор, 1998. – 384 с., ил.
11. Кузин А.В. Компьютерные сети: Учебное пособие М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2011.
12. Жуков І.А., Дрововозов В.І., Масловський Б.Г. Експлуатація комп'ютерних систем та мереж: Навчальний посiбник К.: НАУ, 2007.
13. Виснадул Б.Д., Лупин С.А., Сидоров С.В., Чумаченко П.Ю. Основы компьютерных сетей М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2007.
14. Коломоец Г.П. Организация компьютерных сетей: Учебное пособие Запорожье: КПУ, 2012.

7 Варіанти вихідного графа мережі

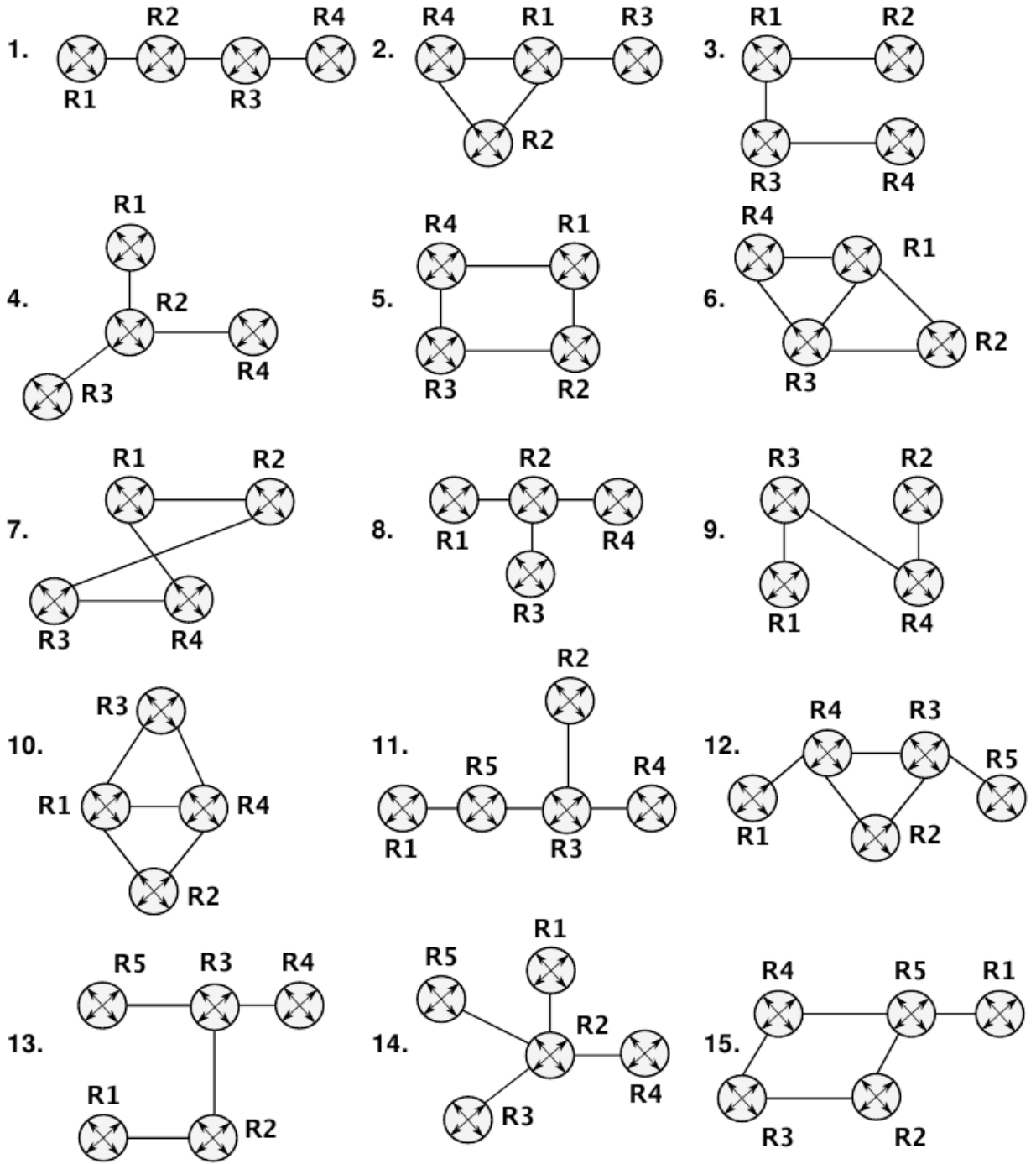


Рисунок 11 – Вихідна топологія ядра єдиної мережі передачі даних, варіанти 1-15

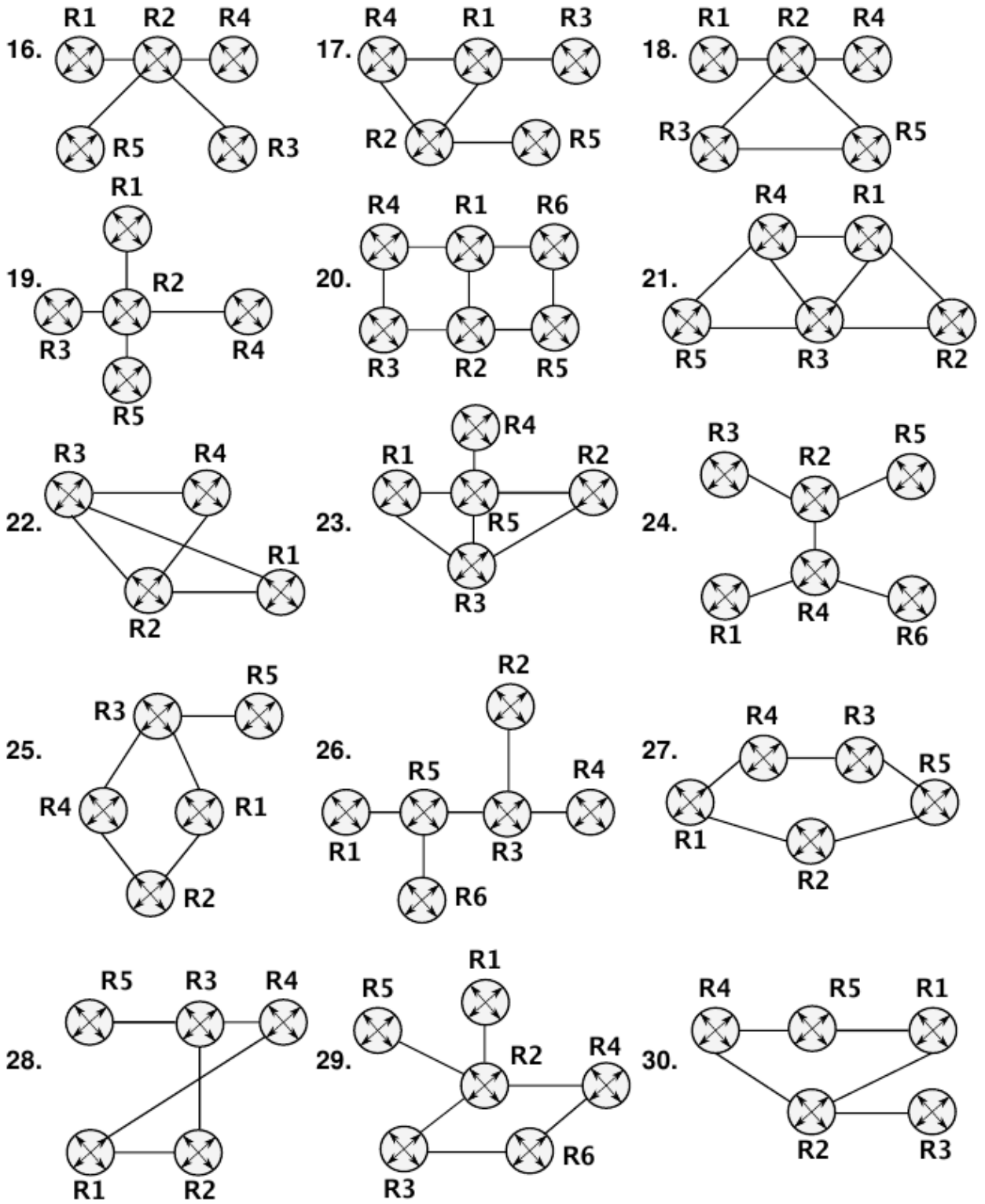


Рисунок 12 – Вихідна топологія ядра єдиної мережі передачі даних, варіанти 16-30