



**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

**ДИНАМІЧНА МАРШРУТИЗАЦІЯ
В IP-МЕРЕЖАХ.
ПРОТОКОЛ OSPF**

Навчальний посібник



Харків – 2017

**ДИНАМІЧНА МАРШРУТИЗАЦІЯ В
IP-МЕРЕЖАХ. ПРОТОКОЛ OSPF**

Навчальний посібник

Харків – 2018



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
УКРАЇНИ**

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ**

**ДИНАМІЧНА МАРШРУТИЗАЦІЯ
В IP-МЕРЕЖАХ. ПРОТОКОЛ OSPF**

Навчальний посібник

Харків – 2018

УДК 621.391(075.8)
ББК 32.81я73
П 775

*Рекомендовано вченою радою Українського державного університету
залізничного транспорту як навчальний посібник
(витяг з протоколу № 1 від 1 вересня 2017 р.)*

Рецензенти:

д-р техн. наук, професор В. М. Карташов (ХНУРЕ),
д-р техн. наук, доцент С. Г. Рассомахін (ХНУ ім. В. Н. Каразіна)

Авторський колектив:

Панченко С. В., Приходько С. І., Жученко О. С., Штомпель М. А.

Динамічна маршрутизація в IP-мережах. Протокол OSPF:
П 775 Навч. посібник / С. В. Панченко, С. І. Приходько, О. С. Жученко
та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2018. – 209 с., рис. 91, табл. 9.

ISBN 978-617-654-081-6

Навчальний матеріал, представлений у цьому навчальному посібнику, входить до відповідних підрозділів навчальних дисциплін «Телекомунікаційні та інформаційні мережі», «Телекомунікаційні та інформаційні мережі на залізничному транспорті», «Інтегральні цифрові мережі зв'язку», «Інтегральні мережі технологічного зв'язку», «Мережеві технології», «Комп'ютерно-інтегровані технології», які викладаються на кафедрі транспортного зв'язку Українського державного університету залізничного транспорту.

Навчальний посібник може бути використаний під час самостійної підготовки, при підготовці до певних контрольних заходів, у тому числі у формі тестового контролю, при виконанні контрольних, курсових і дипломних робіт (проектів), а також при викладанні певних підрозділів інших навчальних дисциплін відповідно до навчальних програм. Крім теоретичного (лекційного) матеріалу, навчальний посібник містить рекомендації щодо виконання певних практичних завдань, у тому числі з застосуванням програмного середовища імітаційного моделювання, а також типові завдання для проведення тестового контролю знань, які можуть бути використані викладачем при розробленні комплексу питань для проведення поточного, модульного контролю та інших контрольних заходів.

Рекомендується для студентів, які навчаються заочною (денною, вечірньою), заочною (дистанційною), поєднаними формами навчання, і викладачів вищих навчальних закладів.

УДК 621.391(075.8)
ББК 32.81я73

ISBN 978-617-654-081-6

© Український державний університет
залізничного транспорту, 2018.

Навчальний посібник

Панченко Сергій Володимирович,
Приходько Сергій Іванович,
Жученко Олександр Сергійович
та ін.

**ДИНАМІЧНА МАРШРУТИЗАЦІЯ В IP-МЕРЕЖАХ.
ПРОТОКОЛ OSPF**

Відповідальний за випуск Штомпель М. А.

Редактор Ібрагімова Н. В.

Підписано до друку 20.09.17 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 13,25. Тираж 50. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Український державний університет
залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.

ЗМІСТ

Вступ	6
1. Загальні відомості про маршрутизацію пакетів протоколу IP.....	8
1.1. Таблиця маршрутизації. Статична та динамічна маршрутизація	8
1.2. Класифікація протоколів маршрутизації.....	10
1.3. Особливості таблиць маршрутизації маршрутизаторів Cisco	15
2. Протокол OSPF	17
2.1. Загальні принципи роботи протоколу OSPF	17
2.2. Побудова бази даних стану каналів LSDB	20
2.3. Приклад роботи протоколу OSPF в IP-мережі з двома маршрутизаторами.....	30
3. Робота протоколу OSPF в декількох областях.....	52
3.1. Типи маршрутизаторів OSPF	56
3.2. Типи областей протоколу OSPF	58
3.3. Особливості проектування областей OSPF.....	60
3.4. Розподіл IP-адрес в областях OSPF.....	61
3.5. Визначення розмірів мережі OSPF та об'єму пам'яті маршрутизаторів	64
3.5.1. Визначення розмірів мережі OSPF	64
3.5.2. Визначення об'єму пам'яті маршрутизаторів OSPF	65
4. Розроблення схеми типового сегмента IP-мережі з протоколом маршрутизації OSPF	66
4.1. Основні кроки розроблення схеми типового сегмента IP-мережі з протоколом маршрутизації OSPF ...	66
4.2. Вихідні дані для розроблення схеми типового сегмента IP-мережі з протоколом маршрутизації OSPF ...	66
4.3. Розбиття загального адресного простору IP-мережі на підмережі. Розроблення схеми організації маршрутизації на основі протоколу OSPF	69
4.4. Розподіл IP-адрес. Визначення мережевих параметрів обладнання	77
5. Основні команди командного рядка операційної системи Cisco IOS для конфігурування протоколу OSPF	79

5.1. Команди відображення «show»	79
5.2. Команди налагодження «debug»	81
5.3. Команди ввімкнення відображення стану маршрутизаторів, з якими встановлено відношення сусідства	81
5.4. Команди конфігурування	82
6. Створення імітаційної моделі IP-мережі з протоколом маршрутизації OSPF та перевірка її роботи у програмному середовищі Cisco Packet Tracer	86
7. Дослідження роботи IP-мережі з протоколом маршрутизації OSPF у програмному середовищі Cisco Packet Tracer	93
8. Методичні вказівки та варіанти завдань для проведення дослідження роботи протоколу OSPF в IP-мережі з двома маршрутизаторами	123
9. Методичні вказівки та варіанти завдань для проведення дослідження роботи протоколу OSPF при розподілі домену маршрутизації на області	125
10. Додаткові варіанти завдань для проведення дослідження роботи протоколу OSPF	130
11. Типові завдання для проведення тестового контролю знань	148
11.1. Загальні питання з динамічної маршрутизації та протоколу OSPF	148
11.2. Широкомовний сегмент протоколу OSPF	156
11.3. Оголошення про стан зв'язків LSA	159
11.4. База даних LSDB маршрутизатора OSPF	162
11.5. Маршрути протоколу OSPF	167
11.6. Маршрутизатори протоколу OSPF	169
11.7. Області протоколу OSPF	172
11.8. Підсумовування IP-мереж, зворотні маски	175
Бібліографічний список	178
Додаток 1. Аналіз роботи протоколу OSPF при розбитті домену маршрутизації на області	180
Додаток 2. Типова трирівнева ієрархічна модель побудови IP-мережі	185
Додаток 3. Загальні відомості про оголошення LSA (типи 1–5)	195

Додаток 4. Підсумовування IP-мереж (маршрутів)	198
Додаток 5. Основні режими конфігурування пристроїв з операційною системою Cisco IOS	202
Додаток 6. Контекстна довідка в командному рядку операційної системи Cisco IOS	203
Додаток 7. Зворотна маска	204
Додаток 8. Відповіді на тестові питання	206

ВСТУП

Маршрутизація – це процес визначення маршруту передачі IP-пакета з однієї IP-мережі в іншу. Завдання маршрутизації вирішують маршрутизатори, а також, у загальному випадку, кінцеві вузли. На відміну від статичної, динамічна маршрутизація передбачає використання для пошуку маршрутів (оптимальних за відповідним критерієм) даних про топологію мережі та її стан, які отримують маршрутизатори шляхом обміну службовими повідомленнями відповідного протоколу динамічної маршрутизації з суміжними маршрутизаторами. Результатом роботи протоколів динамічної маршрутизації є узгодження вмісту таблиць маршрутизації взаємодіючих маршрутизаторів таким чином, щоб IP-пакет з однієї IP-мережі міг бути переданий у будь-яку іншу IP-мережу по оптимальному, за відповідним критерієм, маршруту. Протоколи динамічної маршрутизації дозволяють оперативнo вносити в таблиці маршрутизації дані про зміни зв'язків, що виникають у мережі.

Протокол OSPF (Open Shortest Path First) – відкритий протокол динамічної маршрутизації, який належить до класу протоколів стану каналів зв'язку та призначений для маршрутизації всередині автономної системи, тобто є внутрішнім шлюзовим протоколом. Протокол OSPF був розроблений Інженерною радою Інтернету IETF (Internet Engineering Task Force) у 1988 році. Поточною версією протоколу OSPF є друга версія (OSPF v2), яка представлена в RFC 2328.

У даному навчальному посібнику розглянуто загальні відомості про динамічну маршрутизацію пакетів протоколу IP та принципи роботи протоколу OSPF. Наведено приклад роботи протоколу OSPF в простішій мережі з двома маршрутизаторами. Особливу увагу приділено роботі протоколу OSPF в декількох областях. Докладно розглянуто питання розроблення сегмента IP-мережі з протоколом маршрутизації OSPF і створення його імітаційної моделі у програмному середовищі Cisco Packet Tracer. Наведено рекомендації щодо дослідження роботи імітаційної моделі IP-мережі з протоколом маршрутизації OSPF.

Навчальний посібник містить достатній обсяг теоретичних відомостей, необхідних у подальшому для вирішення практичних завдань, наведених в інших розділах цього видання.

Розділи навчального посібника, які містять методичні вказівки та варіанти завдань для проведення дослідження роботи протоколу OSPF у програмному середовищі імітаційного моделювання, а також типові завдання для проведення тестового контролю знань, сприяють засвоєнню теоретичного матеріалу, дозволяють набути відповідні уміння і навички.

1. Загальні відомості про маршрутизацію пакетів протоколу IP

1.1. Таблиця маршрутизації. Статична та динамічна маршрутизація

Маршрутизація (routing) – це процес визначення маршруту передачі IP-пакета з однієї IP-мережі в іншу. Завдання маршрутизації вирішують як маршрутизатори, так і кінцеві вузли.

Маршрутизатор, або шлюз, – це вузол мережі з декількома IP-інтерфейсами (які мають MAC-адреси і IP-адреси), підключеними до різних IP-мереж, що здійснює на основі вирішення завдання маршрутизації транспортування IP-пакетів з однієї IP-мережі в іншу з метою доставки IP-пакета від відправника до одержувача. Маршрутизатор працює на третьому рівні семирівневої моделі, тому є пристроєм третього рівня.

Транспортування IP-пакетів в IP-мережах здійснюється на основі інформації про можливі маршрути маршрутизаторів, що містяться в таблицях маршрутизації маршрутизаторів, а також кінцевих вузлів. Таким чином, таблиця маршрутизації – це база даних маршрутів, що зберігається в пам'яті всіх вузлів IP-мережі.

При задаванні маршруту в таблиці маршрутизації, як правило, вказуються:

- номер IP-мережі призначення або IP-адреса вузла призначення (номер IP-мережі або IP-адреса вузла, куди повинен бути відправлений IP-пакет) і відповідна маска (маска мережі призначення при задаванні маршруту до мережі призначення або маска вигляду 255.255.255.255 при задаванні маршруту до вузла призначення); задавання як адреси призначення IP-адреси певного вузла дозволяє задавати окремий маршрут проходження (специфічний маршрут) до конкретного вузла;

- IP-адреса суміжного маршрутизатора (шлюзу, наступного вузла), який буде здійснювати подальшу маршрутизацію (або вихідний порт маршрутизатора, на який повинен бути направлений IP-пакет);

- метрика маршруту, що характеризує міру переваги даного маршруту відповідно до заданого критерію, наприклад кількість маршрутизаторів, що входять у маршрут, пропускну

спроможність, затримка. Також у деяких маршрутизаторів у таблиці маршрутизації можуть міститися й інші додаткові умови, за якими вибирається маршрут. За наявності декількох маршрутів до однієї і тієї самої мережі маршрутизатори можуть вибрати маршрут з мінімальною метрикою.

Записи в таблиці маршрутизації можуть бути створені трьома основними джерелами:

- програмним забезпеченням маршрутизатора (це записи про безпосередньо підключені мережі, інформація про які вводиться при ручному конфігуруванні інтерфейсів маршрутизаторів або кінцевих вузлів, а також записи про деякі особливі адреси призначення);

- адміністратором шляхом ручного конфігурування маршрутів;

- протоколами динамічної маршрутизації.

Протоколи динамічної маршрутизації використовують для визначення маршрутів дані про топологію мережі та її стан, які отримують шляхом обміну службовими повідомленнями з суміжними маршрутизаторами мережі. Результатом роботи протоколів маршрутизації є узгодження вмісту таблиць маршрутизації взаємодіючих маршрутизаторів таким чином, щоб IP-пакет з однієї IP-мережі міг бути переданий у будь-яку іншу IP-мережу по маршруту з найменшою метрикою.

Протоколи динамічної маршрутизації дозволяють оперативно вносити в таблиці маршрутизації дані про зміни зв'язків, що виникають у мережі. Зазначимо, що маршрутизаторам мережі потрібен деякий час на узгодження таблиць маршрутизації після виникнення змін у топології мережі, який називають часом конвергенції. До закінчення узгодження таблиць маршрутизації мережа може працювати нестабільно, можуть навіть з'являтися хибні маршрути, відбуватися зациклення IP-пакетів.

Таким чином, маршрутизація, при якій маршрути вносяться в таблицю маршрутизації вручну при конфігуруванні маршрутизатора, називається статичною, а якщо протоколами динамічної маршрутизації – динамічною. При цьому відповідно до способу заповнення таблиці маршрутизації розрізняють статичні та динамічні маршрути.

При статичній маршрутизації маршрути в таблиці маршрутизації мають статус статичних, що має на увазі нескінченний строк їх життя. При істотній зміні стану мережі необхідно вручну (якнайшвидше) вносити зміни у відповідні таблиці маршрутизації (інакше мережа буде працювати некоректно). Зазначимо, що трудомісткість корекції таблиць маршрутизації різко зростає при збільшенні кількості маршрутизаторів у мережі та потребує багато часу. Крім того, при статичній маршрутизації неможливе визначення недоступності маршруту. Наприклад, при несправності (вимкненні) несуміжного маршрутизатора інші маршрутизатори можуть передавати IP-пакети по маршрутах, у які входить несправний (вимкнений) маршрутизатор, хоча, насправді, такі маршрути є недоступними.

Динамічний маршрут у таблиці маршрутизації завжди має час, протягом якого даний маршрут вважається дійсним (час життя маршруту). Якщо протягом часу життя маршруту протоколом динамічної маршрутизації не буде підтверджений даний маршрут, то він вважається недійсним і не може бути використаний для передачі IP-пакетів.

Таким чином, на відміну від статичної, динамічна маршрутизація забезпечує оперативне (автоматичне) внесення даних у таблиці маршрутизації про зміни топології і стану з'єднань мережі і, таким чином, не має недоліків статичної маршрутизації.

1.2. Класифікація протоколів маршрутизації

Розглянемо класифікацію протоколів маршрутизації.

За розподілом між маршрутизаторами функцій збору інформації про топологію мережі й пошуком оптимальних за заданим критерієм маршрутів розрізняють:

- розподілені протоколи маршрутизації;
- централізовані протоколи маршрутизації.

Розподілені протоколи маршрутизації не вимагають спеціально виділених маршрутизаторів, які збирали б і узагальнювали топологічну інформацію. Ця робота

розподіляється між усіма маршрутизаторами мережі, які є з цього погляду рівноправними. Кожний маршрутизатор будує власну таблицю маршрутизації, ґрунтуючись на даних, одержуваних по протоколу маршрутизації від інших маршрутизаторів мережі.

Централізовані протоколи маршрутизації передбачають наявність виділеного маршрутизатора, який збирає всю інформацію про топологію й стан мережі від інших маршрутизаторів. Потім цей виділений маршрутизатор може побудувати таблиці маршрутизації для всіх інших маршрутизаторів мережі, після чого розповсюдити їх по мережі.

Зазначимо, що застосовувані сьогодні в IP-мережах протоколи маршрутизації належать до динамічних розподілених протоколів маршрутизації.

Залежно від алгоритму знаходження оптимального за заданим критерієм маршруту, використовуваного протоколом маршрутизації, більшість протоколів маршрутизації можна поділити:

- на дистанційно-векторні протоколи (засновані на дистанційно-векторних алгоритмах DVA – Distance Vector Algorithm);

- протоколи стану каналів зв'язку (засновані на алгоритмах стану каналів зв'язку LSA – Link State Algorithm).

У дистанційно-векторних алгоритмах кожний маршрутизатор періодично й ширококомовно розсилає по мережі повідомлення («вектор відстаней»), компонентами якого є номери всіх відомих йому мереж і відстані (метрики) від даного маршрутизатора до цих мереж (як правило, у якості метрики використовується кількість проміжних маршрутизаторів у маршруті). Повідомлення протоколів маршрутизації звичайно називають оголошеннями, тому що за їх допомогою маршрутизатор повідомляє іншим маршрутизаторам відомі йому відомості про мережу.

Одержавши від деякого сусіда оголошення з відстанями (метриками) до відомих тому мереж, маршрутизатор нарощує ці відстані (метрики) на величину відстані (метрики) від себе до даного сусіда. Крім того, він доповнює оголошення інформацією про відомі йому самому інші мережі, про які він дізнався безпосередньо (якщо вони підключені до його портів) або з аналогічних оголошень інших маршрутизаторів.

Потім він знову розсилає оголошення з новими значеннями відстаней (метрик) по мережі (суміжних маршрутизаторах). Зрештою кожний маршрутизатор дізнається через сусідні (суміжні) маршрутизатори інформацію про всі наявні мережі й про відстані до них. Потім він вибирає з декількох альтернативних маршрутів до кожної мережі той маршрут, який має найменшу метрику.

Дистанційно-векторні протоколи маршрутизації, як правило, використовують алгоритм Белмана-Форда для пошуку найкоротшого маршруту.

Недоліками дистанційно-векторних протоколів є:

- великий об'єм передаваної службової інформації, оскільки періодичні оголошення розсилаються навіть якщо не відбулося ніяких змін у мережі;

- можливість некоректного у деяких випадках відпрацювання змін у конфігурації мережі (можливість зациклення IP-пакетів, появи неправильних, неіснуючих у дійсності, маршрутів), оскільки маршрутизатори не мають інформації про топологію всієї мережі, а оперують тільки узагальненою інформацією – переліком мереж і відстаней (метрик) до них;

- порівняно великий час конвергенції (час узгодження таблиць маршрутизації після виникнення змін у топології мережі).

Зазначимо, що дистанційно-векторні протоколи маршрутизації не призначені для застосування у великих мережах. Так, стандартний дистанційно-векторний протокол RIP (Routing Information Protocol) має обмеження за розміром мережі (який визначається маршрутом максимальної довжини) у 15 маршрутизаторів, оскільки метрика існуючого маршруту для протоколу RIP не повинна перевищувати 15, а метрика 16 означає нескінченно велику відстань (недоступність маршруту).

Протоколи стану каналів зв'язку забезпечують кожний маршрутизатор інформацією, достатньою для побудови точного графа зв'язків мережі. Усі маршрутизатори працюють на підставі того самого графа, що робить процес маршрутизації більш стійким до змін конфігурації.

Кожний маршрутизатор використовує граф мережі для знаходження оптимальних за деяким критерієм маршрутів до

кожної з мереж, що входять до складеної мережі. Як правило, з цією метою застосовується алгоритм Дейкстри.

Щоб зрозуміти, у якому стані знаходяться лінії зв'язку, підключені до його портів, маршрутизатор періодично обмінюється короткими пакетами HELLO зі своїми найближчими сусідами.

На відміну від дистанційно-векторних протоколів, оголошення протоколів стану каналів зв'язку з топологічною (маршрутною) інформацією не повторюються періодично, а передаються тільки в тому випадку, коли за допомогою повідомлень HELLO була встановлена зміна стану якого-небудь зв'язку. У результаті об'єм службової інформації, створюваної протоколами стану каналів зв'язку, набагато менший, ніж у дистанційно-векторних протоколів.

Зазначимо, що протоколи стану каналів зв'язку мають значно вищу обчислювальну складність порівняно з дистанційно-векторними протоколами, тому вони вимагають більшої продуктивності апаратної частини маршрутизатора, що збільшує вартість обладнання з підтримкою протоколів стану каналів зв'язку.

Найпоширенішим стандартним протоколом, заснованим на алгоритмі стану каналів зв'язку, є протокол OSPF (Open Shortest Path First).

Стосовно автономної системи (за сферою застосування) виділяють протоколи, призначені для маршрутизації:

- усередині автономної системи (внутрішні шлюзові протоколи Interior Gateway Protocols, IGP);

- між автономними системами (зовнішні шлюзові протоколи Exterior Gateway Protocol, EGP).

Загалом під автономною системою (Autonomous System, AS) слід розуміти сукупність мереж, що перебувають під єдиним технічним керуванням, забезпечують єдину й чітко визначену політику маршрутизації для всіх маршрутизаторів автономної системи, які використовують внутрішні шлюзові протоколи для маршрутизації IP-пакетів усередині автономної системи й зовнішній шлюзовий протокол для маршрутизації IP-пакетів до інших автономних систем.

Концепція автономних систем забезпечує трирівневий підхід до маршрутизації, тобто спочатку маршрут визначається як послідовність автономних систем, потім – як послідовність мереж усередині автономної системи, а потім веде до кінцевого вузла.

Відповідно до цієї концепції мережа Інтернет виглядає як сукупність взаємозалежних автономних систем (їх кількість становить більше 56 тисяч на початок 2017 року), з'єднаних зовнішніми шлюзами (маршрутизаторами), що показано на рис. 1.1. Між зовнішніми шлюзами використовується зовнішній шлюзовий протокол маршрутизації – у цей час це єдиний протокол BGP (Border Gateway Protocol) версії 4 (BGPv4). Усі інші протоколи динамічної маршрутизації є внутрішніми шлюзовими протоколами.

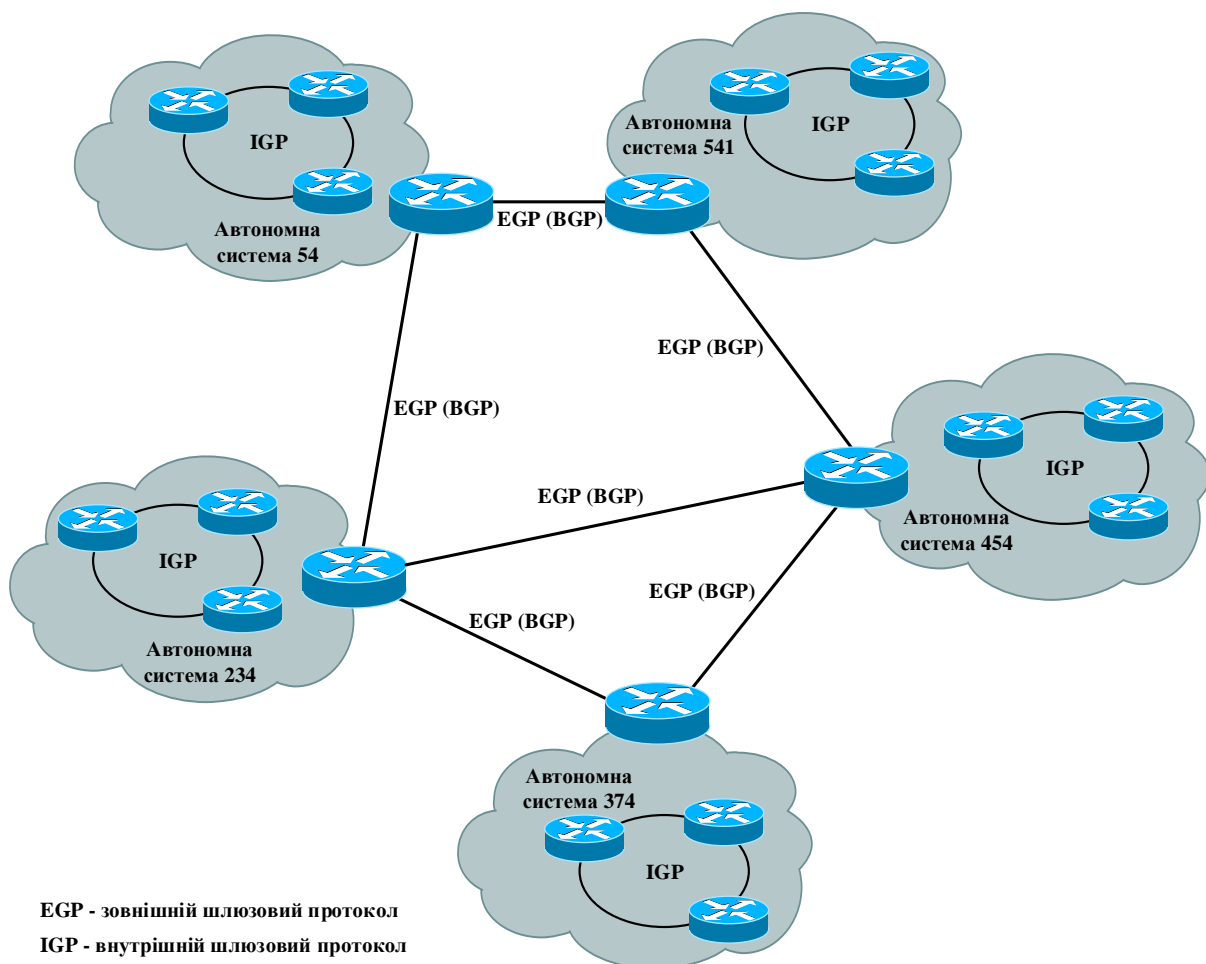


Рис. 1.1. Автономні системи мережі Інтернет

Автономні системи утворюють магістраль Інтернету й дозволяють приховати від адміністраторів магістралі проблеми маршрутизації пакетів на більш низькому рівні – рівні мереж. Для адміністратора магістралі неважливо, які протоколи маршрутизації застосовуються усередині автономних систем, для нього існує єдиний протокол маршрутизації – BGPv4.

Кожна автономна система має унікальний номер, який служить її ідентифікатором при обміні зовнішньою маршрутною інформацією (тобто інформацією для доступу різних автономних систем одна до одної) з іншими автономними системами за допомогою зовнішнього шлюзового протоколу. Більша частина номерів автономних систем призначена для мережі Інтернет, однак номери автономних систем з 64512 до 65534 виділені для приватних автономних систем, які можуть використовуватися тільки локально, за аналогією з приватними IP-адресами (приватні автономні системи не розглядаються як складова частина мережі Інтернет).

1.3. Особливості таблиць маршрутизації маршрутизаторів Cisco

До таблиці маршрутизації маршрутизаторів Cisco входять:

- IP-адреси й маски безпосередньо підключених мереж (маршрути до безпосередньо підключених мереж) – мереж, у яких знаходяться інтерфейси маршрутизатора. Дані маршрути вносяться в таблицю маршрутизації в процесі конфігурації маршрутизатора. У таблиці маршрутизації вони позначаються буквою C (Connected);

- IP-адреси й маски інтерфейсів маршрутизатора, які вводяться при конфігуруванні відповідних інтерфейсів (маршрути до власних інтерфейсів маршрутизатора). У таблиці маршрутизації вони позначаються буквою L (Local);

- статичні маршрути, які позначаються буквою S (Static);

- динамічні маршрути (позначення залежить від назви протоколу маршрутизації).

У маршрутизаторах компанії Cisco використовується додаткова ознака, за якою проводиться вибір маршруту, –

адміністративна відстань. Адміністративна відстань необхідна маршрутизатору для ухвалення рішення про те, який з маршрутів помістити в таблицю маршрутизації у випадку, якщо інформація про мережу або вузол призначення може бути отримана від різних джерел (введена вручну або отримана від протоколів маршрутизації).

Більший пріоритет має той маршрут, який має меншу адміністративну відстань. Зазначимо, що за замовчуванням для безпосередньо підключеної мережі значення адміністративної відстані дорівнює 0, для статичного маршруту до наступного маршрутизатора – 1, для протоколів динамічної маршрутизації RIP – 120, OSPF – 110. Маршрут з адміністративною відстанню 255 вважається недоступним. Зазначимо, що значення адміністративної відстані можна змінювати за допомогою відповідних команд.

У випадку двох однакових маршрутів з однаковим значенням адміністративної відстані вибір маршруту провадиться на основі значення метрики маршруту. У такий спосіб метрики маршрутів при виборі одного маршруту з декількох ураховуються в другу чергу після адміністративної відстані. Використання адміністративної відстані, як додаткової ознаки для вибору маршруту, дозволяє задавати резервні маршрути. Однак, на відміну від метрики маршруту, значення адміністративної відстані використовуються тільки локально (розсилання адміністративної відстані протоколами маршрутизації не проводиться).

Зазначимо, що в таблицю маршрутизації записуються не всі можливі маршрути, а тільки маршрути, які мають найменше значення адміністративної відстані або метрики при рівності адміністративних відстаней (якщо ввімкнена функція балансування навантаження, то до таблиці маршрутизації записуються й маршрути з однаковими адміністративними відстанями та метриками).

2. Протокол OSPF

2.1. Загальні принципи роботи протоколу OSPF

Аналіз роботи протоколу OSPF при розбитті домену маршрутизації на області подано в дод. 1, а типову трирівневу ієрархічну модель побудови IP-мережі – у дод. 2.

Розглянемо в загальному вигляді основні принципи роботи протоколу OSPF. Для коректності загального опису роботи протоколу введемо такі поняття:

– сусідні маршрутизатори або сусіди (Neighbours) – це маршрутизатори, інтерфейси яких належать до одного сегмента мережі (такі маршрутизатори можуть безпосередньо надсилати один одному певні повідомлення) і в яких збігаються значення певних параметрів (більш докладно ці параметри будуть розглянуті нижче). Маршрутизатори вважаються сусідами після того, як вони додали один одного до списку сусідів, перейшовши у стан двобічного узгодження (зв'язку) TWO WAY (цей процес буде докладно розглянутий нижче на конкретному прикладі);

– оголошення про стан зв'язків LSA (Link State Advertisements) – це повідомлення, яке містить інформацію про власні зв'язки (канали) маршрутизаторів (топологічну інформацію). У якості прикладу власних зв'язків можна навести безпосередні зв'язки з іншими маршрутизаторами (за принципом «точка-точка»), ширококомовними мережами, мережами, до яких підключені користувачі. Зазначимо, що кожному зв'язку (каналу) ставиться у відповідність певна метрика, яка за замовчуванням залежить від швидкості передачі каналу;

– база даних стану каналів LSDB (Link State Database) – це множина записів про стан каналів (зв'язків) всіх маршрутизаторів мережі (один запис бази даних відповідає одному оголошенню про стан зв'язків LSA);

– відношення сусідства (Full Adjacency) – це взаємозв'язок між певними сусідніми маршрутизаторами, який встановлюється з метою синхронізації їх баз даних LSDB. Відношення сусідства настають після того, як сусідні маршрутизатори завершили процес синхронізації бази даних LSDB між собою шляхом обміну топологічною інформацією (оголошеннями LSA), перейшовши в

стан FULL STATE (цей процес буде докладно розглянутий нижче на конкретному прикладі).

Результатом роботи протоколу OSPF є побудова кожним маршрутизатором таблиці маршрутизації. Процес побудови таблиці маршрутизації можна розділити на два етапи.

На першому етапі маршрутизатори будують зважений граф IP-мережі, для чого вони обмінюються з маршрутизаторами, з якими в них установлені відношення сусідства, оголошеннями про стан зв'язків LSA, які містять топологічну інформацію, відому маршрутизаторам на даний момент часу. У результаті всі маршрутизатори мережі будуть мати у своєму розпорядженні ідентичні відомості про граф мережі, які зберігаються в базі даних стану каналів LSDB.

Другий етап полягає у знаходженні оптимальних маршрутів за допомогою отриманого графа мережі. У протоколі OSPF для вирішення завдання знаходження оптимальних маршрутів використовується алгоритм Дейкстри. Кожен маршрутизатор шукає оптимальний маршрут від себе до кожної відомої йому мережі (до кожної вершини графа мережі). У кожному знайденому таким чином маршруті запам'ятовується тільки один крок – до наступного суміжного маршрутизатора відповідно до принципу однокрокової маршрутизації. Дані про цей крок і потрапляють у таблицю маршрутизації. Якщо кілька маршрутів мають однакову метрику до мережі призначення, то в таблиці маршрутизації запам'ятовуються перші кроки всіх цих маршрутів.

Для того щоб база даних стану каналів LSDB відповідала поточному стану мережі, маршрутизатори постійно відслідковують зміни стану зв'язків (каналів) мережі та вносять необхідні корективи в базу даних і в таблицю маршрутизації. Для контролю за станом зв'язків сусідні маршрутизатори регулярно передають один одному повідомлення HELLO (у широкомовному сегменті мережі повідомлення HELLO передаються на широкомовну адресу 224.0.0.5). Повідомлення HELLO відправляються через кожні 10 с, щоб підвищити швидкість адаптації маршрутизаторів до змін стану зв'язків. Невеликий об'єм цих повідомлень робить можливим таке часте тестування стану каналів. На підставі прийнятих від сусідніх

маршрутизаторів повідомлень HELLO маршрутизатор формує записи про стан зв'язків з ними в базі даних LSDB.

У тому випадку, коли повідомлення HELLO перестають надходити від будь-якого сусіднього маршрутизатора, маршрутизатор робить висновок про те, що стан відповідного каналу (зв'язку) змінився з працездатного на непрацездатний і вносить відповідні зміни у власну базу даних LSDB. Далі цей маршрутизатор надсилає маршрутизаторам, з якими у нього встановлені відношення сусідства, оголошення про стан зв'язків LSA про ці зміни, і ті також коректують свої бази даних і у свою чергу розсилають дане оголошення LSA іншим маршрутизаторам мережі, з якими у них встановлені відношення сусідства (крім того маршрутизатора, від якого воно було отримано). Після внесення змін у граф мережі маршрутизатори знову шукають оптимальні маршрути і коригують власні таблиці маршрутизації.

Конвергенція таблиць маршрутизації до нового стабільного стану здійснюється досить швидко. Цей час складається з часу передачі оголошення LSA та часу пошуку нових маршрутів за алгоритмом Дейкстри.

Зазначимо, що аналогічний процес відбувається і в тому випадку, коли в мережі з'являється новий маршрутизатор, який оголошує про себе за допомогою своїх повідомлень HELLO, або новий зв'язок.

Якщо ж стан зв'язків (каналів) мережі не змінюється, то оголошення про стан зв'язків LSA не формуються і таблиці маршрутизації не коригуються, що заощаджує пропускну спроможність мережі та обчислювальні ресурси маршрутизаторів. Однак у цього правила є виняток – кожні 30 хв маршрутизатори синхронізують записи в базі даних LSDB для підвищення надійності роботи мережі. Оскільки цей період досить тривалий, то цей виняток незначно позначається на роботі мережі.

Метрика зв'язків (каналів) протоколу OSPF, за замовчуванням, залежить від швидкості передачі каналу зв'язку, Мбіт/с, та визначається відносно швидкості передачі 100 Мбіт/с:

$$\text{Метрика} = 100 / \text{Швидкість передачі каналу},$$

де 100 – це швидкість передачі, Мбіт/с, відносно якої визначається метрика.

Значення метрики протоколу OSPF є цілим числом і може знаходитись у діапазоні $1 \div 65535$. При використанні технологій передачі зі швидкістю більше 100 Мбіт/с можливе визначення метрики відносно більшого значення швидкості передачі. Наприклад, для технології Gigabit Ethernet метрику можна визначити відносно величини 1000 Мбіт/с і, таким чином, значення метрики для технології Gigabit Ethernet буде мати значення 1, для технології Fast Ethernet – 10. Але необхідно врахувати, що зміни у визначенні метрик повинні бути застосовані на кожному з маршрутизаторів мережі.

Протокол OSPF дозволяє зберігати в таблиці маршрутизації кілька маршрутів до однієї мережі, якщо вони мають рівні метрики. Якщо такі записи утворюються в таблиці маршрутизації, то маршрутизатор реалізує режим балансування навантаження, відправляючи пакети по черзі по кожному з маршрутів.

На жаль, обчислювальна складність протоколу OSPF швидко зростає зі збільшенням розміру мережі (кількості маршрутизаторів). Для подолання цього недоліку в протоколі OSPF вводиться поняття області (Area). Маршрутизатори, які належать деякій області, будують граф мережі та застосовують алгоритм Дейкстри тільки для цієї області, що значно зменшує обчислювальну складність пошуку маршрутів. Між областями інформація про зв'язки не передається, а граничні для областей маршрутизатори (маршрутизатори, які належать до декількох областей) обмінюються тільки інформацією про адреси мереж, які є в кожній з областей, і метрикою (відстанню) від граничного маршрутизатора до кожної мережі. При передачі корисної інформації між областями вибирається один з граничних маршрутизаторів області, а саме той, у якого метрика (відстань) до потрібної мережі менша.

2.2. Побудова бази даних стану каналів LSDB

Розглянемо принципи побудови бази даних стану каналів LSDB маршрутизаторів OSPF на прикладі мережі, до складу якої входять маршрутизатори, з'єднані за принципом «точка-точка»

(рис. 2.1, а). Окремо зазначимо, що розглядається випадок, коли при конфігуруванні маршрутизаторів був установлений тип з'єднання «point-to-point» (при безпосередньому з'єднанні між собою маршрутизаторів, які мають порти Ethernet, двоточкове на фізичному рівні з'єднання за замовчуванням буде вважатися ширококомовним сегментом. Змінити тип з'єднання на «point-to-point» можна при конфігуруванні маршрутизаторів).

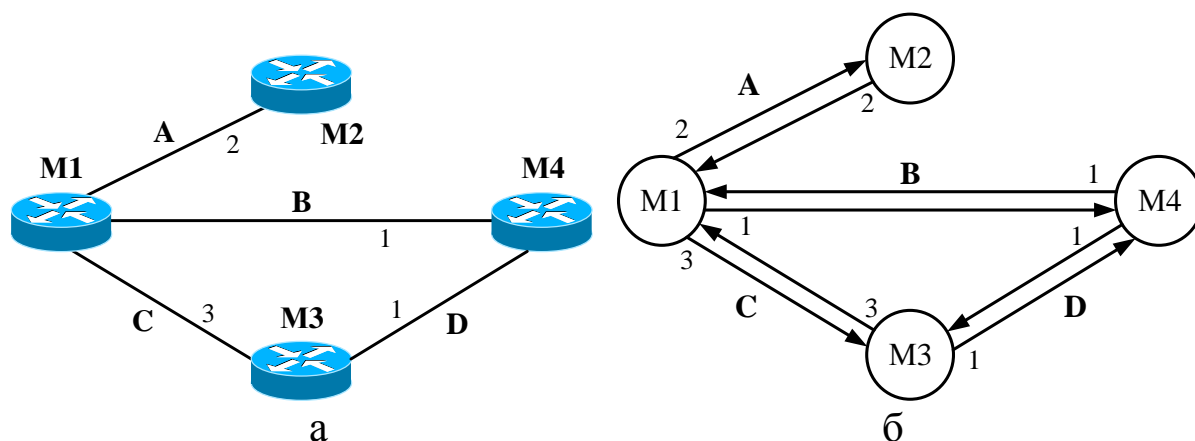


Рис. 2.1. Приклад IP-мережі та відповідного їй графа:
а – IP-мережа (тільки двоточкові з'єднання, без ширококомовних сегментів); б – орієнтований граф мережі

На рис. 2.1, а кожному маршрутизатору привласнений ідентифікатор, кожне двоточкове з'єднання (лінія зв'язку) знаходиться в окремій IP-мережі (номери мереж умовно позначені буквами) і має певну метрику (ціле число з діапазону $1 \div 65535$, яке, за замовчуванням, залежить від швидкості передачі по відповідному з'єднанню).

Кожний маршрутизатор OSPF утворює базу даних стану каналів, яка повністю описує орієнтований граф мережі.

У загальному випадку у якості вершин орієнтованого графа можуть виступати маршрутизатори, тупикові мережі (мережі, до яких підключено тільки по одному маршрутизатору) або транзитні ширококомовні мережі (наприклад мережі, утворені одним або декількома комутаторами, до яких підключено кілька маршрутизаторів), а в якості дуг орієнтованого графа – з'єднувальні їх зв'язки.

У даному розглянутому випадку схема мережі, показана на рис. 2.1, а, не містить тупикових і транзитних широкомовних мереж, тому вершини графа будуть відповідати маршрутизаторам, а дуги – з'єднуючим маршрутизатори зв'язкам (метрики дуг між суміжними маршрутизаторами є однаковими, оскільки тракти в різних напрямках мають однакові швидкості передачі). Приклад орієнтованого графа, що відповідає IP-мережі, показано на рис. 2.1, а, показано на рис. 2.1, б.

База даних стану каналів являє собою таблицю, де для кожної пари суміжних вершин графа зазначено ребро, що їх з'єднує, і метрика цього ребра. Бази даних на всіх маршрутизаторах ідентичні, що досягається їхньою синхронізацією. Приклад графа мережі та відповідної йому бази даних стану каналів показано на рис. 2.2.

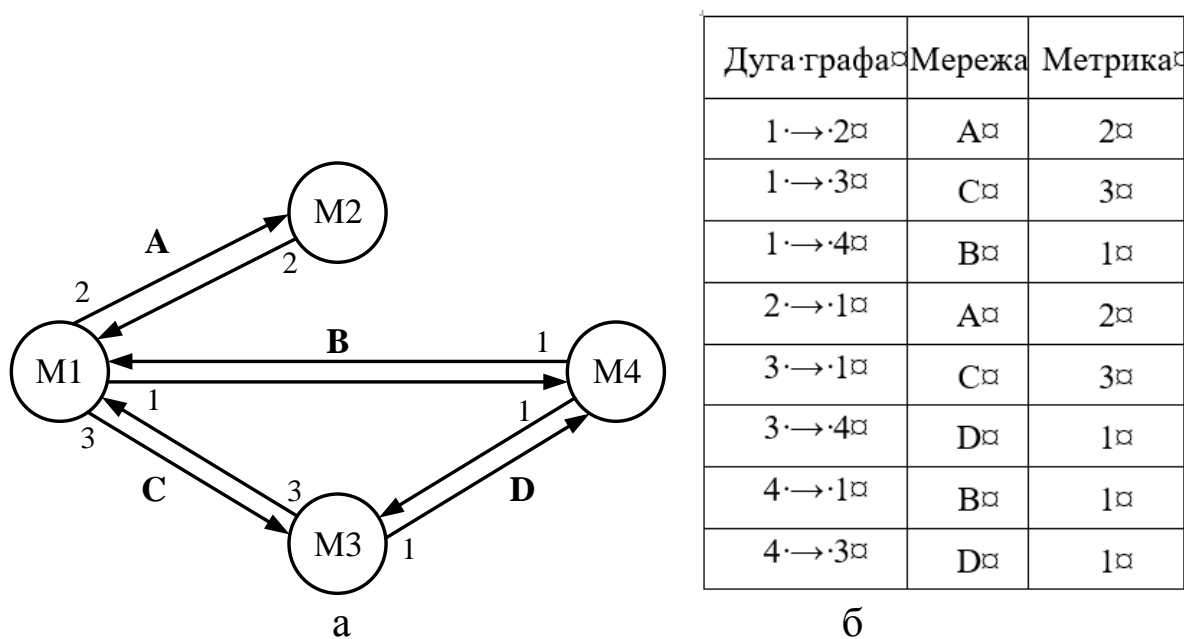


Рис. 2.2. Приклад графа мережі та відповідної йому бази даних стану каналів: а – орієнтований граф мережі; б – база даних стану каналів, однакова для всіх маршрутизаторів мережі

Вище була розглянута IP-мережа, що складається тільки з маршрутизаторів, з'єднаних двоточковими лініями зв'язку. Тепер припустимо, що до маршрутизатора 4 підключена мережа N1, яка є тупиковою (stub network), оскільки до неї підключений тільки один маршрутизатор (рис. 2.3). Зазначимо, що всі кінцеві вузли

тупикової мережі мають єдиний маршрут до маршрутизатора 4 – маршрут за замовчуванням (інших маршрутів просто не існує).

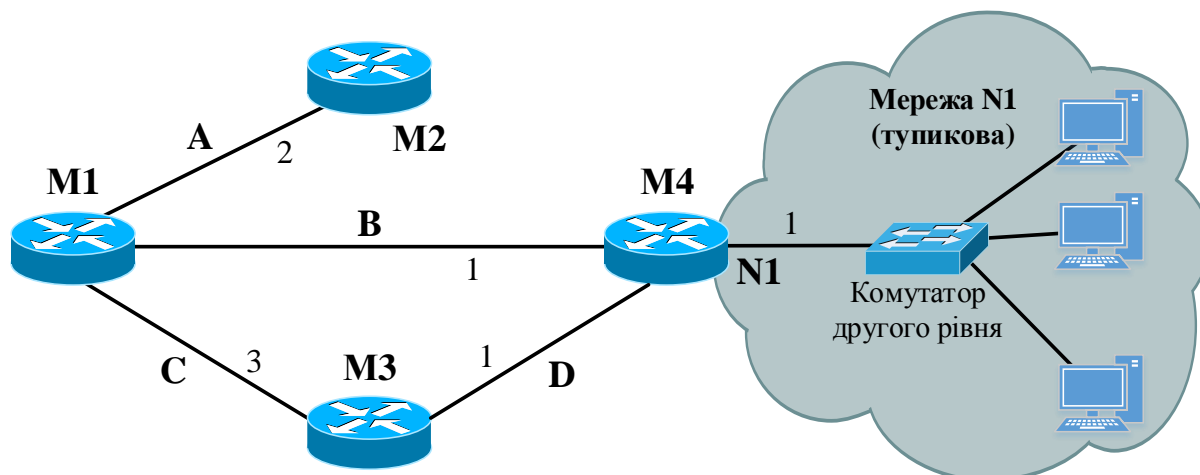


Рис. 2.3. Приклад IP-мережі з тупиковою мережею N1 (до мережі N1 підключено тільки один маршрутизатор)

Урахування тупикових мереж протокол OSPF здійснює шляхом подання їх у вигляді додаткових вершин орієнтованого графа мережі, оскільки до тупикових мереж також необхідно мати можливість знаходити найкоротші маршрути за допомогою алгоритму Дейкстри. На рис. 2.4 показано, що тупикова мережа N1 представлена вершиною графа, з'єднаною з маршрутизатором 4 лінією зв'язку, що має відповідну метрику.

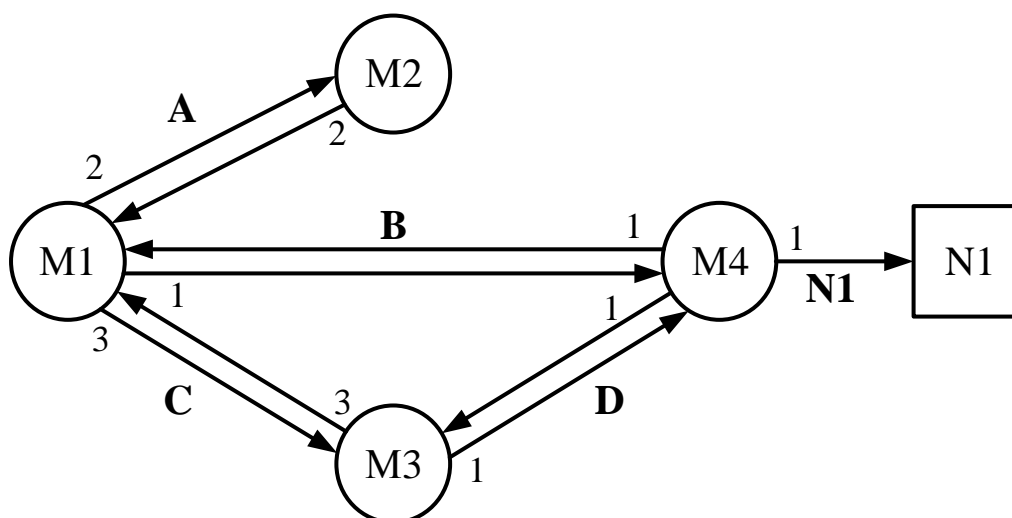


Рис. 2.4. Приклад урахування тупикової мережі N1 протоколом OSPF

При підключенні тупикової мережі N1 у базі даних стану зв'язків з'явиться запис, показаний на рис. 2.5. Зв'язків, направлених з вершини N1, у базі даних не буде, тому що вершина N1 не є маршрутизатором. Побудову маршрутів до вершини N1 буде виконано кожним маршрутизатором за алгоритмом Дейкстри.

Дуга графа	Мережа	Метрика
M4 → N1	N1	1

Рис. 2.5. Приклад урахування тупикової мережі N1 у базі даних стану каналів

Далі розглянемо випадок роботи протоколу OSPF в ширококомовній мережі, до якої підключено N маршрутизаторів (наприклад N маршрутизаторів підключено до комутатора Ethernet, який утворює ширококомовний сегмент мережі). Виходячи з загальної ідеології роботи протоколів стану зв'язків, зв'язок кожної пари маршрутизаторів повинен розглядатися як зв'язок типу «точка-точка», а це означає, що кожний маршрутизатор повинен був встановити відношення сусідства з кожним маршрутизатором ширококомовної мережі, тобто всього повинно бути встановлено $N(N-1)/2$ відношень сусідства, по яких буде відбуватися обмін інформацією про топологію мережі (докладно процедура встановлення відношень сусідства буде розглянута пізніше на конкретному прикладі). При цьому кожний маршрутизатор повинен буде внести в базу даних N-1 записів про зв'язки з іншими маршрутизаторами. У такий спосіб усього в базі даних буде порядку $\sim N^2$ записів, що належать до розглянутої ширококомовної мережі.

Однак протокол OSPF зводить ситуацію тільки до N відношень сусідства, вибираючи серед усіх маршрутизаторів даної ширококомовної мережі один призначений маршрутизатор DR (Designated Router), з яким усі інші маршрутизатори встановлюють відношення сусідства. Це означає, що інші маршрутизатори підтримують синхронізацію бази даних стану каналів не з усіма суміжними маршрутизаторами, а тільки з

призначеним маршрутизатором DR. У цьому випадку кожен маршрутизатор (за винятком призначеного) з появою змін у стані своїх зв'язків повідомляє про цю ситуацію призначеному маршрутизатору, а призначений маршрутизатор у свою чергу передає його всім іншим маршрутизаторам мережі шляхом ширококомовного розсилання.

З метою зменшення розміру бази даних протокол OSPF в орієнтований граф мережі вводить віртуальну вершину «транзитна мережа», яка відповідає номеру IP-мережі, у якій знаходяться інтерфейси маршрутизаторів, підключені до ширококомовного сегмента, утвореного на канальному рівні (наприклад до комутатора Ethernet). Приклад уведення в граф мережі додаткової вершини «транзитна мережа» (вершина T) показано на рис. 2.6.

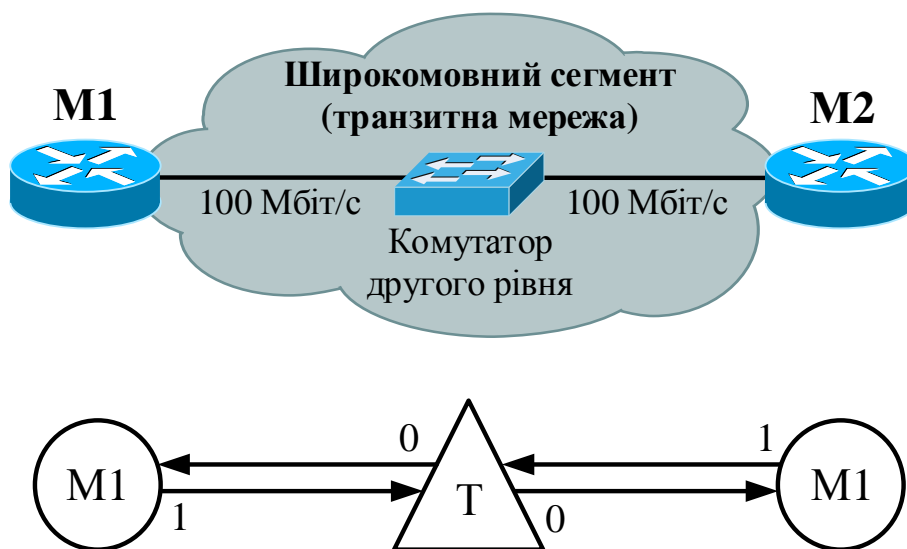


Рис. 2.6. Приклад зв'язків, що йдуть від транзитної мережі до маршрутизаторів (пропускна спроможність ширококомовного сегмента 100 Мбіт/с, що відповідає значенню метрики 1)

Кожному маршрутизатору, у тому числі і призначеному, при такому підході буде відповідати не набір двоточкових зв'язків з усіма іншими маршрутизаторами своєї мережі (окремих записів у базі даних), а один зв'язок з вершиною «транзитна мережа». Таким чином, у базу даних вноситься всього $2N$ записів – N записів про зв'язки, що йдуть від маршрутизаторів до вершини

«транзитна мережа», і стільки же зв'язків, що йдуть у зворотному напрямку (кожний запис у базі даних відповідає одній дузі орієнтованого графа, тобто характеризує зв'язок тільки в одному напрямку).

За підтримку в базі даних записів про зв'язки, що йдуть від маршрутизаторів, відповідають самі маршрутизатори. За підтримку зв'язків, що йдуть від транзитної мережі до маршрутизаторів, відповідає виділений маршрутизатор DR, ширококомовно розповсюджуючи спеціальне оголошення про стан каналів (LSA тип 2), яке містить список маршрутизаторів, підключених до ширококомовної мережі. Фактично це оголошення описує зв'язки, спрямовані в орієнтованому графі мережі від вершини типу «транзитна мережа» до маршрутизаторів цієї мережі; при цьому ці зв'язки мають нульову метрику, що можна підтвердити прикладом, показаним на рис. 2.6.

На рис. 2.6 маршрут від маршрутизатора M1 до маршрутизатора M2 у ширококомовній мережі T проходить через вершину «транзитна мережа T», тобто метрика маршруту дорівнює сумі метрик зв'язків M1 – T і T – M2. Очевидно, що метрика цього маршруту повинна дорівнювати метриці мережі, але метрика зв'язку M1 – T уже дорівнює метриці мережі, отже, метрика зв'язку T – M2 повинна бути нульовою.

Далі розглянемо приклад мережі з ширококомовними сегментами, яку показано на рис. 2.7. Орієнтований граф цієї мережі показано на рис. 2.8 (вершини у вигляді кружків позначають маршрутизатори, у вигляді прямокутників – тупикові мережі, у вигляді трикутника – транзитну мережу; ребра графа орієнтовані, числа поруч із ребрами – метрики).

Нехай призначеним маршрутизатором ширококомовного сегмента (мережі T) є маршрутизатор M1. У цьому випадку відношення сусідства в ширококомовному сегменті (мережі T) будуть установлені між такими парами маршрутизаторів: M1 і M2, M1 і M3, M1 і M4. Тільки ці пари маршрутизаторів у ширококомовному сегменті (мережі T) будуть обмінюватися між собою повідомленнями OSPF для синхронізації копій баз даних.

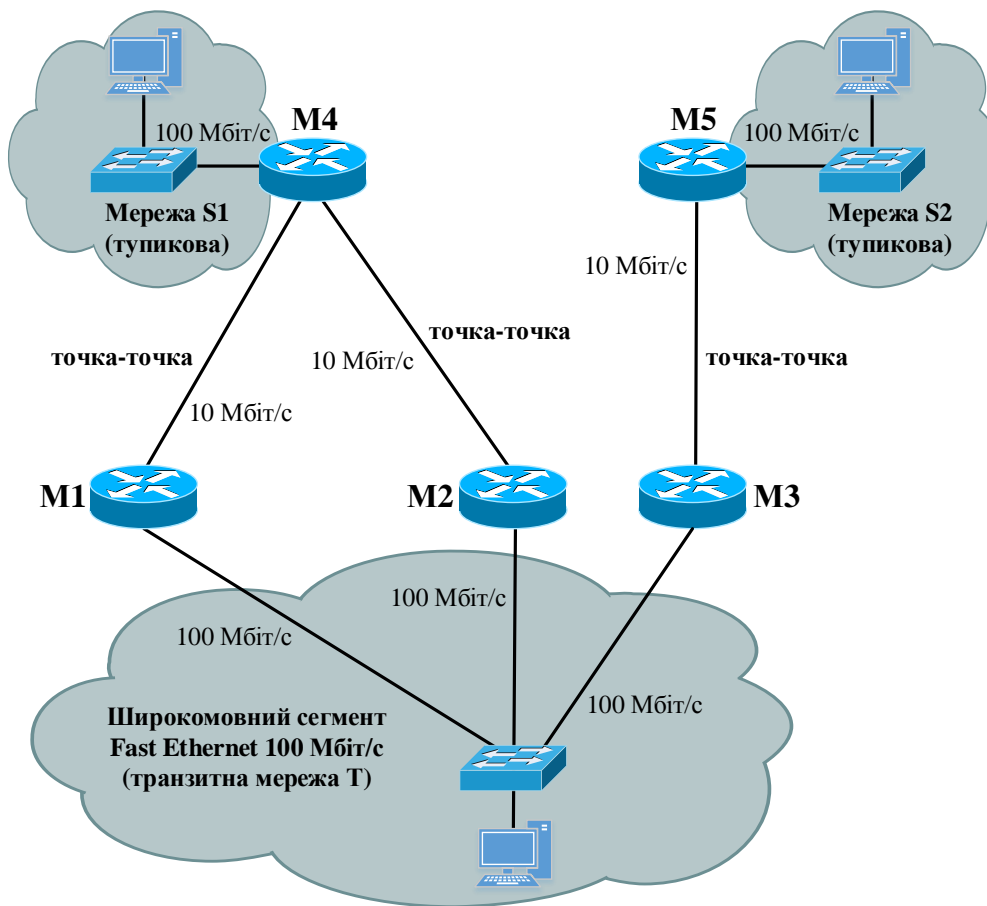


Рис. 2.7. Приклад IP-мережі з широкомовним сегментом

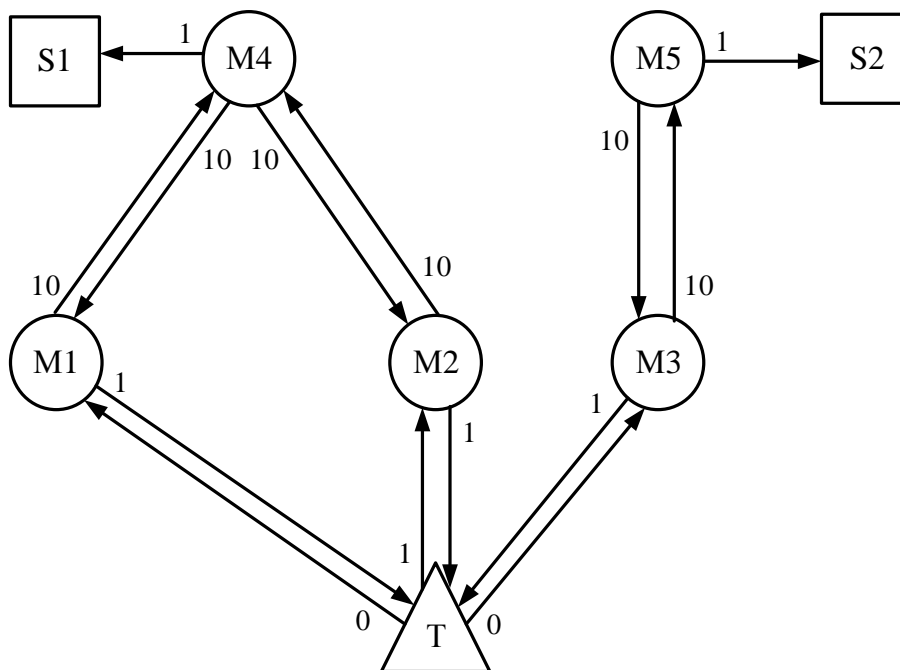


Рис. 2.8. Приклад орієнтованого графа IP-мережі з широкомовним сегментом

Маршрутизатори M2 і M3 не встановили відношення сусідства між собою, однак вони є сусідами, тобто обмінюються повідомленнями HELLO, беруть участь у виборах призначеного маршрутизатора DR і, зрозуміло, можуть відправляти IP-пакети, що містять корисну інформацію користувачів, безпосередньо один одному. Наприклад, IP-пакети з корисною інформацією від маршрутизатора M2 до маршрутизатора M5 прямують по маршруту $M2 \rightarrow M3 \rightarrow M5$, але інформацію про те, що такий маршрут можливий, маршрутизатор M2 одержить не від M3 (тому що між M2 і M3 не встановлені відношення сусідства), а від призначеного маршрутизатора M1 після того, як той у свою чергу одержить її від M3.

Кожний маршрутизатор додає в базу даних і контролює стан зв'язків, що йдуть від нього до інших маршрутизаторів (двоточкові зв'язки), тупикових і транзитних мереж. Зв'язки, що йдуть від транзитної мережі (вершина T), додаються в базу даних призначеним маршрутизатором M1. Зв'язків, що йдуть із тупикової мережі, існувати не може.

Слід зазначити, що тут з метою спрощення міркувань і прикладів не був прийнятий до уваги той факт, що насправді, крім виборів призначеного маршрутизатора DR, відбувається ще й вибір резервного призначеного маршрутизатора BDR (Backup Designated Router), з яким також інші маршрутизатори мережі встановлюють відношення сусідства. Розглянемо тепер це питання більш докладно.

Вибори призначеного маршрутизатора проводяться під час обміну повідомленнями HELLO. Крім виділеного маршрутизатора, вибирається також і резервний призначений маршрутизатор (Backup Designated Router, BDR). Інші маршрутизатори мережі встановлюють відношення сусідства як з DR, так і з BDR (вище при описі відношень сусідства з метою спрощення резервний призначений маршрутизатор BDR був виключений з розгляду). Крім того, маршрутизатори DR і BDR встановлюють відношення сусідства між собою. Приклад установа відношень сусідства в ширококомовних сегментах показано на рис. 2.9, де кружком і квадратом позначені інтерфейси маршрутизаторів, які відповідно мають статуси DR та BDR у певних ширококомовних сегментах. Зазначимо, що в різних ширококомовних сегментах один маршрутизатор може мати різні статуси.

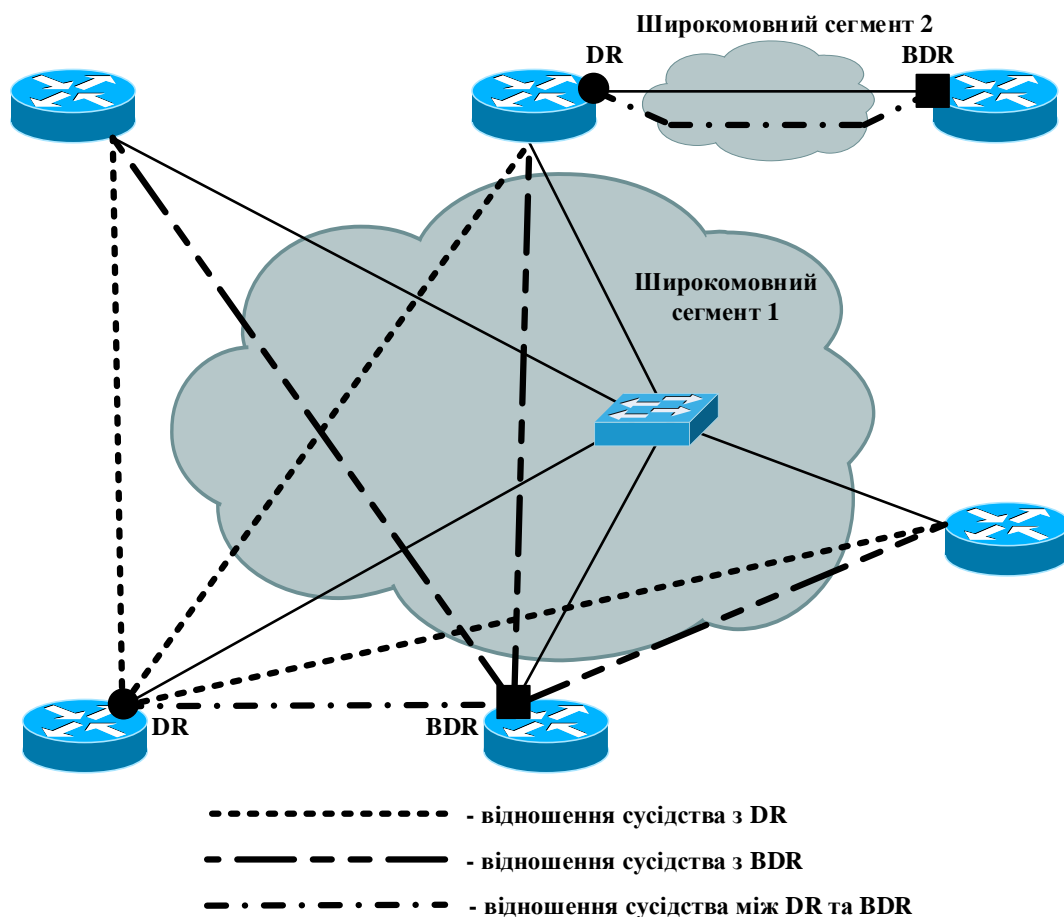


Рис. 2.9. Приклад встановлення відношень сусідства в широкомовних сегментах

Усі повідомлення з топологічною інформацією протоколу OSPF від маршрутизаторів, які не мають статусу DR або BDR, відправляються призначеному DR та резервному призначеному BDR маршрутизаторам на широкомовну IP-адресу 224.0.0.6. Резервний призначений маршрутизатор BDR одержує ці повідомлення, але не коїть ніяких дій. Однак якщо призначений маршрутизатор DR вимикається (цей факт виявляється за відсутністю повідомлень HELLO від призначеного маршрутизатора), то резервний призначений маршрутизатор BDR негайно стає призначеним, не витрачаючи часу на встановлення відношень сусідства з іншими маршрутизаторами, тому що ці відношення вже були раніше встановлені. При цьому під час обміну повідомленнями HELLO вибирається новий резервний призначений маршрутизатор BDR. Якщо колишній виділений

маршрутизатор увімкнеться знову, то статус виділеного маршрутизатора йому не повертається.

Зазначимо, що повідомлення з топологічною інформацією від призначеного маршрутизатора DR для всіх інших маршрутизаторів широкомовного сегмента передається на широкомовну адресу 224.0.0.5. Якщо маршрутизатор, який має статус резервного призначеного маршрутизатора BDR, виявив зміни у стані своїх власних зв'язків, то повідомлення з топологічною інформацією буде надіслано одразу всім іншим маршрутизаторам мережі на широкомовну адресу 224.0.0.5, оскільки з цим маршрутизатором, як з таким, що має статус BDR, відношення сусідства вже встановлені.

2.3. Приклад роботи протоколу OSPF в IP-мережі з двома маршрутизаторами

Загальні відомості про оголошення LSA (типи 1-5) наведено в дод. 3.

Розглянемо роботу протоколу OSPF на прикладі мережі з двома маршрутизаторами (рис. 2.10), імітаційна модель якої було створена у програмному середовищі Cisco Packet Tracer з метою отримання вмісту повідомлень протоколу OSPF і баз даних маршрутизаторів. Зазначимо, що в розглядуваній мережі для зв'язку між маршрутизаторами використовується широкомовний сегмент мережі Fast Ethernet (10.0.0.0/30), а всі маршрутизатори належать до однієї зони (Area 0).

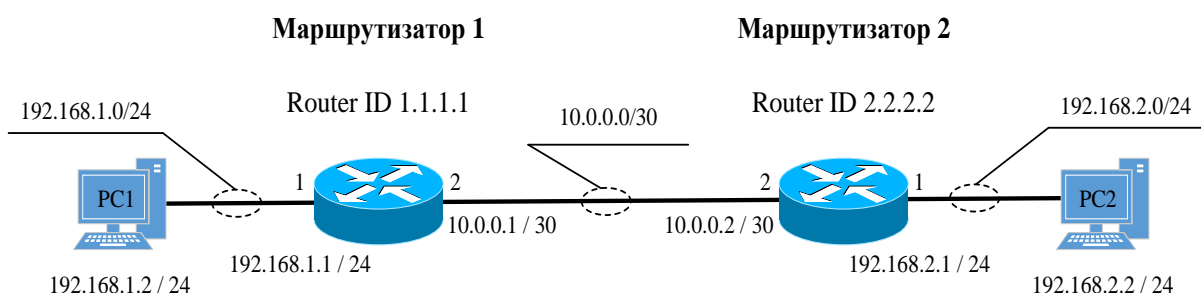


Рис. 2.10. Приклад мережі з динамічною маршрутизацією на основі протоколу OSPF

Для початку розглянемо перелік параметрів, значення яких повинні збігатися в сусідніх маршрутизаторах (перевірка цих параметрів здійснюється в процесі обміну маршрутизаторами повідомленнями HELLO):

1) значення параметра MTU (Maximum Transmission Unit), який міститься в заголовках IP-пакетів, що використовуються для передачі повідомлень протоколу OSPF, у тому числі повідомлень HELLO (конфігурування цього параметра виконується окремо для кожного інтерфейсу маршрутизатора);

2) значення параметрів, які містяться в повідомленнях HELLO:

– Hello Interval – частота відправлення повідомлень HELLO. За замовчуванням – 10 с у ширококомовних мережах, наприклад Ethernet;

– Router Dead Interval – проміжок часу, по проходженню якого сусід вважається недоступним, якщо не було отримано повідомлення HELLO. Як правило, величина цього значення в чотири рази більше від частоти відправлення повідомлень HELLO (4 x Hello Interval). Якщо протягом цього часу від сусіда не буде отримано повідомлення HELLO, то він вважається недоступним і починається процес перебудування локальної бази даних і розсилання оновлень усім сусідам;

– Area ID – номер зони OSPF (порти маршрутизаторів, що знаходяться в одному ширококомовному сегменті, повинні знаходитися в одній зоні OSPF);

– номер мережі й маска мережі (порти маршрутизаторів, підключені один до одного, повинні бути в одній мережі);

– інші елементи, які не є обов'язковими і не розглянуті тут (тип аутентифікації Authentication Type, пароль для аутентифікації Authentication, Stub Area Flag – прапор тупикової зони, якщо маршрутизатор належить їй).

Для надання можливості сусіднім маршрутизаторам мережі синхронізувати власні бази даних LSDB (тобто побудувати граф мережі) маршрутизатори повинні встановити між собою відношення сусідства (Full Adjacency). Особливість встановлення відношень сусідства в ширококомовних сегментах (з двома або більшою кількістю маршрутизаторів) полягає в тому, що в кожному ширококомовному сегменті кожний маршрутизатор

повинен встановити відношення сусідства тільки з призначеним DR (Designated Router) і резервним призначеним BDR (Backup Designated Router) маршрутизаторами, причому маршрутизатори DR та BDR також встановлюють відношення сусідства між собою. При несправності призначеного маршрутизатора DR резервний призначений маршрутизатор BDR виконує функції призначеного маршрутизатора. Маршрутизатори, які не стали DR або BDR, мають статус DROTHER. Якщо колишній виділений маршрутизатор увімкнеться знову, то статус виділеного маршрутизатора йому не повертається.

Тепер перейдемо до розгляду структури бази даних про стан каналів LSDB. База даних містить записи, до складу яких входить заголовок та описи каналів. Кожний запис бази даних відповідає одному з типів оголошень про стан каналів LSA (Link State Acknowledgment).

Розглянемо тут тільки два типи оголошень про стан каналів LSA (LSA інших типів у розглядуваному прикладі роботи протоколу OSPF не утворюються; LSA типів 1–5 докладно розглянуті в дод. 7):

- LSA типу 1, Router LSA, – оголошення про стан каналів маршрутизатора. Цей тип LSA розповсюджується всіма маршрутизаторами. В LSA міститься опис усіх каналів маршрутизатора (безпосередньо підключених до нього) і метрика кожного каналу. Розповсюджується тільки в межах однієї зони;

- LSA типу 2, Network LSA або Network Links, – оголошення про стан каналів мережі. Розповсюджується виділеним маршрутизатором DR у ширококомовній мережі. У цьому типі LSA міститься опис (у тому числі ідентифікатори) усіх маршрутизаторів, приєднаних до ширококомовної мережі, включаючи виділений маршрутизатор DR. Розповсюджується тільки в межах однієї зони.

До складу заголовка запису, який відповідає LSA типу 1, входять:

- LS age – вік запису;
- LS Type – тип запису, відповідний типу оголошення про стан каналів LSA;
- Link State ID – ідентифікатор стану каналів (значення залежить від відповідного типу оголошення про стан каналів

LSA. Для LSA типу 1 (Router LSA) – це ідентифікатор маршрутизатора, для LSA типу 2 (Network LSA) – це IP-адреса порту призначеного маршрутизатора DR);

- Advertising Router – ідентифікатор маршрутизатора, який сформував запис (зробив оголошення);

- LS Seq Number – номер запису (запис із найбільшим номером є актуальним, записи з меншими номерами – застарілими; запис з більшим номером не може бути замінено в процесі роботи протоколу OSPF записом з меншим номером);

- Checksum – перевірна сума запису;

- Length – довжина запису.

До складу опису каналу запису, який відповідає LSA типу 1, входять:

- Link-ID – ідентифікатор каналу (значення залежить від типу каналу. Наприклад, канал, під’єднаний до транзитної мережі (Transit Network), визначається IP-адресою призначеного маршрутизатора DR, канал, під’єднаний до тупикової мережі (Stub Network), тобто мережі з одним маршрутизатором, – номером IP-мережі або підмережі);

- Link-Data – визначає IP-адресу каналу (IP-адреса порту маршрутизатора, під’єданого до цього каналу, за винятком каналу до тупикової мережі Stub Network, для якої вказується маска мережі);

- Metrics – метрика каналу.

Загальний вигляд баз даних маршрутизаторів 1 та 2 як набір заголовків записів, кожний з яких відповідає певному типу оголошення про стан каналів LSA, показано на рис. 2.11 та 2.12.

```
Router1#show ip ospf database
      OSPF Router with ID (1.1.1.1) (Process ID 1)

      Router Link States (Area 0)

Link ID        ADV Router    Age           Seq#           Checksum Link count
1.1.1.1        1.1.1.1       3             0x80000003    0x009028  2
2.2.2.2        2.2.2.2       3             0x80000003    0x00733b  2

      Net Link States (Area 0)

Link ID        ADV Router    Age           Seq#           Checksum
10.0.0.2       2.2.2.2       3             0x80000001    0x0052b4
```

Рис. 2.11. Загальне подання бази даних про стан каналів маршрутизатора 1 (Link count – кількість посилань на канали зв’язку, які містить даний запис)

```

Router2#show ip ospf database
      OSPF Router with ID (2.2.2.2) (Process ID 1)

      Router Link States (Area 0)

Link ID        ADV Router    Age          Seq#          Checksum Link count
2.2.2.2        2.2.2.2      3           0x80000003   0x00733b 2
1.1.1.1        1.1.1.1      3           0x80000003   0x009028 2

      Net Link States (Area 0)

Link ID        ADV Router    Age          Seq#          Checksum
10.0.0.2       2.2.2.2      3           0x80000001   0x0052b4

```

Рис. 2.12. Загальне подання бази даних про стан каналів маршрутизатора 2

З рис. 2.11 та 2.12 видно, що бази даних про стан каналів обох маршрутизаторів є ідентичними (це підтверджують однакові для різних маршрутизаторів контрольні суми заголовків записів), що і є результатом роботи протоколу маршрутизації. Кожен з маршрутизаторів містить у базі даних по два записи, які відповідають LSA типу 1 (Router Link States), – один з них сформовано локально, а інший отримано від сусіда, а також один запис, який відповідає LSA типу 2 (Net Link States), сформований маршрутизатором 2 з ідентифікатором Router ID 2.2.2.2, оскільки параметр Advertising Router цього запису має значення 2.2.2.2. Також можна зробити висновок, що маршрутизатор 2 є призначеним маршрутизатором ширококомовної мережі, оскільки тільки він може сформувавши LSA типу 2. Повний вигляд бази даних про стан каналів LSDB показаний на рис. 2.13 та 2.14.

З аналізу описів каналів повної бази даних (рис. 2.13) випливає, що ширококомовна мережа для з'єднання маршрутизаторів 10.0.0.0/30 є транзитною мережею (Transit Network), а мережі 192.168.1.1/24 та 192.168.1.2/24 – тупиковими мережами (Stub Network), тобто мережами, які підключені тільки до одного маршрутизатора. Дійсно, мережа 192.168.1.1/24 підключена тільки до маршрутизатора 1, а мережа 192.168.1.2/24 – тільки до маршрутизатора 2. Мережа 10.0.0.0/30 є транзитною мережею по відношенню до тупикових мереж 192.168.1.1/24 та 192.168.1.2/24.

З аналізу вмісту запису, відповідного LSA типу 2 (рис. 2.15), випливає, що до транзитної ширококомовної мережі 10.0.0.0/30 підключено маршрутизатори з ідентифікаторами 1.1.1.1 та 2.2.2.2 (маршрутизатори 1 та 2), а IP-адреса порту призначеного маршрутизатора DR (маршрутизатор 2 з ідентифікатором 2.2.2.2, який і сформував цю запис) має значення 10.0.0.2.

```

Router1#show ip ospf database router

                OSPF Router with ID (1.1.1.1) (Process ID 1)

                Router Link States (Area 0)

LS age: 0
Options: (No TOS-capability, DC)
LS Type: Router Links
Link State ID: 1.1.1.1
Advertising Router: 1.1.1.1
LS Seq Number: 80000003
Checksum: 0x9028
Length: 48
Number of Links: 2

    Link connected to: a Transit Network
      (Link ID) Designated Router address: 10.0.0.2
      (Link Data) Router Interface address: 10.0.0.1
      Number of TOS metrics: 0
      TOS 0 Metrics: 1

    Link connected to: a Stub Network
      (Link ID) Network/subnet number: 192.168.1.0
      (Link Data) Network Mask: 255.255.255.0
      Number of TOS metrics: 0
      TOS 0 Metrics: 1

LS age: 0
Options: (No TOS-capability, DC)
LS Type: Router Links
Link State ID: 2.2.2.2
Advertising Router: 2.2.2.2
LS Seq Number: 80000003
Checksum: 0x733b
Length: 48
Number of Links: 2

    Link connected to: a Stub Network
      (Link ID) Network/subnet number: 192.168.2.0
      (Link Data) Network Mask: 255.255.255.0
      Number of TOS metrics: 0
      TOS 0 Metrics: 1

    Link connected to: a Transit Network
      (Link ID) Designated Router address: 10.0.0.2
      (Link Data) Router Interface address: 10.0.0.2
      Number of TOS metrics: 0
      TOS 0 Metrics: 1

```

Рис. 2.13. Частина бази даних про стан каналів маршрутизаторів (повний вигляд), яка містить записи, відповідні LSA типу 1

```

Router1#show ip ospf database network

                OSPF Router with ID (1.1.1.1) (Process ID 1)

                Net Link States (Area 0)

Routing Bit Set on this LSA
LS age: 3
Options: (No TOS-capability, DC)
LS Type: Network Links
Link State ID: 10.0.0.2 (address of Designated Router)
Advertising Router: 2.2.2.2
LS Seq Number: 80000001
Checksum: 0xeleb
Length: 32
Network Mask: /30
    Attached Router: 1.1.1.1
    Attached Router: 2.2.2.2

```

Рис. 2.14. Частина бази даних про стан каналів маршрутизаторів (повний вигляд), яка містить запис, відповідний LSA типу 2

Під час роботи протоколу OSPF процес OSPF в маршрутизаторі може перебувати в одному з семи станів. Розглянемо основні події, пов'язані з цими станами на прикладі схеми на рис. 2.10.

1. Початковим станом є стан DOWN (вимкнено). Цей стан свідчить про те, що процес OSPF не запущено.

Після запуску процесу OSPF кожний маршрутизатор формує власну базу даних про стан каналів LSDB, яка містить тільки відомості про безпосередньо під'єднані до його портів канали (мережі). Початкові таблиці маршрутизації маршрутизаторів 1 та 2 показані на рис. 2.15 і 2.16. Записи таблиць маршрутизації, які позначені літерами C (Connected), позначають безпосередньо приєднані мережі. Дані про ці мережі були внесені в процесі конфігурації маршрутизатора.

```

Router1#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

    10.0.0.0/30 is subnetted, 1 subnets
C       10.0.0.0 is directly connected, FastEthernet2/0
C       192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0

```

Рис. 2.15. Початкова таблиця маршрутизації маршрутизатора 1

```

Router2#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

    10.0.0.0/30 is subnetted, 1 subnets
C       10.0.0.0 is directly connected, FastEthernet2/0
C       192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0

```

Рис. 2.16. Початкова таблиця маршрутизації маршрутизатора 2

Початкові бази даних про стан каналів LSDB маршрутизаторів 1 і 2 показані відповідно на рис. 2.17 і 2.18.

```

Router1#show ip ospf database
      OSPF Router with ID (1.1.1.1) (Process ID 1)

      Router Link States (Area 0)

Link ID        ADV Router    Age           Seq#           Checksum Link count
а  1.1.1.1      1.1.1.1      0             0x80000002    0x00e6e1 2

Router1#show ip ospf database router

      OSPF Router with ID (1.1.1.1) (Process ID 1)

      Router Link States (Area 0)

LS age: 0
Options: (No TOS-capability, DC)
LS Type: Router Links
Link State ID: 1.1.1.1
Advertising Router: 1.1.1.1
LS Seq Number: 80000002
Checksum: 0xe6e1
Length: 48
Number of Links: 2

      Link connected to: a Stub Network
      (Link ID) Network/subnet number: 10.0.0.0
      (Link Data) Network Mask: 255.255.255.252
      Number of TOS metrics: 0
      TOS 0 Metrics: 1

      Link connected to: a Stub Network
      (Link ID) Network/subnet number: 192.168.1.0
      (Link Data) Network Mask: 255.255.255.0
      Number of TOS metrics: 0
      TOS 0 Metrics: 1

```

Рис. 2.17. Початкова база даних про стан каналів LSDB маршрутизатора 1: а – загальний вигляд; б – повний вигляд

```

Router2#show ip ospf database
      OSPF Router with ID (2.2.2.2) (Process ID 1)

      Router Link States (Area 0)

Link ID          ADV Router      Age           Seq#           Checksum Link count
a  2.2.2.2        2.2.2.2        0            0x80000002  0x00fac4  2

Router2#show ip ospf database router

      OSPF Router with ID (2.2.2.2) (Process ID 1)

      Router Link States (Area 0)

LS age: 0
Options: (No TOS-capability, DC)
LS Type: Router Links
Link State ID: 2.2.2.2
Advertising Router: 2.2.2.2
LS Seq Number: 80000002
Checksum: 0xfac4
Length: 48
Number of Links: 2

Link connected to: a Stub Network
(Link ID) Network/subnet number: 192.168.2.0
(Link Data) Network Mask: 255.255.255.0
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metrics: 1

Link connected to: a Stub Network
(Link ID) Network/subnet number: 10.0.0.0
(Link Data) Network Mask: 255.255.255.252
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metrics: 1
б

```

Рис. 2.18. Початкова база даних про стан каналів LSDB маршрутизатора 2: а – загальний вигляд; б – повний вигляд

Зазначимо, що на цьому етапі маршрутизатори встановлюють тип мережі 10.0.0.0/30 як тупиковий, оскільки в них ще нема інформації про інші маршрутизатори, підключені до цієї мережі (нема підстав вважати мережу 10.0.0.0/30 транзитною).

У подальшому у процесі роботи протоколу OSPF кожний маршрутизатор збере всю інформацію про топологію мережі. База даних про стан каналів LSDB повинна буде однаковою для всіх маршрутизаторів мережі.

2. Нехай після запуску процесу OSPF та формування власної бази даних про стан каналів LSDB маршрутизатор 1 першим

починає розсилати з усіх своїх портів (на яких ввімкнено протокол OSPF) повідомлення HELLO, поміщуючи їх в IP-пакети з широкомовною адресою 224.0.0.5. Час життя цих IP-пакетів (TTL) становить 1, тому їх можуть отримати тільки суміжні маршрутизатори, тобто ті маршрутизатори, які знаходяться в тому самому сегменті мережі, що і маршрутизатор 1. У розглядуваному прикладі суміжним з маршрутизатором 1 є маршрутизатор 2, який і отримує широкомовне повідомлення HELLO (рис. 2.19). Повідомлення HELLO, надіслане маршрутизатором 1, містить його ідентифікатор (Router ID 1.1.1.1) і не містить ідентифікаторів суміжних маршрутизаторів (від маршрутизатора 2 повідомлення на цьому етапі ще не було отримано).

OSPF Hello

0		2		Bytes
VERSION NUM: 2	TYPE: 1	PACKET LEN: 44		
ROUTER ID: 1.1.1.1				
AREA ID: 0.0.0.0				
CHECK SUM: 0		AUTH TYPE: 0		
AUTHENTICATION:				
NETWORK MASK: 255.255.255.252				
HELLO INTERVAL: 10	OPTIONS: 0	RP: 1		
ROUTER DEAD INTERVAL: 40				
DESIGNATED ROUTER: 0.0.0.0				
BACKUP DESIGNATED ROUTER: 0.0.0.0				
NEIGHBOR COUNT: 0				

Рис. 2.19. Повідомлення HELLO від маршрутизатора 1

Після відправлення повідомлення HELLO маршрутизатор 1 переходить у стан INIT (ініціалізація), у якому він очікує відповідь у вигляді повідомлення HELLO від маршрутизатора 2.

Маршрутизатор 2 після отримання повідомлення HELLO (широкомовного) від маршрутизатора 1 додає ідентифікатор маршрутизатора 1 (Router ID 1.1.1.1) до списку своїх сусідів (якщо співпали всі вищевказані параметри повідомлення HELLO, отриманого від маршрутизатора 1, з такими самими параметрами маршрутизатора 2). Після цього маршрутизатор 2 відправляє широкомовне повідомлення HELLO, яке приймає маршрутизатор 1. У повідомленні HELLO від маршрутизатора 2 містяться його власний ідентифікатор (Router ID 2.2.2.2), а поле ідентифікаторів сусідів Neighbor містить ідентифікатор маршрутизатора 1 (Router ID 1.1.1.1). Таким чином, маршрутизатор 2 визнав маршрутизатор 1 як сусіда (рис. 2.20).

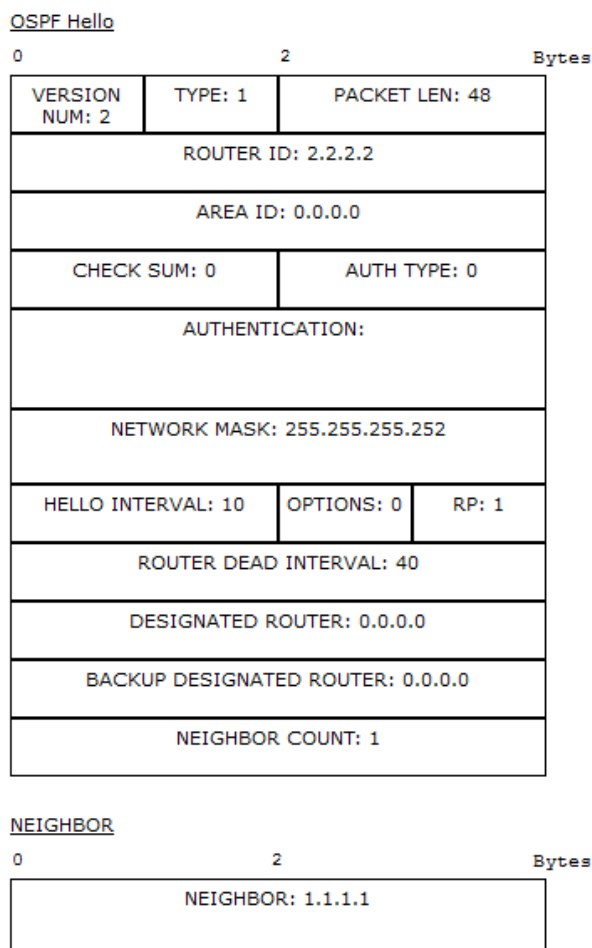


Рис. 2.20. Повідомлення HELLO від маршрутизатора 2

3. Маршрутизатор 1 після отримання повідомлення HELLO від маршрутизатора 2 порівнює ідентифікатори сусідів, що містяться у повідомленні HELLO, з власним ідентифікатором.

Таким чином, маршрутизатор 1 знаходить власний ідентифікатор в повідомленні HELLO від маршрутизатора 2. У результаті цього маршрутизатор 1 додає ідентифікатор маршрутизатора 2 (Router ID 2.2.2.2) до власного списку сусідів і переходить до стану TWO WAY (двобічне узгодження або двобічний зв'язок). У результаті вищезазначених дій маршрутизатори 1 і 2 з'являються один в одного в списку сусідів.

Таким чином, можна зробити висновок, що маршрутизатори вважаються сусідами після того, як вони додали один одного до списку сусідів, перейшовши до стану двобічного узгодження (зв'язку) TWO WAY.

Надалі продовжується обмін ширококомовними повідомленнями HELLO, під час якого здійснюється вибір призначеного DR (Designated Router) і резервного призначеного BDR (Backup Designated Router) маршрутизаторів (оскільки ми розглядуємо приклад взаємодії маршрутизаторів через ширококомовний сегмент Ethernet).

Суть процедури вибору DR і BDR маршрутизаторів полягає в порівнянні пріоритетів портів маршрутизаторів у повідомленнях HELLO. Маршрутизатор з найвищим значенням пріоритету набуває статус DR; маршрутизатор із другим найвищим значенням пріоритету набуває статус BDR.

За замовчуванням пріоритет порту дорівнює 1. Якщо пріоритети однакові, то DR і BDR вибираються шляхом порівняння значень ідентифікаторів маршрутизаторів Router ID. Маршрутизатор з найвищим Router ID стає DR, а маршрутизатор із другим найвищим Router ID – BDR. Маршрутизатор із пріоритетом рівним 0 не може стати ні DR, ні BDR. Маршрутизатор, який не став ні DR, ні BDR, називається DROTHER. Якщо в мережі з'являється новий маршрутизатор з більш високим пріоритетом, ніж у поточного DR, то це не впливає на обрані раніше DR і BDR, переобрання їх не відбувається. Маршрутизатори DR і BDR змінюються тільки тоді, коли один з них вийшов з ладу. Якщо з ладу вийшов DR, то його заміняє BDR, і відбуваються вибори нового BDR. Якщо з ладу виходить BDR, то вибирається новий BDR. Для того щоб визначити, що DR вийшов з ладу, BDR не повинен одержати повідомлення HELLO від DR за проміжку часу Wait Timer, значення якого дорівнює параметру Router Dead Interval (40 с).

Зазначимо, що в сегментах типу «точка-точка» необхідності вибору DR та BDR маршрутизаторів нема (розглядуваний сегмент, який використовується тільки для з'єднання двох маршрутизаторів, можна перевести в режим роботи «точка-точка» шляхом конфігурування інтерфейсів маршрутизаторів).

Для розглядуваного прикладу маршрутизатор 2 стає призначеним DR, а маршрутизатор 1 – резервним призначеним BDR, оскільки ідентифікатор маршрутизатора 2 (Router ID 2.2.2.2) більше від ідентифікатора маршрутизатора 1 (Router ID 1.1.1.1).

4. Після вибору маршрутизаторів DR та BDR (у ширококомовному сегменті) маршрутизатори переходять до стану EXSTART. У цьому стані сусідні маршрутизатори визначають Master/Slave відношення на основі значення власних ідентифікаторів Router ID. Маршрутизатор з більшим ідентифікатором отримує статус Master. Маршрутизатор, який набув статус Master, у наступному стані (стані EXCHANGE) першим надішле опис бази даних маршрутизатору, який набув статус Slave.

Процедура визначення Master/Slave відношень здійснюється шляхом обміну повідомленнями опису бази даних DD (Database Description). Зазначимо, що на цьому етапі повідомлення DD є порожніми (опис бази даних вони поки що не містять). При цьому маршрутизатори використовують у якості IP-адреси отримувача не ширококомовні IP-адреси, а індивідуальні.

Для розглядуваного прикладу маршрутизатор 2 отримує статус Master, а маршрутизатор 1 – статус Slave, оскільки ідентифікатор маршрутизатора 2 (Router ID 2.2.2.2) більше від ідентифікатора маршрутизатора 1 (Router ID 1.1.1.1).

5. Далі маршрутизатори переходять до стану EXCHANGE (обмін), у якому здійснюють обмін повідомленнями опису бази даних DD (Database Description), які на цьому етапі вже містять опис бази даних (вони не є порожніми). Зазначимо, що повідомлення опису бази даних DD містить не саму базу даних про стан каналів, а тільки заголовки її записів (LSA headers), що дозволяє значно зменшити об'єм службової інформації порівняно з випадком передачі бази даних у цілому.

Для розглядуваного прикладу першим надішле повідомлення опису бази даних DD маршрутизатор 2, який має

статус Master, після чого маршрутизатор 1, який має статус Slave, надішле повідомлення опису бази даних DD маршрутизатору 1 (рис. 2.21).

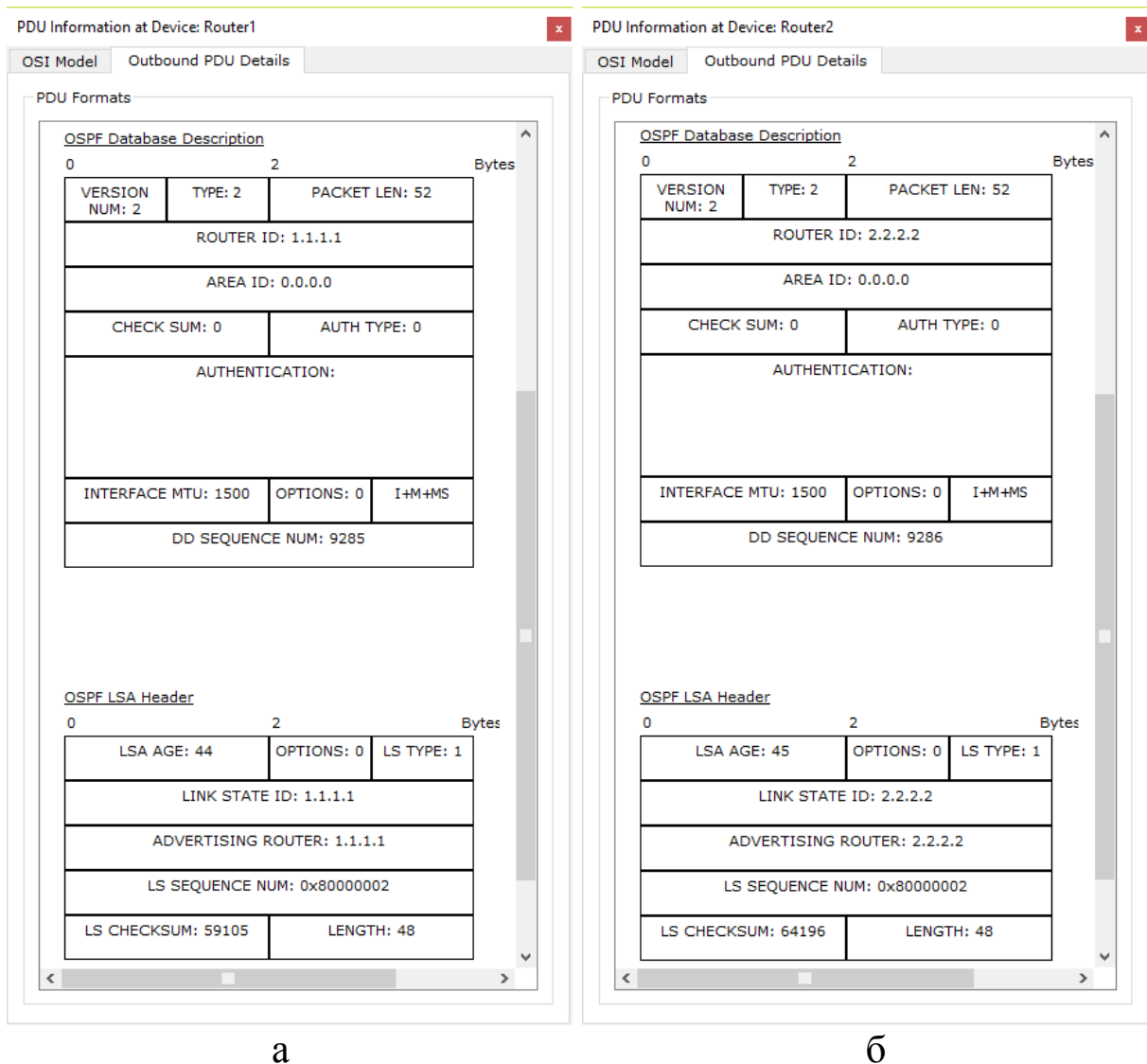


Рис. 2.21. Повідомлення опису бази даних DD:
а – від маршрутизатора 1; б – від маршрутизатора 2

б. Отримавши повідомлення опису бази даних DD, маршрутизатори 1 і 2 відправлять один одному підтвердження про його приймання – LSAck (Link State Acknowledgment), після чого порівнюють заголовки записів, що містяться в повідомленні опису бази даних DD з заголовками записів у власних базах даних.

У випадку, якщо заголовки не є ідентичними, маршрутизатори надішлють один одному повідомлення запиту детальної інформації LSR (Link State Request), які містять інформацію з заголовків відповідних записів. У результаті цих дій маршрутизатори перейдуть у стан LOADING (завантаження), у якому вони будуть очікувати відповідь на свій запит у вигляді повідомлення оновлення стану каналів LSU (Link State Update).

Так, у базі даних маршрутизатора 1 не міститься запис з заголовком Link State ID 2.2.2.2, LS Type 2, Advertising Router 2.2.2.2, у свою чергу в базі даних маршрутизатора 2 не міститься запис з заголовком Link State ID 1.1.1.1, LS Type 1, Advertising Router 1.1.1.1. Таким чином, маршрутизатори 1 і 2 сформулюють відповідні запити детальної інформації LSR (рис. 2.22).

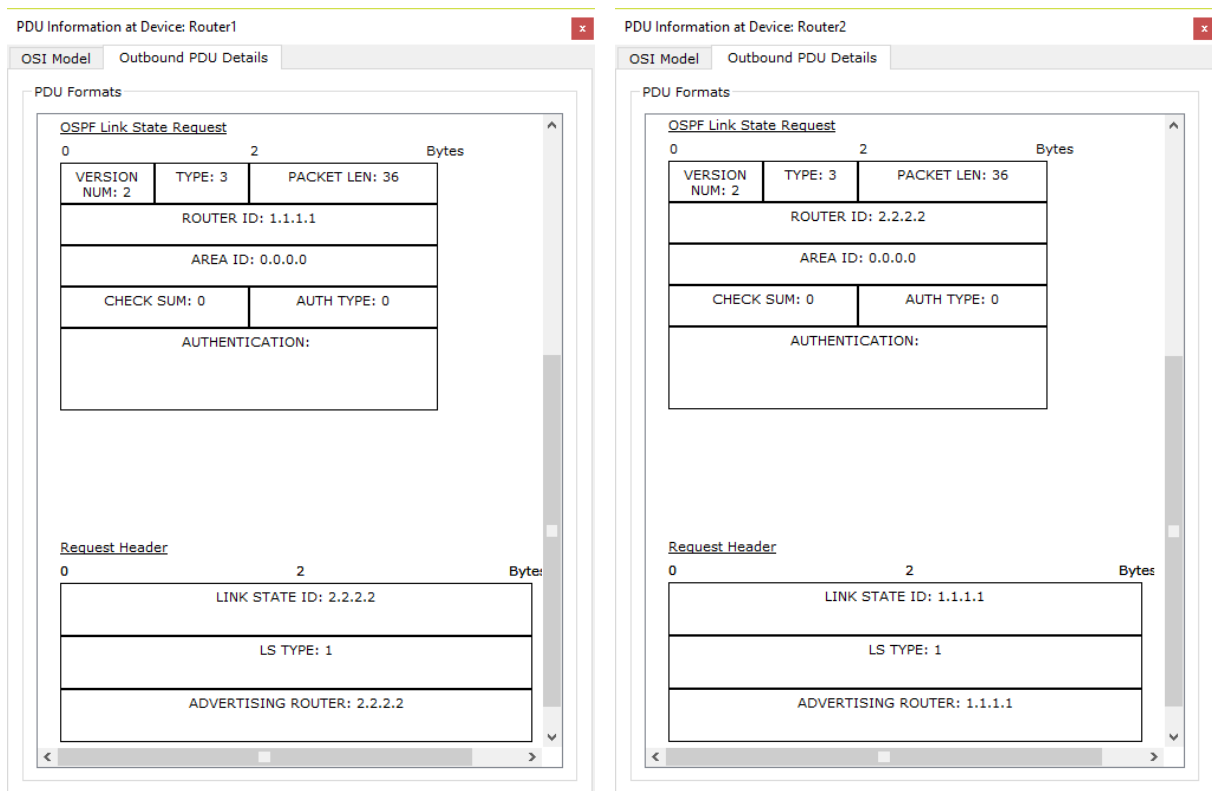
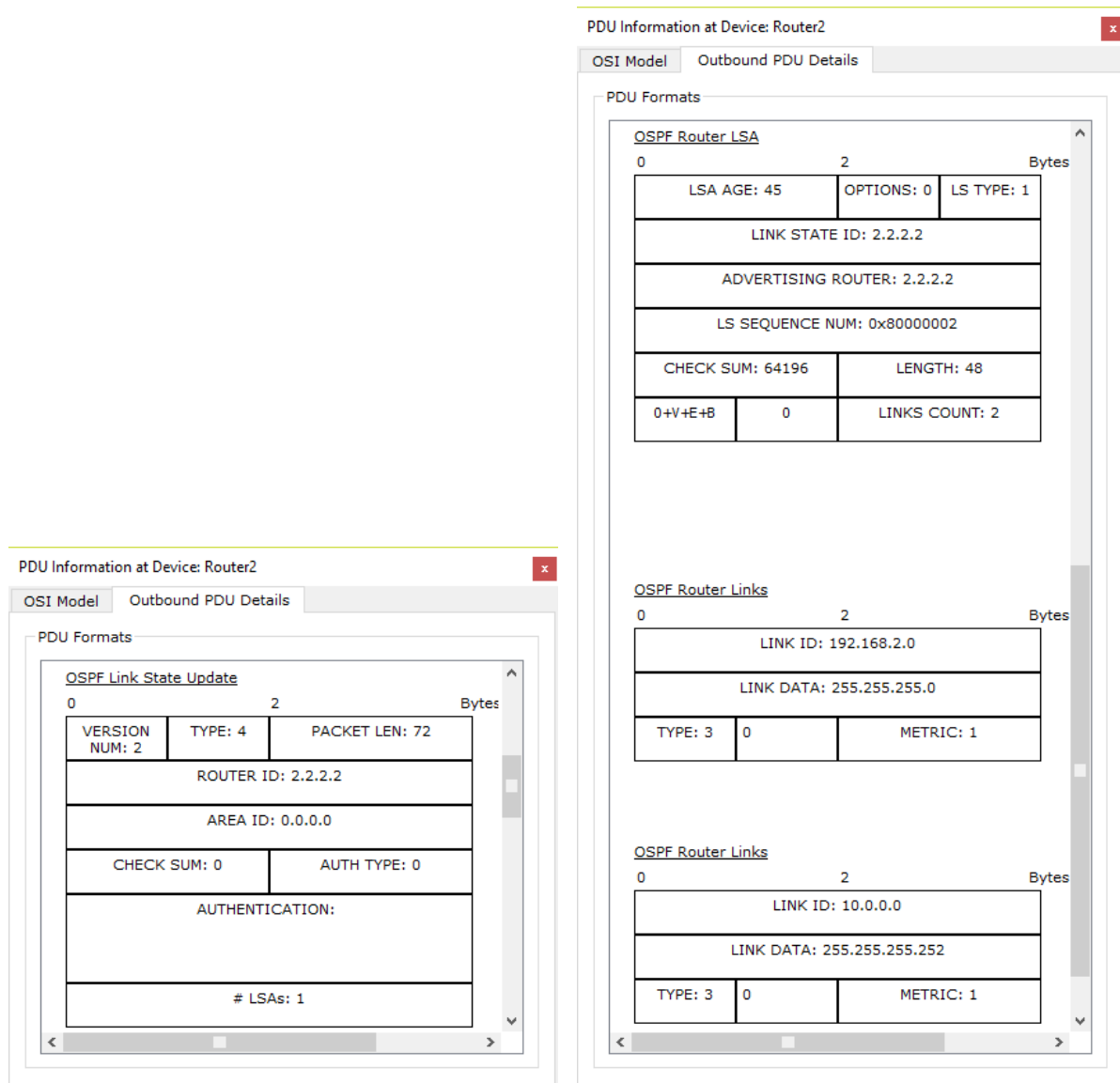


Рис. 2.22. Повідомлення запиту детальної інформації LSR:
а – від маршрутизатора 1; б – від маршрутизатора 2

7. Маршрутизатор 2, отримавши повідомлення запиту детальної інформації LSR (Link State Request) від маршрутизатора 1, надійшло йому повідомлення оновлення стану

каналів LSU (Link State Update), яке містить у собі оголошення про стан зв'язків LSA (Link State Advertisement) з детальною інформацією (рис. 2.23).

Аналогічно вищевказаному маршрутизатор 1 після отримання повідомлення запити детальної інформації LSR від маршрутизатора 2 надійшло йому повідомлення оновлення стану каналів LSU з оголошенням про стан зв'язків LSA (рис. 2.24).

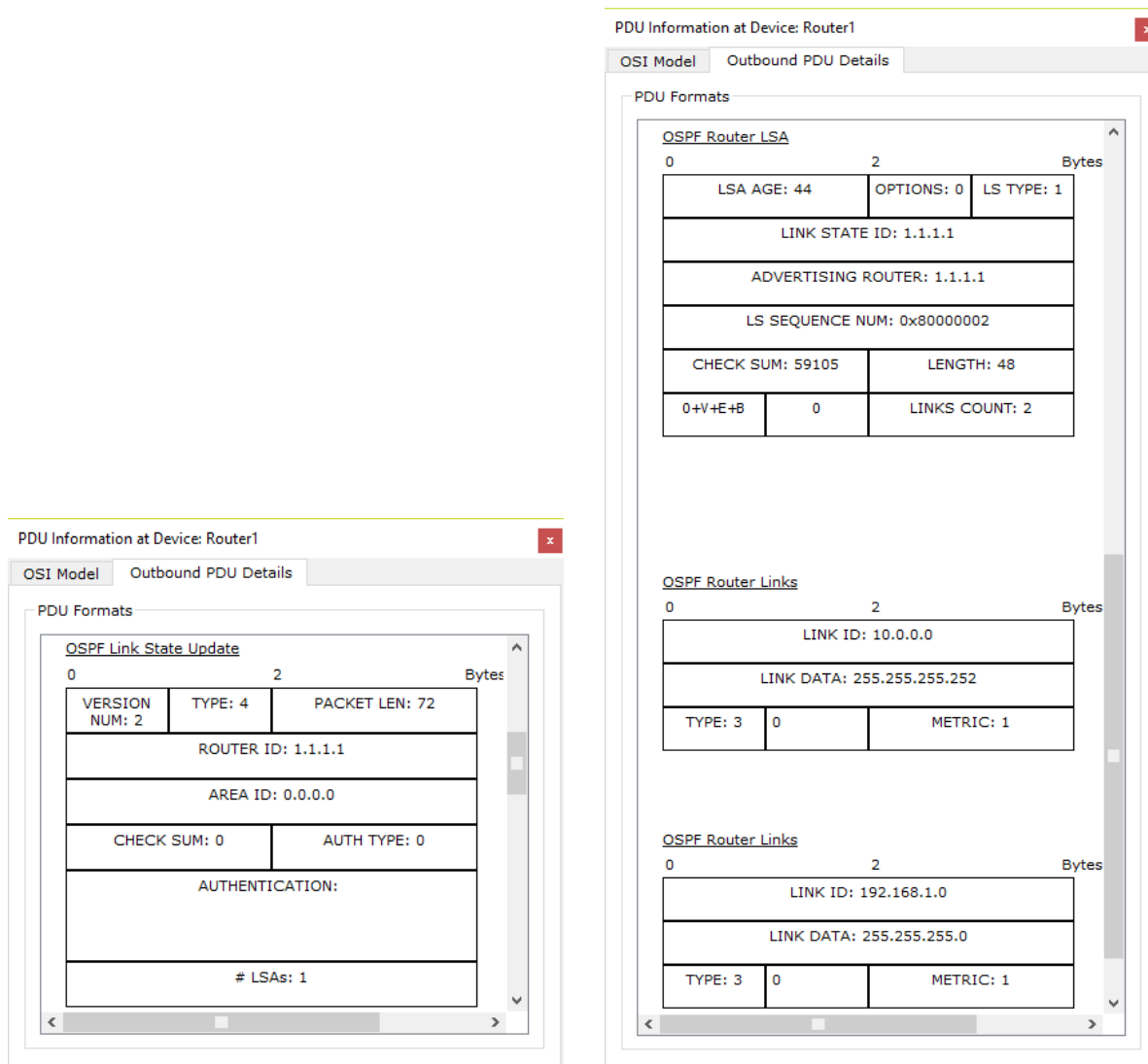


а

б

Рис. 2.23. Повідомлення оновлення стану каналів LSU від маршрутизатора 2 (TYPE 3 в описі каналу OSPF Router Links визначає, що цей канал є каналом до тупикової мережі):

а – початок; б – продовження



а

б

Рис. 2.24. Повідомлення оновлення стану каналів LSU від маршрутизатора 1 (TYPE 3 в описі каналу OSPF Router Links визначає, що цей канал є каналом до тупикової мережі):
а – початок; б – продовження

Як тільки маршрутизатор 1 отримає інформацію з оголошенням про стан зв'язків LSA та оновить власну базу даних про стан каналів LSDB, він перейде до стану FULL STATE (заповнений стан). Зазначимо, що до переходу в стан FULL STATE (до набуття відношень сусідства) маршрутизатори здійснювали обмін топологічною інформацією з використанням індивідуальних IP-адрес відповідних портів маршрутизаторів.

Загальне подання бази даних про стан каналів маршрутизатора 1 після її оновлення і переходу до стану FULL

STATE показано на рис. 2.25. Аналогічні дії виконає і маршрутизатор 2, переходячи в стан FULL STATE.

```
Router1#show ip ospf database
      OSPF Router with ID (1.1.1.1) (Process ID 1)

      Router Link States (Area 0)

Link ID        ADV Router    Age          Seq#          Checksum Link count
2.2.2.2        2.2.2.2      45          0x80000002   0x00fac4  2
1.1.1.1        1.1.1.1      0           0x80000003   0x009028  2
```

Рис. 2.25. Загальне подання бази даних про стан каналів маршрутизатора 1 після її оновлення (маршрутизатор 1 у стані FULL STATE)

Таким чином, з моменту переходу сусідніх маршрутизаторів 1 і 2 до стану FULL STATE встановлюються відношення сусідства між ними. Зазначимо, що на цей час були синхронізовані тільки ті записи баз даних, які відповідають LSA типу 1 (Router Link States). У той же час маршрутизатор 2 є призначеним маршрутизатором DR, що зобов'язує його сформувати запис, відповідний LSA типу 2 (Network Link States) у власній базі даних (рис. 2.26), після чого синхронізувати її з усіма маршрутизаторами сегмента (у даному випадку – тільки з маршрутизатором 1), відправивши широкомовне (з широкомовною IP-адресою отримувача 224.0.0.5) повідомлення оновлення стану каналів LSU (рис. 2.27), яке містить, у тому числі, ідентифікатори всіх маршрутизаторів широкомовного сегмента та IP-адрес порта призначеного маршрутизатора DR.

```
Router2#show ip ospf database
      OSPF Router with ID (2.2.2.2) (Process ID 1)

      Router Link States (Area 0)

Link ID        ADV Router    Age          Seq#          Checksum Link count
1.1.1.1        1.1.1.1      44          0x80000002   0x00e6e1  2
2.2.2.2        2.2.2.2      0           0x80000003   0x00733b  2

      Net Link States (Area 0)

Link ID        ADV Router    Age          Seq#          Checksum
10.0.0.2      2.2.2.2      0           0x80000001   0x0052b4
```

Рис. 2.26. Загальне подання бази даних про стан каналів маршрутизатора 2

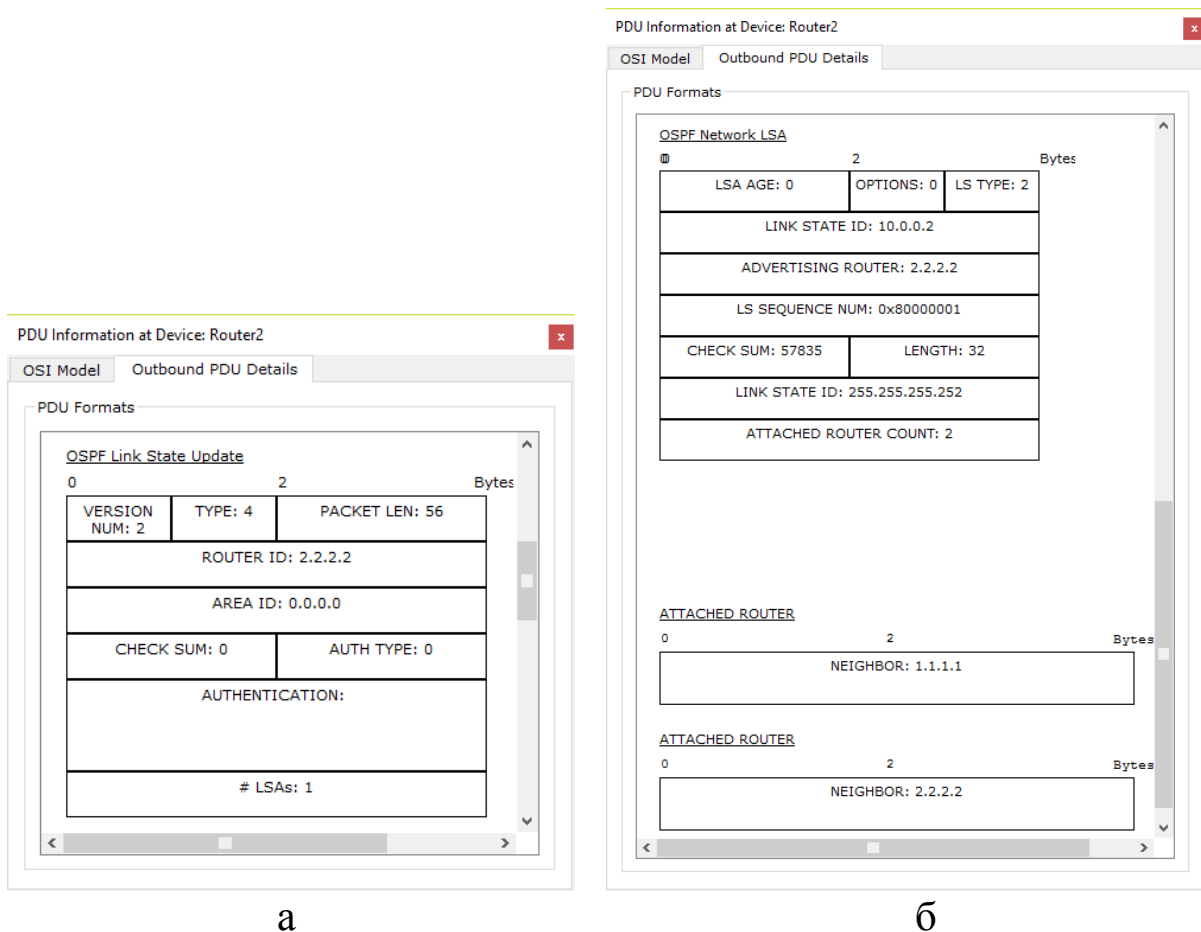
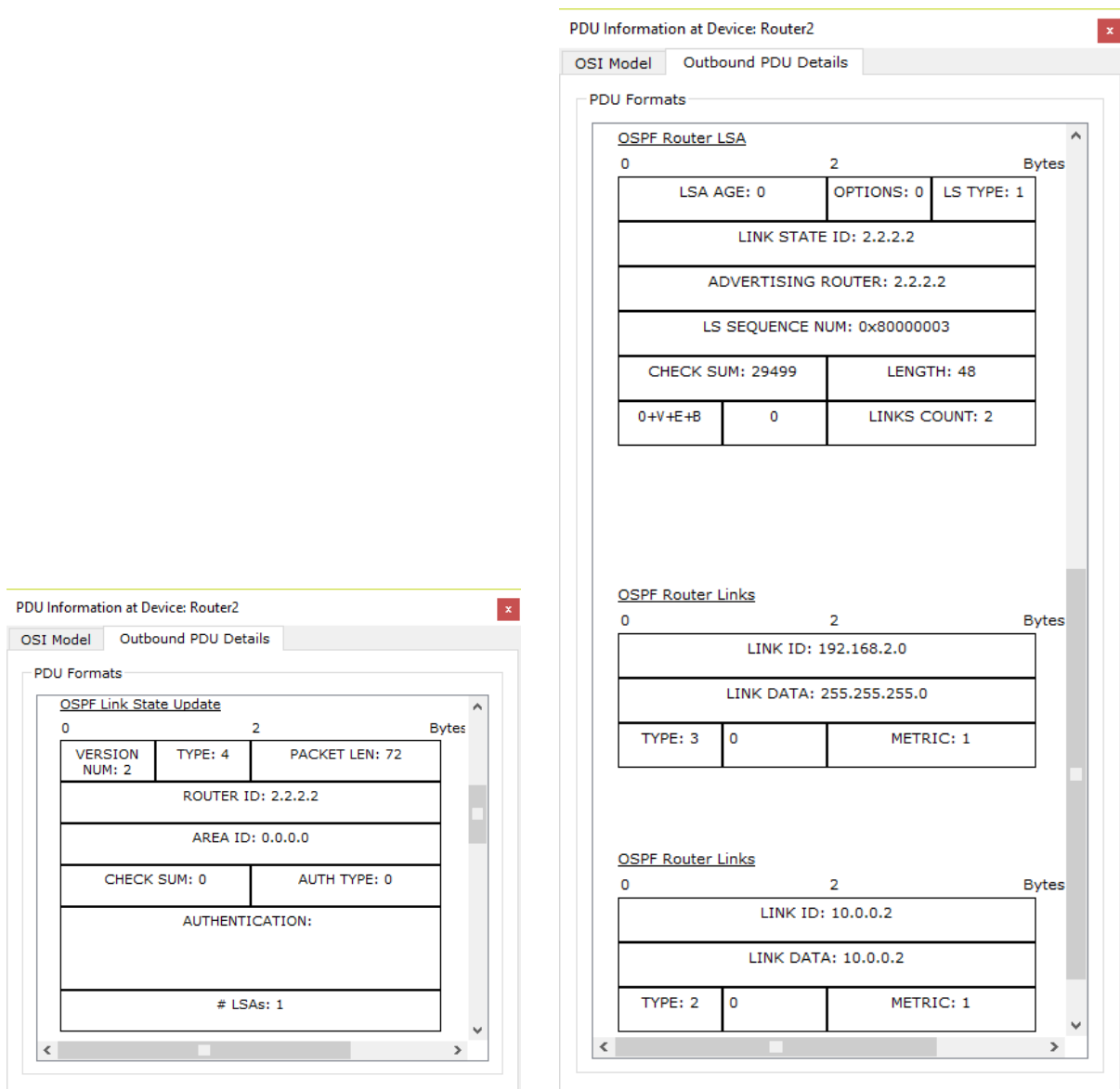


Рис. 2.27. Повідомлення оновлення стану каналів LSU від маршрутизатора 2, яке містить LSA типу 2:
а – початок; б – продовження

Далі маршрутизатор 2 ідентифікує мережу 10.0.0.0/30 як транзитну (оскільки до неї підключено більш ніж один маршрутизатор) і відповідно до цього оновлює власну базу даних. Після цього він повинен синхронізувати власну базу даних з усіма маршрутизаторами широкомовного сегмента, оскільки він має статус призначеного маршрутизатора DR, з яким встановлюють відношення сусідства всі маршрутизатори широкомовного сегмента (у даному випадку маршрутизатор 2 повинен синхронізувати власну базу даних тільки з маршрутизатором 1), відправивши широкомовне (з широкомовною IP-адресою отримувача 224.0.0.5) повідомлення оновлення стану каналів LSU (рис. 2.28), яке містить оголошення про стан зв'язків LSA типу 1.



а

б

Рис. 2.28. Повідомлення оновлення стану каналів LSU від маршрутизатора 2, яке містить LSA типу 1 (TYPE 2 в описі каналу OSPF Router Links означає, що цей канал є каналом до транзитної мережі): а – початок; б – продовження

Таким чином, через деякий час усі маршрутизатори мережі будуть мати однакові бази даних LSDB, а це означає, що кожний маршрутизатор буде мати повну інформацію про топологію мережі.

8. Наступним кроком роботи протоколу OSPF є пошук найкоротшого шляху до кожної мережі за алгоритмом Дейкстри з використанням відповідної метрики та додавання цього шляху до таблиці маршрутизації.

З метою підтримки актуальності баз даних стану каналів LSDB кожний з маршрутизаторів мережі буде відправляти свому сусіду повідомлення HELLO, а кожні 30 хв повторно розсилати оголошення про стан зв'язків LSA (оновлення записів бази даних проводиться навіть у випадку відсутності змін у топології мережі). Зазначимо, що час життя одного запису бази даних становить 1 год.

На рис. 2.29 та 2.30 наведені таблиці маршрутизації відповідно маршрутизаторів 1 і 2. Записи таблиць маршрутизації, які позначені літерами С (Connected), позначають безпосередньо приєднані мережі. Дані про ці мережі були внесені в процесі конфігурації маршрутизатора. Маршрути, які позначені літерою О (OSPF), є динамічними маршрутами, отриманими за допомогою протоколу динамічної маршрутизації OSPF.

```
Router1#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

    10.0.0.0/30 is subnetted, 1 subnets
C       10.0.0.0 is directly connected, FastEthernet2/0
C       192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
O       192.168.2.0/24 [110/2] via 10.0.0.2, 00:00:09, FastEthernet2/0
```

Рис. 2.29. Таблиця маршрутизації маршрутизатора 1

```
Router2#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

    10.0.0.0/30 is subnetted, 1 subnets
C       10.0.0.0 is directly connected, FastEthernet2/0
O       192.168.1.0/24 [110/2] via 10.0.0.1, 00:00:09, FastEthernet2/0
C       192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
```

Рис. 2.30. Таблиця маршрутизації маршрутизатора 2

Особливістю таблиць маршрутизації маршрутизаторів Cisco є використання додаткової ознаки, за якою проводиться вибір маршруту, – адміністративної відстані, необхідної для ухвалення рішення про те, який з маршрутів помістити в таблицю маршрутизації у випадку, якщо інформація про мережу або вузол призначення може бути отримана від різних джерел. З аналізу таблиць маршрутизації маршрутизаторів 1 і 2 (рис. 2.29, 2.30) видно, що маршрути, отримані в процесі роботи протоколу OSPF, мають значення адміністративної відстані 110 (перша цифра у квадратних дужках), а значення метрики – 2 (друга цифра у квадратних дужках).

У випадку, якщо маршрутизатор, який має статус DROTHER, на фізичному рівні може розпізнати стан його власних зв'язків (розрив кабеля, вимкнення або ввімкнення інтерфейсу маршрутизатора тощо), він одразу вносить відповідні зміни до певних записів власної бази даних (не чекає протягом часу Router Dead Interval, тобто 40 с за замовчуванням) і присвоює цим записам номери (LS Seq Number) більші, ніж були до внесення змін (кожний запис у базі даних має номер, який визначається номером останнього отриманого повідомлення LSA), формує оголошення про стан зв'язків LSA з номером LS Seq Number більшим, ніж до оновлення, а потім ширококомовно надсилає маршрутизаторам DR та BDR на адресу 224.0.0.6 повідомлення оновлення стану каналів LSU, яке містить сформоване оголошення про стан зв'язків LSA. Далі призначений маршрутизатор DR забезпечує ширококомовне розсилання цієї топологічної інформації всім іншим маршрутизаторам на ширококомовну адресу 224.0.0.5. Якщо зміни стану власних зв'язків було виявлено маршрутизатором, який має статус DR або BDR, то розсилання топологічної інформації іншим маршрутизаторам здійснюється безпосередньо на ширококомовну адресу 224.0.0.5.

Маршрутизатори, отримавши повідомлення оновлення стану каналів LSU, яке містить сформоване оголошення про стан зв'язків LSA, перевіряють номер LS Seq Number цього оголошення LSA. Після цього можливе таке:

– якщо номер LS Seq Number в отриманому LSA більший, ніж однойменний номер відповідного запису у власній базі даних

маршрутизатора – LSDB оновлюється (така ситуація свідчить про те, що в маршрутизатора версія LSDB неактуальна і її треба оновити);

– якщо номер LS Seq Number в отриманому LSA дорівнює однойменному номеру відповідного запису у власній базі даних маршрутизатора – ніяких дій не виконується (така ситуація свідчить про те, що маршрутизатор вже отримав LSA з іншого маршруту);

– якщо номер LS Seq Number в отриманому LSA менший, ніж однойменний номер відповідного запису у власній базі даних маршрутизатора – маршрутизатор надсилає новий LSA (на основі власної LSDB) відправнику LSA (така ситуація свідчить про те, що в маршрутизатора більш актуальна інформація, ніж та, що поступила в отриманому LSA).

Далі маршрутизатору, від якого надійшло повідомлення оновлення стану каналів LSU, відправляється підтвердження LSAck, а потім знов здійснюється пошук найкоротших шляхів за алгоритмом Дейкстри та за необхідності оновлюється таблиця маршрутизації.

3. Робота протоколу OSPF в декількох областях

Протокол OSPF функціонує в межах домену маршрутизації OSPF або, по іншому, автономної системи AS (Autonomous System), у якій може бути утворено одна або декілька областей протоколу OSPF. Реалізація протоколу OSPF у єдиній області має один великий недолік: зі збільшенням кількості мереж і маршрутизаторів збільшується розмір бази даних стану каналів. Коли база даних збільшується, від маршрутизаторів, що знаходяться в зоні OSPF, потрібно, щоб вони відслідковували зміни стану кожного маршрутизатора й кожного каналу зв'язку всередині області OSPF. Зберігання й підтримка бази даних великого розміру вимагає значно більшого об'єму оперативної пам'яті й ресурсів процесора на кожному з маршрутизаторів. Щораз, коли всередині області становитиметься доступним новий канал або відмовляє діючий, усі маршрутизатори області повинні скористатися алгоритмом Дейкстри для перерахування таблиці

маршрутизації. На рис. 3.1 наведений приклад домену маршрутизації OSPF, у якому не був зроблений розподіл на області.

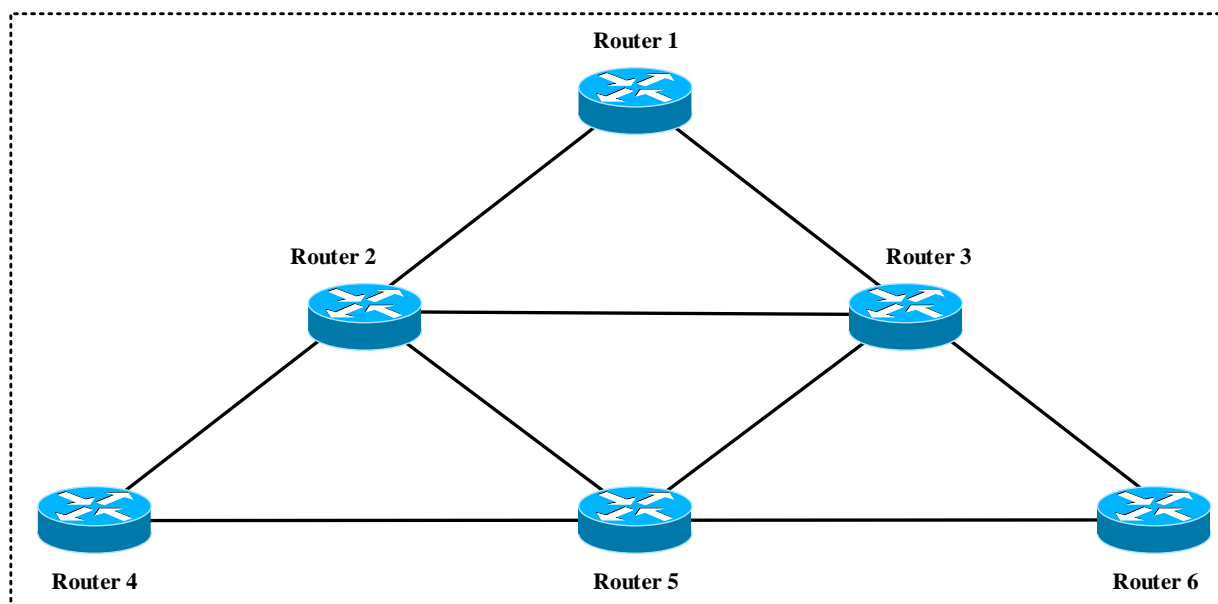


Рис. 3.1. Домен маршрутизації OSPF без розподілу на області

У більших доменах маршрутизації протоколу OSPF, у яких не був зроблений розподіл на області, можуть виникнути три основні проблеми:

- великий розмір таблиці топології. Таблиця стану каналів містить повну топологію мережі. Таким чином, будь-який маршрутизатор повинен зберігати по одному запису для кожної мережі й маршрутизатора області, навіть якщо маршрут, що проходить по даному каналу зв'язку, не занесений у таблицю маршрутизації;

- періодичні перерахунки за алгоритмом Дейкстри. За наявності великої кількості каналів зв'язку виникнення змін у топології мережі неминуче, при цьому значно зросте навантаження на центральний процесор маршрутизаторів для перерахунку за алгоритмом Дейкстри;

- великий розмір таблиці маршрутизації. Протокол OSPF не виконує підсумовування маршрутів усередині однієї зони. Якщо не застосовується підсумовування маршрутів, то кількість записів у таблицях маршрутизації на всіх маршрутизаторах

домену маршрутизації OSPF буде однаковим і буде відповідати кількості мереж у домені маршрутизації.

Для вирішення цих проблем протокол OSPF дозволяє ієрархічно розділити загальний домен маршрутизації (автономну систему OSPF) на більш дрібні області, які, як і раніше, будуть обмінюватися між собою маршрутною інформацією. Приклад розподілу домену маршрутизації OSPF на кілька областей показано на рис. 3.2.

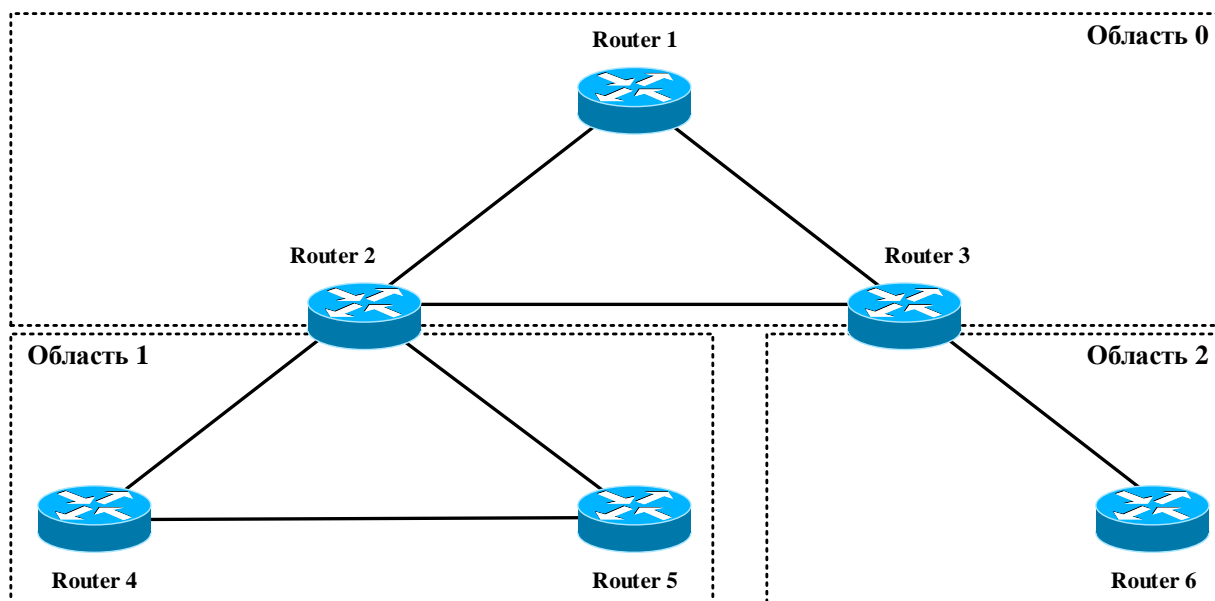


Рис. 3.2. Приклад розподілу домену маршрутизації OSPF на області

Маршрутизація в межах автономної системи протоколу OSPF залежить загалом від IP-адреси відправника та одержувача, а саме:

– якщо IP-адреси відправника та одержувача знаходяться в межах однієї і тієї самої області, використовується внутрішньообласна маршрутизація;

– якщо IP-адреси відправника та одержувача знаходяться в різних областях, але все ще належать до однієї автономної системи протоколу OSPF (домену маршрутизації OSPF), використовується міжобласна маршрутизація;

– якщо IP-адреса одержувача в пакеті знаходиться за межами автономної системи протоколу OSPF, використовується зовнішня маршрутизація.

Відповідно до вищевказаних видів маршрутизації протоколом OSPF визначено такі типи маршрутів:

– внутрішньообласні маршрути – це маршрути до мереж, які знаходяться в даній області протоколу OSPF;

– міжобласні маршрути – це маршрути, у тому числі і сумарні, до мереж, які знаходяться в даній автономній системі OSPF, але не належать до даної області;

– зовнішні маршрути – це маршрути, у тому числі і сумарні, до мереж, які знаходяться за межами даної автономної системи OSPF. Вони можуть бути отримані від іншої автономної системи (з довільним протоколом маршрутизації).

Також протоколом OSPF може бути застосований стандартний маршрут (маршрут за замовчуванням 0.0.0.0), якщо в таблиці маршрутизації відсутній явний маршрут до певної мережі.

Ієрархічний розподіл домену маршрутизації OSPF на області дає можливість зменшити об'єм службової інформації, викликаній оновленнями топологічної інформації, і скоротити обчислення за алгоритмом Дейкстри, які повинні виконувати маршрутизатори.

У кожній області домену маршрутизації обмін оновленнями топологічної інформації обмежується тільки маршрутизаторами, що належать даній області, і це допомагає зменшити загальний розмір бази даних стану каналів. Маршрутизатори підтримують бази даних тільки тих областей, з якими вони безпосередньо з'єднані. Таким чином, внутрішній потік повідомлень оновлення топологічної інформації обмежується тільки тією областю, у якій він був сформований. Зміни стану маршрутів однієї області не вимагають, щоб маршрутизатори іншої області займалися перерахуванням цих маршрутів. Завдяки тому, що маршрутизатори не повинні перераховувати свої таблиці маршрутизації через зміни станів каналів зв'язку в іншій області, суттєво зменшується об'єм обчислень за алгоритмом Дейкстри.

Розподіл загального домену маршрутизації OSPF на області може відбуватися будь-яким способом, але звичайно такий розподіл проводиться за географічним принципом, при якому кожна область визначається її місцем розташування. Як говорилося раніше, при розподілі домену маршрутизації на

кілька областей завжди повинна існувати так звана магістральна область або область 0. Дана область виконує роль транзитної області для всіх інших областей і забезпечує передачу топологічної інформації між областями.

3.1. Типи маршрутизаторів OSPF

Протокол OSPF визначає функції маршрутизаторів залежно від того, яке місце в домені маршрутизації вони займають і до якої кількості областей належать. На рис. 3.3 показаний приклад домену маршрутизації OSPF, розподіленого на області, і функцій маршрутизаторів, які вони виконують залежно від свого розташування.

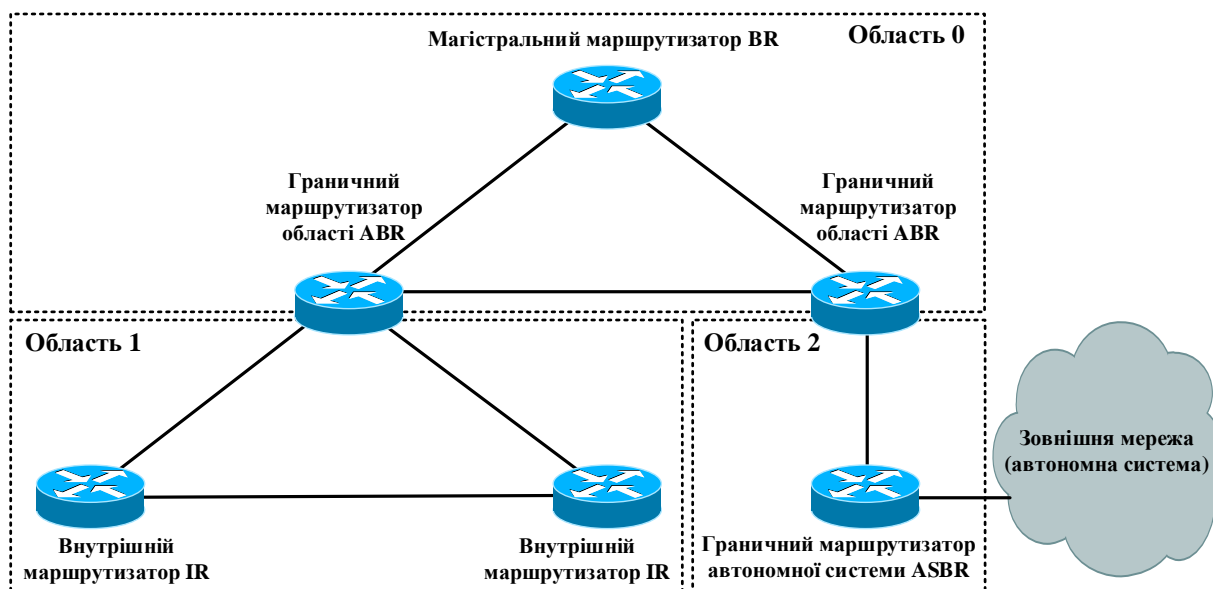


Рис. 3.3. Типи маршрутизаторів OSPF

Протокол OSPF визначає чотири типи маршрутизаторів:

- внутрішні маршрутизатори (Internal Router, IR);
- маршрутизатори опорної області або магістральні маршрутизатори (Backbone Router, BR);
- граничні маршрутизатори області (Area Border Router, ABR);
- граничні маршрутизатори автономної системи (Autonomous System Boundary Router, ASBR).

Маршрутизатор одночасно може класифікуватися як маршрутизатор декількох типів. Наприклад, якщо маршрутизатор підключено до області 0 і області 1, а також до не OSPF-мережі (зовнішньої мережі), його можна класифікувати і як маршрутизатор ABR, і як ASBR, і як BR.

Внутрішні маршрутизатори IR – це маршрутизатори, усі порти яких знаходяться в одній області протоколу OSPF. Внутрішні маршрутизатори, що належать одній області, мають ідентичні бази даних. Цей тип маршрутизаторів не підтримує ніяких інших протоколів маршрутизації, крім OSPF.

Маршрутизатори опорної області BR не мають портів, підключених до областей, відмінних від опорної області, оскільки інакше вони розглядалися б як граничні маршрутизатори ABR. Таким чином, усі порти маршрутизатора опорної області BR знаходяться тільки в опорній області.

Граничні маршрутизатори ABR знаходяться на межі однієї або декількох областей OSPF і з'єднують ці області з опорною областю. Таким чином, граничні маршрутизатори – це маршрутизатори, порти яких підключені як мінімум до двох різних областей, одна з яких обов'язково повинна бути опорною областю. Граничні маршрутизатори розглядаються як такі, що належать і до опорної області OSPF, і до областей, до яких вони підключені. Тому маршрутизатор ABR має по одній базі даних для кожної області. Маршрутизатори ABR можуть підсумовувати маршрути областей, підключених до них, і передавати їх в іншу область у вигляді сумарної топологічної інформації. Область може мати один або декілька граничних маршрутизаторів.

Граничні маршрутизатори автономної системи ASBR – це маршрутизатори, які розташовуються на границі двох або більшої кількості автономних систем (або доменів маршрутизації), у яких можуть працювати різні протоколи маршрутизації. Основною функцією граничних маршрутизаторів автономної системи ASBR є експорт і імпорт маршрутної інформації між різними доменами маршрутизації (незалежно від протоколів маршрутизації, які в них працюють). Маршрутизатори ASBR здатні розповсюджувати зовнішню маршрутну інформацію в усі області домену маршрутизації OSPF. Ці маршрутизатори можуть знаходитися в довільній області протоколу OSPF, за винятком тупикової області.

3.2. Типи областей протоколу OSPF

У протоколі OSPF визначені такі типи областей.

1. Стандартна область (Standard Area). Стандартна область протоколу OSPF може оголошувати й приймати оголошення LSA всіх типів (у стандартній області можуть розповсюджуватися маршрути будь-яких типів, тому маршрутизатори стандартної області можуть містити всі типи маршрутів).

2. Опорна (магістральна) область (Backbone Area). Опорна область відносно інших областей займає центральне положення. До неї підключаються всі інші області домену маршрутизації для обміну міжзональними маршрутами. Магістральна область завжди позначається як «Область 0» або «Область 0.0.0.0». Магістральна область має всі властивості стандартної області.

3. Тупикова область (Stub Area). Область, усередину якої не передається інформація про зовнішні маршрути, називається тупиковою. Маршрутизація інформаційних потоків з тупикової області в зовнішній мережі (за межі автономної системи OSPF) заснована на використанні стандартного маршруту 0.0.0.0 (маршруту за замовчуванням). Маршрутизатори тупикових областей містять тільки міжобласні та внутрішньообласні маршрути, оскільки як зовнішній маршрут маршрутизатор ABR вводить у тупикову область стандартний маршрут 0.0.0.0. Таким чином, усі IP-пакети, що виходять із даної області й адресовані за межі автономної системи OSPF, відправляються стандартним маршрутом 0.0.0.0 (маршрутом за замовчуванням) через певний граничний маршрутизатор ABR. Тупикова область може мати кілька граничних маршрутизаторів ABR, але для кожного вузла всередині області встановлений маршрут за замовчуванням, що проходить тільки через один з ABR. Усі маршрутизатори цієї області, у тому числі граничні маршрутизатори ABR, повинні бути сконфігуровані для роботи в тупиковій області. Зазначимо, що тупикова область не може мати граничних маршрутизаторів автономної системи ASBR. У тупиковій області не допускається лавинне розсилання інформації про зовнішній мережі (які знаходяться за межами автономної системи OSPF). Жоден маршрутизатор у тупиковій області не має інформації про зовнішні маршрути. Тому застосування тупикових областей

призводить до зменшення розмірів бази даних про стан каналів у маршрутизаторах цієї області, їх таблиць маршрутизації і, відповідно, до скорочення потреби в оперативній пам'яті.

4. Повністю тупикова область. Подальшим розвитком концепції тупикової області, яка полягає в застосуванні стандартного маршруту 0.0.0.0 (маршруту за замовчуванням), є повністю тупикова область. Повністю тупикова область не допускає проникнення в неї інформації про зовнішні (за межі автономної системи OSPF) маршрути і міжобласні маршрути. Маршрутизація інформаційних потоків з повністю тупикової області в інші області домену маршрутизації OSPF, а також у зовнішні мережі (за межі автономної системи OSPF) заснована на використанні стандартного маршруту (маршруту за замовчуванням). Таким чином, в області такого типу існують тільки внутрішньообласні маршрути, і, крім того, у неї вводиться граничним(и) маршрутизатором(ами) ABR стандартний маршрут 0.0.0.0 (маршрут за замовчуванням). Тому маршрутизатори повністю тупикових областей містять тільки внутрішньообласні маршрути і стандартний маршрут 0.0.0.0 (маршрут за замовчуванням). Зазначимо, що повністю тупикова область не може мати граничних маршрутизаторів автономної системи ASBR. Зазначимо, що граничні з повністю тупиковою областю маршрутизатори ABR повинні бути сконфігуровані для роботи в повністю тупиковій області, а інші маршрутизатори повинні бути сконфігуровані для роботи в тупиковій області.

5. Не зовсім тупикова область (Not-So-Stubby Area, NSSA). Даний тип області протоколу OSPF має всі властивості тупикової області, однак не зовсім тупикові області можуть містити ASBR маршрутизатори.

6. Повністю тупикова не зовсім тупикова область (Totally Stub Not-So-Stubby Area, Totally Stub NSSA). Даний тип області протоколу OSPF має всі властивості повністю тупикових областей, однак Totally Stub NSSA області можуть містити ASBR маршрутизатори.

3.3. Особливості проектування областей OSPF

При проектуванні мережі з протоколом OSPF рекомендується починати з опорної області, а потім переходити до проектування інших областей. Якщо до структури мережі OSPF входить декілька областей, одна з них завжди повинна бути опорною областю.

Опорна область повинна бути центральною по відношенню до всіх інших областей. Це означає, що з опорною областю повинні бути сполучені всі інші області. Це пов'язано з тим, що специфікація OSPF передбачає необхідність передачі всіма областями маршрутної інформації в опорну область і подальше розповсюдження цієї маршрутної інформації з опорної області у всі інші області.

Опорна область не повинна бути дуже великою, оскільки кожен маршрутизатор в опорній області повинен повторно обчислювати свої маршрути після кожної зміни стану каналів. Якщо опорна область залишається невеликою, імовірність змін зменшується і тому скорочується потреба в ресурсах процесора, необхідних для повторного обчислення маршрутів.

Важливою вимогою до опорної області є резервування, оскільки воно дозволяє запобігти розподілу опорної області при відмові одного з каналів. Якісний проект опорної області характеризується тим, що відмова будь-якого окремо взятого каналу не може призвести до її розподілу (тобто до того, що одна частина опорної області втратить зв'язок з іншою).

В опорну область не слід включати кінцеві вузли (робочі станції, файлові сервери та інші загальнодоступні ресурси). Якщо в опорній області відсутні кінцеві вузли, то спрощується подальше розширення об'єднаної мережі і створюється стабільніше середовище, оскільки навіть такі звичні операції, як ввімкнення їх і вимкнення, викликають непотрібний потік оголошень LSA. Типова структура опорної області OSPF показана на рис. 3.4.

Якщо значна частина мережі представлена у вигляді тупикових областей, то скорочується об'єм інформації про маршрути, що оголошуються у всій мережі. Наприклад, припустимо, що в опорну область перерозподіляється інформація

про 10 000 зовнішніх маршрутів. Стандартні області одержують всю цю інформацію, а тупикові області її не одержують. Замість цього в тупикові області передається оголошення з інформацією про стандартний маршрут 0.0.0.0, а це дозволяє захистити маршрутизатори, що знаходяться в них, від додаткового навантаження. Тому застосування тупикових областей сприяє скороченню оголошень LSA і дозволяє забезпечити високу стабільність мережі OSPF. Оскільки широко застосовується маршрутизація за замовчуванням, то розмір бази даних маршрутизаторів зменшується. Це у свою чергу призводить до скорочення потреби в ресурсах процесора і пам'яті маршрутизатора.

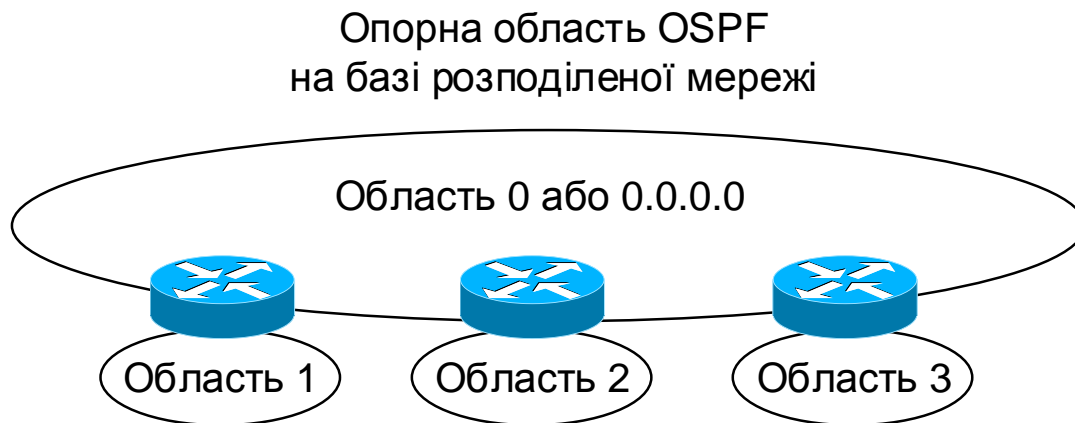


Рис. 3.4. Типова структура опорної області OSPF

3.4. Розподіл IP адрес в областях OSPF

Підсумовування IP-мереж (маршрутів) подано в дод. 4.

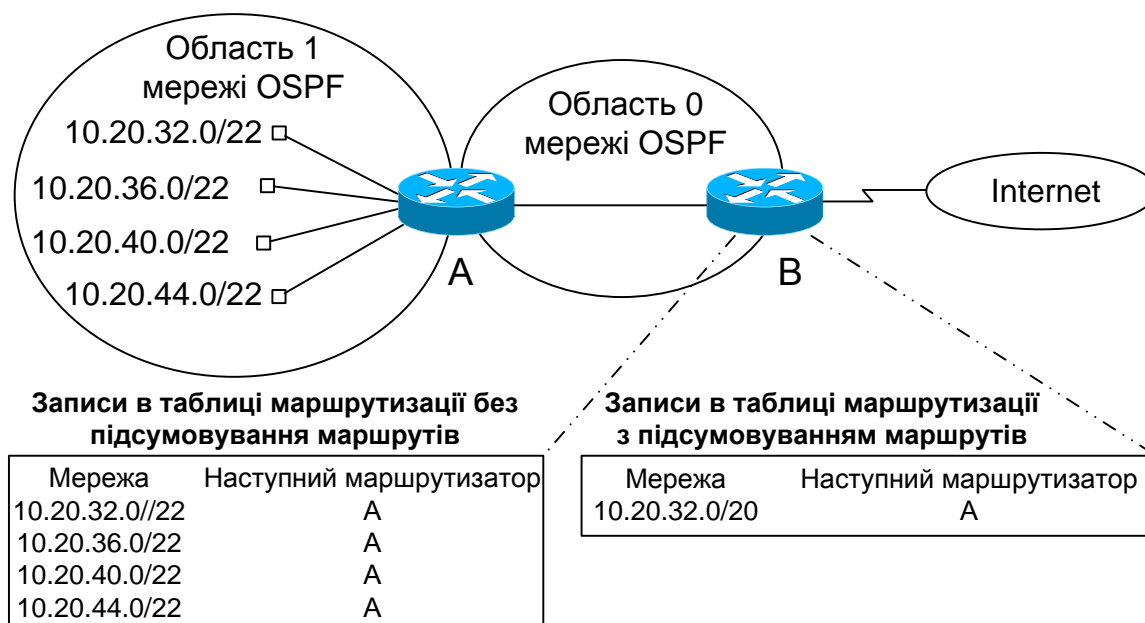
До задач, нерозривно пов'язаних з проектуванням мереж з протоколом маршрутизації OSPF, належать задачі призначення IP-адрес і підсумовування маршрутів.

Для створення мережі OSPF, що легко масштабується, необхідно ввести в дію засоби підсумовування маршрутів, які дозволяють зменшити потребу маршрутизаторів в оперативній пам'яті. Підсумовуванням маршрутів називається операція перетворення множини записів з інформацією про маршрути з метою їх подання у вигляді меншої кількості записів, що дозволяє зменшити розміри таблиць маршрутизації маршрутизаторів.

Реалізована в мережі структура адресації може значно впливати на продуктивність і масштабованість конкретної мережі OSPF. Для створення мережевого середовища, здатного підтримувати підсумовування маршрутів, необхідно реалізувати схему ієрархічної адресації. Таким чином, треба добитися того, щоб до таблиць маршрутизації увійшла мінімально можлива кількість маршрутів.

На рис. 3.5 наведена схема, яка ілюструє переваги підсумовування маршрутів. Якщо не використовується підсумовування, то в таблиці маршрутизації є чотири записи, а після введення в дію засобів підсумовування в таблиці маршрутизації залишається тільки один запис.

Без застосування підсумовування маршрутів оголошення LSA будуть розповсюджуватися в опорну область OSPF і за її межі, що може призвести до збільшення навантаження на маршрутизатори (рис. 3.6).



Примітка: сумарний маршрут 10.20.32.0/20 відноситься до мереж: 10.20.32.0/22, 10.20.36.0/22, 10.20.40.0/22 та 10.20.44.0/22

Рис. 3.5. Приклад скорочення таблиці маршрутизації при застосуванні підсумовування маршрутів

При застосуванні підсумовування маршрутів в опорну область OSPF будуть розповсюджуватися тільки оголошення

LSA з сумарними маршрутами. Така можливість є дуже важливою, оскільки дозволяє виключити необхідність для кожного маршрутизатора повторно розраховувати маршрути, забезпечує підвищення стабільності мережі і сприяє зменшенню інтенсивності потоку службової інформації (рис. 3.7).

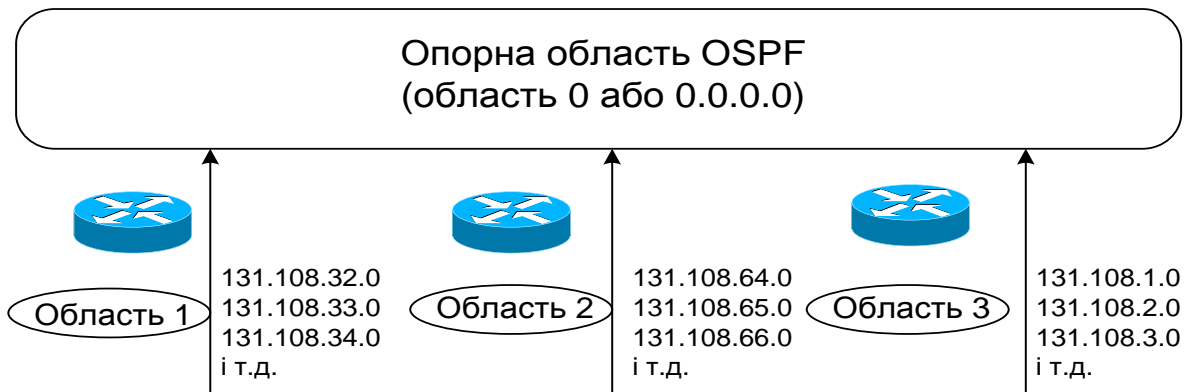


Рис. 3.6. Випадок відсутності підсумовування маршрутів: оголошення LSA з окремих областей розповсюджуються по всій мережі OSPF

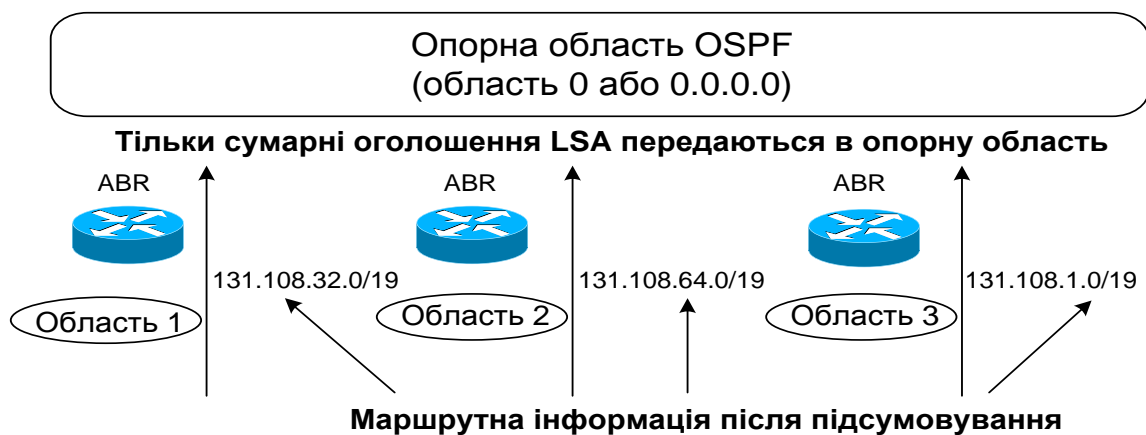


Рис. 3.7. Випадок застосування підсумовування маршрутів: в опорну область передаються тільки сумарні оголошення від решти областей мережі OSPF

У процесі проектування конкретної мережі OSPF розподіл IP-адрес повинен здійснюватися за певною системою. Зокрема вони повинні розподілятися у вигляді безперервних і суміжних

блоків IP-адрес, щоб за допомогою оголошень LSA можна було легко відобразити цей адресний простір (застосовуючи підсумовування маршрутів).

3.5. Визначення розмірів мережі OSPF та об'єму пам'яті маршрутизаторів

3.5.1. Визначення розмірів мережі OSPF

Обчислювальні ресурси маршрутизаторів є обмеженими. Тому при проектуванні необхідно враховувати такого роду обмеження. Наприклад, якщо маршрутизатор належить до декількох областей (як, наприклад, граничний маршрутизатор ABR), він повинен мати по одній базі даних для кожної області. Зі зростанням мережі розміри таблиці маршрутизації стають настільки великими, що база даних займає дуже великий об'єм, тому ефективність маршрутизації знижується через відсутність достатніх ресурсів маршрутизатора для нормального забезпечення функцій маршрутизації (час пошуку в таблиці маршрутизації стає великим).

Чим більше областей підключено до граничного маршрутизатора ABR, тим нижче його продуктивність, оскільки навантаження на маршрутизатор зростає і виникає нестача ресурсів. Тому не слід перенавантажувати граничні маршрутизатори ABR, а рівномірно розподіляти області між декількома маршрутизаторами. В ідеальному випадку кожний граничний маршрутизатор ABR повинен бути підключений тільки до двох областей (до опорної та іншої області), а верхня межа кількості областей складає від трьох до п'яти.

Протокол OSPF передбачає лавинне розсилання інформації про зміни стану каналів по всіх маршрутизаторах області. При цьому найбільше навантаження з обробки даних про зміну стану каналів лягає на маршрутизатори, які мають багато сусідніх пристроїв. Тому, як правило, маршрутизатор повинен мати не більше 60–100 сусідніх пристроїв. Загальні рекомендації для визначення розмірів мережі OSPF подано в табл. 3.1.

Рекомендації для визначення розмірів мережі OSPF

Параметр	Мінімальне значення	Середнє значення	Максимальне значення
Кількість маршрутизаторів в автономній системі	1	500	1000
Кількість маршрутизаторів в області	1	100	350
Кількість областей в автономній системі	1	25	75
Кількість сусідніх пристроїв у розрахунку на кожний маршрутизатор	1	50	100
Кількість областей у розрахунку на кожний маршрутизатор	1	3	5

3.5.2. Визначення об'єму пам'яті маршрутизаторів OSPF

У маршрутизаторах, що працюють під керуванням протоколу OSPF, значна частина оперативної пам'яті використовується для зберігання бази даних про маршрути. Тому виключно важливим чинником при проектуванні мережі OSPF стає визначення вимог до об'єму пам'яті маршрутизатора.

Правильне використання методів підсумовування маршрутів і створення тупикових (повністю тупикових) областей сприяє значному зменшенню вимог до об'єму пам'яті маршрутизатора. А оскільки виникають проблеми нестачі пам'яті, слід продумати можливість використання тупикових (повністю тупикових) областей, оскільки це сприяє зменшенню кількості маршрутів.

Точне визначення об'єму пам'яті, необхідного для конкретної конфігурації OSPF, є важкою задачею. Нестача пам'яті звичайно виникає, якщо в домен OSPF передається дуже великий об'єм інформації про зовнішні маршрути. Звичайно для мереж невеликого розміру достатньо 2–16 Мбайт оперативної пам'яті; для крупних мереж може бути потрібно 16–64 Мбайт. Крім того, вимоги до об'єму пам'яті зростають до 512 Мбайт і більше, якщо в маршрутизатори передаються з мережі Інтернет повні маршрути.

4. Розроблення схеми типового сегмента IP-мережі з протоколом маршрутизації OSPF

4.1. Основні кроки розроблення схеми типового сегмента IP-мережі з протоколом маршрутизації OSPF

Для вирішення завдання розроблення схеми типового сегмента IP-мережі з протоколом маршрутизації OSPF треба виконати такі кроки.

1. Виконати розбиття загального адресного простору IP-мережі на підмережі відповідно до кількості областей протоколу OSPF, оскільки кожній області OSPF повинен відповідати окремий адресний простір (окрема IP-мережа (підмережа)).

2. Розробити схему організації маршрутизації на основі протоколу OSPF.

3. Розбити на необхідну кількість підмереж IP-мережі, які відповідають певним областям протоколу OSPF.

4. Виконати розподіл IP-адрес. Визначити мережеві параметри обладнання.

4.2. Вихідні дані для розроблення схеми типового сегмента IP-мережі з протоколом маршрутизації OSPF

Для виконання завдання розроблення схеми типового сегмента IP-мережі з протоколом маршрутизації OSPF необхідні такі вихідні дані:

- загальний адресний простір IP-мережі;
- кількість областей OSPF, включаючи опорну область.

Схема типового сегмента IP-мережі з протоколом маршрутизації OSPF, який відповідає рівням ядра та розподілу, показана на рис. 4.1. З метою зменшення обчислювальних труднощів при пошуку маршрутів за алгоритмом Дейкстри та частоти їх обчислень, зменшення об'єму бази даних протоколу OSPF, а також зменшення розміру таблиць маршрутизації в розглядуваній схемі утворено два незалежних домени маршрутизації протоколу OSPF – дві області OSPF, а саме опорна (магістральна) область Area 0 та область Area 1, яка може бути

стандартною (Standard Area), тупиковою (Stub Area) або повністю тупиковою (Totally Stub Area) відповідно до завдання на проведення дослідження.

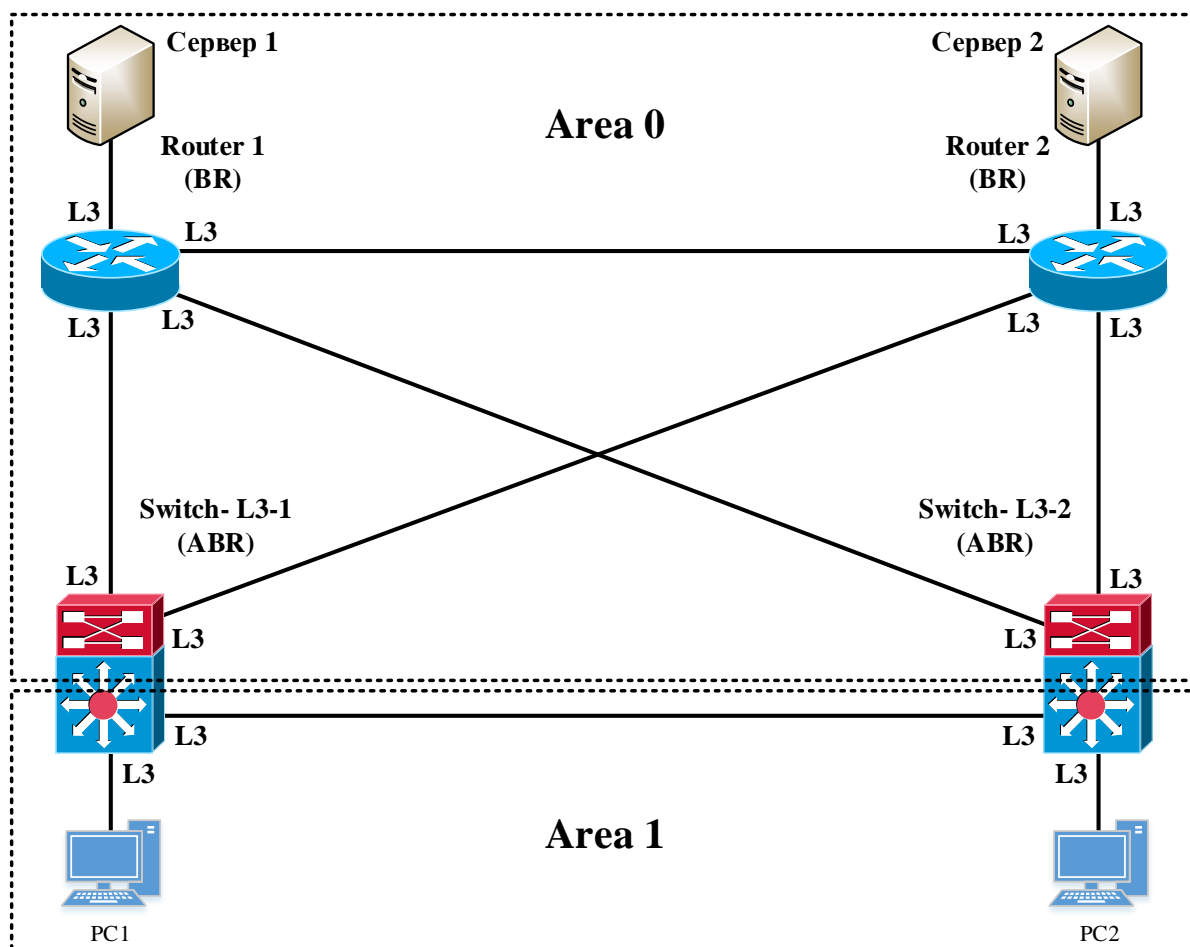


Рис. 4.1. Схема типового сегмента IP-мережі з протоколом маршрутизації OSPF для проведення дослідження

Опорна область Area 0 є центральною (головною) областю по відношенню до всіх інших областей. З опорною областю безпосередньо сполучаються всі інші області (для розглядуваної схеми – це область Area 1) з метою забезпечення передачі маршрутної інформації в опорну область і подальшого розповсюдження маршрутної інформації з опорної області у всі інші області.

Маршрутизатори, які належать різним областям OSPF, відслідковують стан зв'язків, застосовують алгоритм Дейкстри та будують базу даних маршрутів тільки для власних областей, що значно зменшує обчислювальні труднощі пошуку маршруту. Між

областями інформація про зв'язки не передається, а граничні для областей маршрутизатори обмінюються тільки інформацією про адреси мереж, які є в кожній з областей, і метрикою (відстанню) від граничного маршрутизатора до кожної мережі. При передачі пакетів між областями вибирається один з граничних маршрутизаторів області, а саме той, у якого метрика до необхідної мережі менша. Зазначимо, що граничні маршрутизатори типу ABR виконують незалежно зазначені вище процедури (відслідковування стану зв'язків, застосування алгоритму Дейкстри, побудову бази даних) для всіх областей, до складу яких вони входять, тобто маршрутизатори ABR будуть мати по одній базі даних для кожної області OSPF.

У схемі на рис. 4.1 опорну область Area 0 протоколу OSPF утворюють маршрутизатори Router 1, Router 2 та комутатори третього рівня Switch-L3-1, Switch-L3-2. Маршрутизатори Router 1 і Router 2 є маршрутизаторами опорної області (магістральними маршрутизаторами) – типу BR. Усі порти маршрутизаторів опорної області Router 1, Router 2 знаходяться тільки в опорній області. Комутатори третього рівня Switch-L3-1, Switch-L3-2 є граничними маршрутизаторами типу ABR, оскільки вони одночасно належать областям Area 0 та Area 1 з метою поєднання цих областей, тобто частина портів комутаторів знаходиться в області Area 0, а інша частина – в області Area 1. Зазначимо, що з метою надання можливості застосування підсумовування маршрутів із області Area 1 в напрямку магістральної області Area 0 граничні маршрутизатори ABR (Switch-L3-1, Switch-L3-2) повинні бути з'єднані між собою (на третьому рівні), причому IP-мережа, яка відповідає тракту між цими маршрутизаторами, повинна належати до області Area 1.

Метою застосування в розглядуваній схемі двох магістральних і двох граничних маршрутизаторів є підвищення надійності мережі, оскільки відмова одного з них не призведе до втрати зв'язності мережі. Для візуальної імітації джерел та отримувачів інформації під час проведення дослідження безпосередньо до маршрутизаторів і комутаторів третього рівня підключені сервери 1, 2 та комп'ютери PC1, PC2 (у реальній схемі кінцеве обладнання підключається, як правило, до обладнання рівня доступу, яке на розглядуваному сегменті відсутнє, оскільки не є предметом дослідження).

4.3. Розбиття загального адресного простору IP-мережі на підмережі. Розроблення схеми організації маршрутизації на основі протоколу OSPF

Для прикладу використаємо такі вихідні дані:

– загальний адресний простір IP-мережі 10.0.0.0/8 (маска 255.0.0.0);

– кількість областей OSPF, включаючи опорну область – 8.

Виконаємо розбиття загального адресного простору IP-мережі 10.0.0.0/8 (маска 255.0.0.0) на підмережі відповідно до кількості областей протоколу OSPF, оскільки кожній області OSPF повинен відповідати окремий адресний простір (окрема IP-мережа (підмережа)). Таким чином, даний загальний адресний простір треба розбити на 8 підмереж.

З метою зниження громіздкості обчислень розподіл IP-адрес найзручніше проводити за допомогою програмного забезпечення. Однією з найбільш придатних для цього програм є Free Advanced Subnet Calculator.

Для розбиття IP-мереж будемо використовувати тільки закладку «CIDR Calculator». Вихідна IP-адреса мережі (загальний адресний простір) і розширений префікс (чи кількість одиниць у масці) вводяться у вікна «Address Block» і «CIDR Mask» відповідно. Розбиття загального адресного простору (мережі) на підмережі можна провести, якщо відомий один з параметрів: кількість одиниць у масці «Mask Bits», кількість розрядів для позначення номера вузла в масці «Hosts Bits», необхідна кількість підмереж «Number of Subnets», необхідна кількість вузлів у підмережі «Hosts per Subnet». Для отримання результатів необхідно натиснути на кнопку «Generate Subnets».

Спочатку розіб'ємо загальний адресний простір (мережу) 10.0.0.0/8 на підмережі рівного розміру. Для виконання завдання нам треба 8 підмереж рівного розміру. Зазначимо, що при розбитті мережі на підмережі рівного розміру кількість цих підмереж буде завжди дорівнювати степеню числа два, тому завжди треба вибирати кількість підмереж такою, що дорівнює найближчому більшому числу, яке є степенем числа два.

Далі вводимо до програми такі дані: у вікно «Address Block» – 10.0.0.0, у вікно «CIDR Mask» – 8 біт. Для розбиття мережі на

підмережі вводимо до вікна «Number of Subnet» значення 8 і натискаємо на кнопку «Generate Subnets». Результат розбиття зображено на рис. 4.2 та зведено в табл. 4.1.

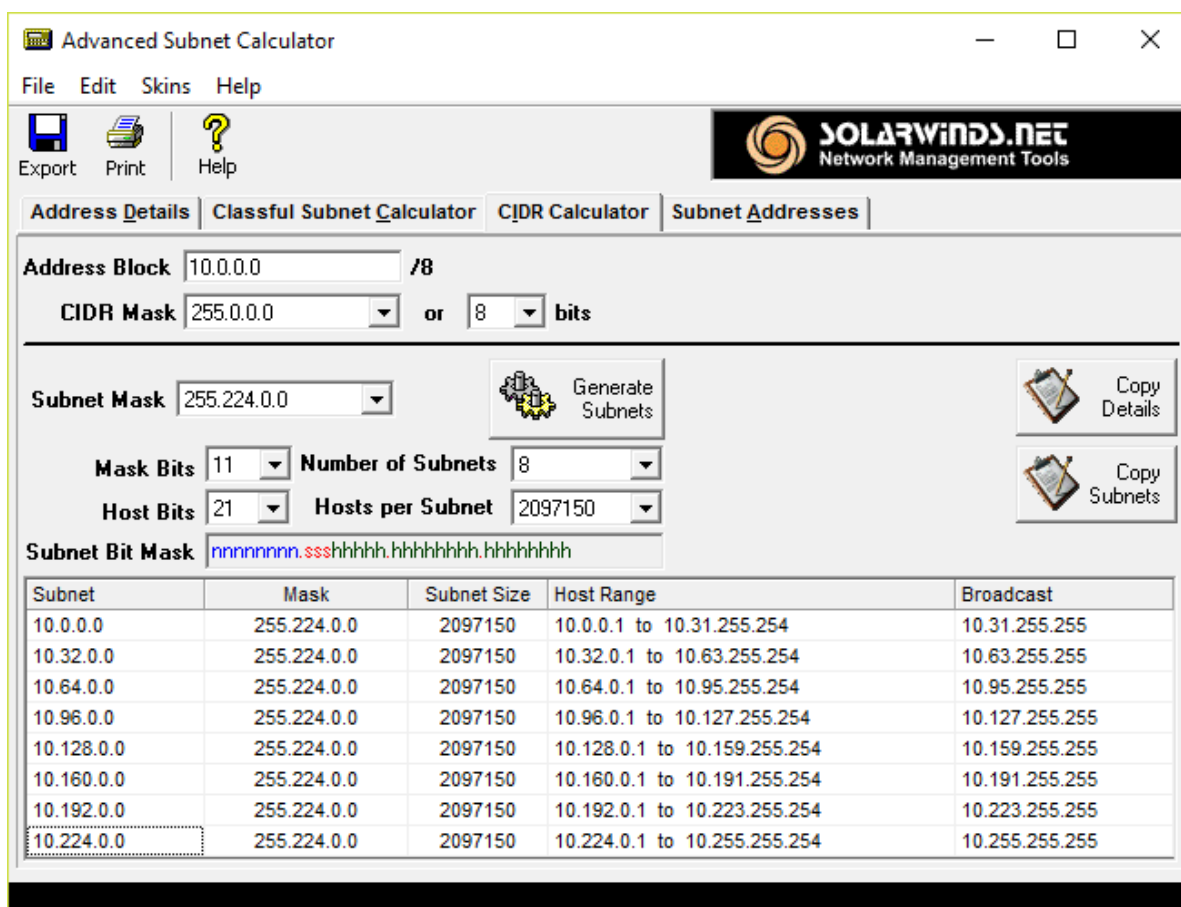


Рис. 4.2. Розбиття мережі 10.0.0.0/8 на 8 підмереж рівного розміру

Таблиця 4.1

Результати розбиття мережі 10.0.0.0/8 на 8 підмереж

Підмережа	Маска	Кількість вузлів	Діапазон адрес	Широкомовна адреса
1	2	3	4	5
10.0.0.0/11	255.224.0.0	2097150	10.0.0.1 – 10.31.255.254	10.31.255.255
10.32.0.0/11	255.224.0.0	2097150	10.32.0.1 – 10.63.255.254	10.63.255.255
10.64.0.0/11	255.224.0.0	2097150	10.64.0.1 – 10.95.255.254	10.95.255.255
10.96.0.0/11	255.224.0.0	2097150	10.96.0.1 – 10.127.255.254	10.127.255.255

1	2	3	4	5
10.128.0.0/11	255.224.0.0	2097150	10.128.0.1 – 10.159.255.254	10.159.255.255
10.160.0.0/11	255.224.0.0	2097150	10.160.0.1 – 10.191.255.254	10.191.255.255
10.192.0.0/11	255.224.0.0	2097150	10.192.0.1 – 10.223.255.254	10.223.255.255
10.224.0.0/11	255.224.0.0	2097150	10.224.0.1 – 10.255.255.254	10.255.255.255

Далі, використовуючи результати розбиття мережі 10.0.0.0/8 на 8 підмереж з табл. 4.1, розробляємо схему організації маршрутизації на основі протоколу OSPF (рис. 4.3), яка показує відповідність кожній області протоколу OSPF певного адресного простору (IP-мережі).

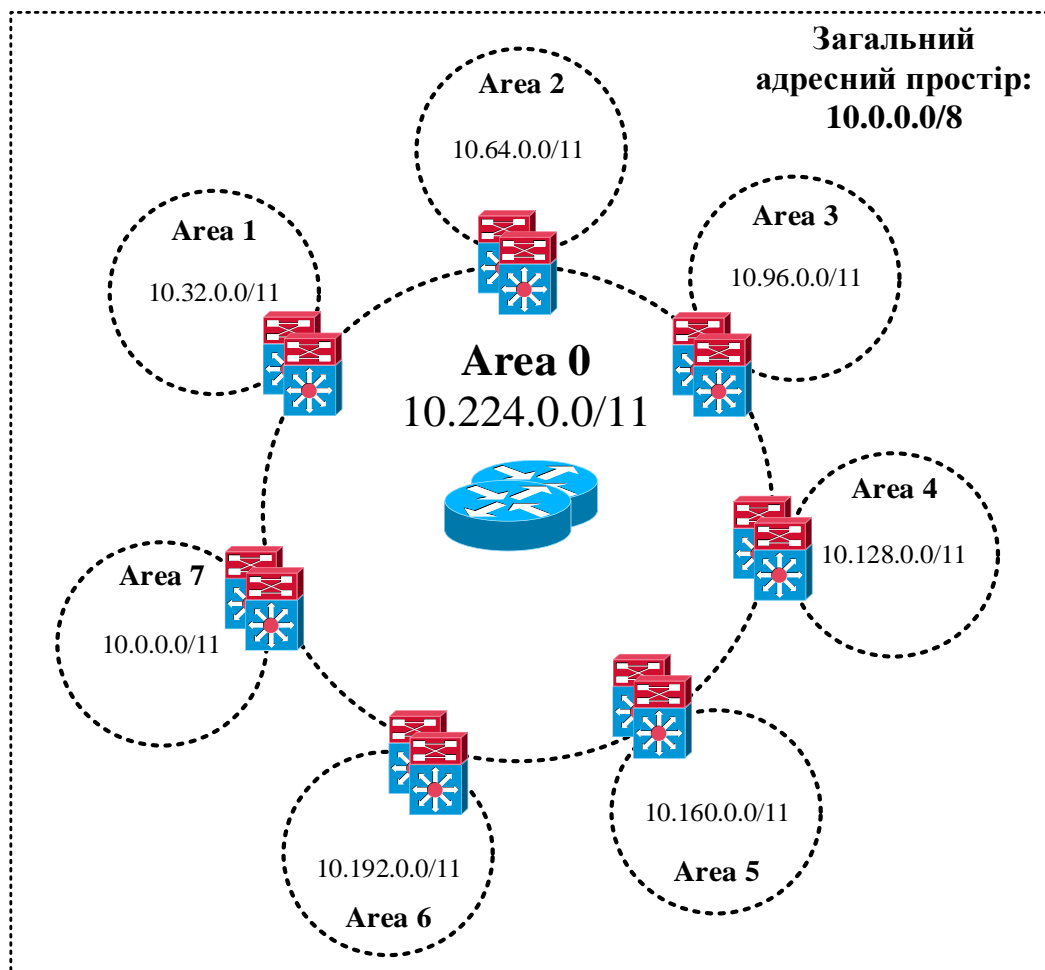


Рис. 4.3. Схеми організації маршрутизації на основі протоколу OSPF

Тепер мережу 10.224.0.0/11, яка відповідає опорній області (Area 0) розіб'ємо на підмережі з двома індивідуальними IP-адресами, необхідні для двоточкових з'єднань (з'єднань типу «точка-точка») між мережевим обладнанням. Зазначимо, що маска підмереж для двоточкових з'єднань повинна мати вигляд 255.255.255.252 («/30»).

Для розбиття мережі 10.224.0.0/11 на підмережі з двома індивідуальними IP-адресами вводимо до вікна «Host per Subnet» значення 2 та натискаємо на кнопку «Generate Subnets». Результати розбиття зображено на рис. 4.4 та зведені в табл. 4.2.

Subnet	Mask	Subnet Size	Host Range	Broadcast
10.224.0.0	255.255.255.252	2	10.224.0.1 to 10.224.0.2	10.224.0.3
10.224.0.4	255.255.255.252	2	10.224.0.5 to 10.224.0.6	10.224.0.7
10.224.0.8	255.255.255.252	2	10.224.0.9 to 10.224.0.10	10.224.0.11
10.224.0.12	255.255.255.252	2	10.224.0.13 to 10.224.0.14	10.224.0.15
10.224.0.16	255.255.255.252	2	10.224.0.17 to 10.224.0.18	10.224.0.19
10.224.0.20	255.255.255.252	2	10.224.0.21 to 10.224.0.22	10.224.0.23
10.224.0.24	255.255.255.252	2	10.224.0.25 to 10.224.0.26	10.224.0.27
10.224.0.28	255.255.255.252	2	10.224.0.29 to 10.224.0.30	10.224.0.31
10.224.0.32	255.255.255.252	2	10.224.0.33 to 10.224.0.34	10.224.0.35
10.224.0.36	255.255.255.252	2	10.224.0.37 to 10.224.0.38	10.224.0.39
10.224.0.40	255.255.255.252	2	10.224.0.41 to 10.224.0.42	10.224.0.43

Рис. 4.4. Розбиття мережі 10.224.0.0/11 на підмережі з двома індивідуальними IP-адресами

Результати розбиття мережі 10.224.0.0/11 на підмережі
з двома індивідуальними IP-адресами

Підмережа	Маска	Кількість вузлів	Діапазон адрес	Широкомовна адреса
10.224.0.0/30	255.255.255.252	2	10.224.0.1 – 10.224.0.2	10.224.0.3
10.224.0.4/30	255.255.255.252	2	10.224.0.5 – 10.224.0.6	10.224.0.7
10.224.0.8/30	255.255.255.252	2	10.224.0.9 – 10.224.0.10	10.224.0.11
10.224.0.12/30	255.255.255.252	2	10.224.0.13 – 10.224.0.14	10.224.0.15
10.224.0.16/30	255.255.255.252	2	10.224.0.17 – 10.224.0.18	10.224.0.19
10.224.0.20/30	255.255.255.252	2	10.224.0.21 – 10.224.0.22	10.224.0.23
10.224.0.24/30	255.255.255.252	2	10.224.0.25 – 10.224.0.26	10.224.0.27

Далі виконаємо розбиття IP-мережі 10.32.0.0/11, яка відповідає області Area 1 протоколу OSPF, на 4 підмережі, дві з яких будуть використані для підключення користувачів (комп'ютерів PC1 та PC2), а одна – як адресний простір для утворення двоточкового з'єднання між комутаторами третього рівня, тобто подальшого її розбиття на підмережі з двома індивідуальними IP-адресами. Результати розбиття IP-мережі 10.32.0.0/11 на 4 підмережі показані на рис. 4.5 та зведені в табл. 4.3. Адресний простір області Area 1 протоколу OSPF схематично показано на рис. 4.6.

Тепер адресний простір для утворення двоточкових з'єднань 10.56.0.0/13 розіб'ємо на підмережі з двома індивідуальними IP-адресами, необхідні для з'єднань типу «точка-точка» між комутаторами третього рівня.

Для розбиття адресного простору 10.56.0.0/13 на підмережі з двома індивідуальними IP-адресами вводимо до вікна «Host per Subnet» значення 2 та натискаємо на кнопку «Generate Subnets». Результати розбиття зображено на рис. 4.7 та зведені в табл. 4.4.

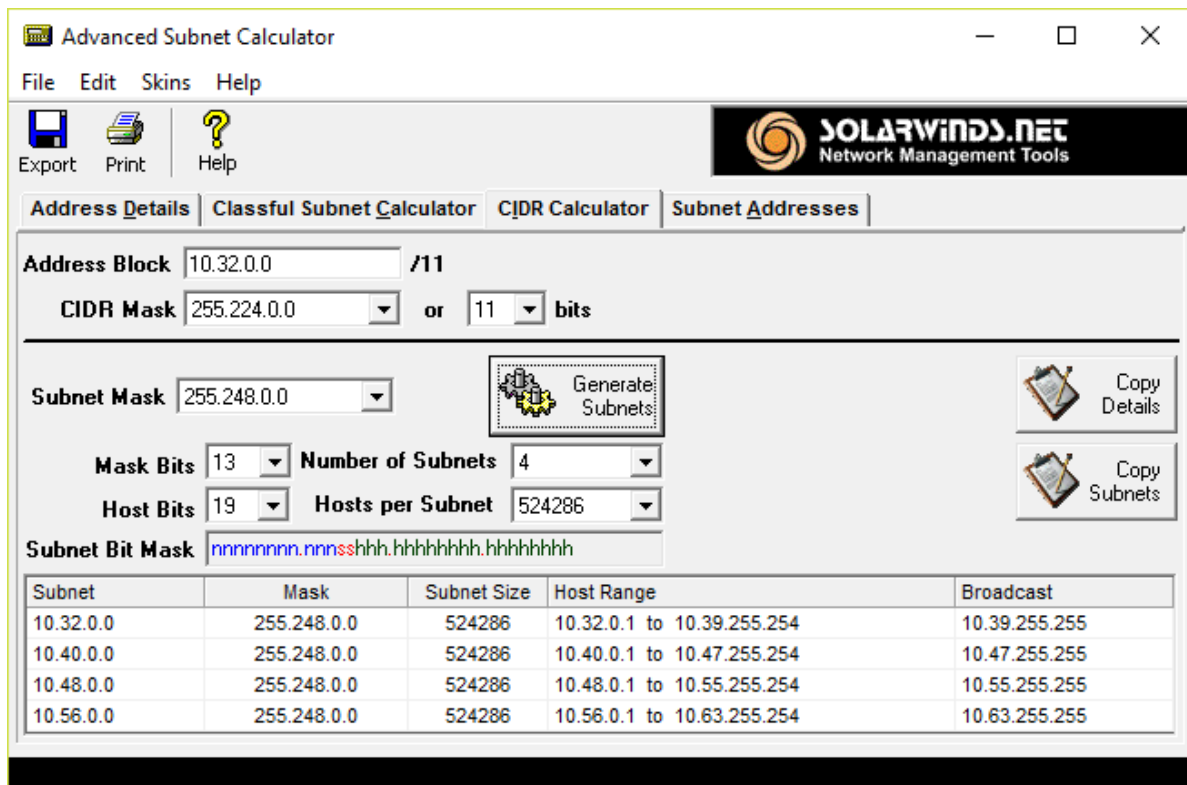


Рис. 4.5. Розбиття мережі 10.32.0.0/11 на 4 підмережі рівного розміру

Таблиця 4.3

Результати розбиття мережі 10.32.0.0/11 на 4 підмережі

Підмережа	Маска	Кількість вузлів	Діапазон адрес	Широкомовна адреса
10.32.0.0/13	255.248.0.0	524286	10.32.0.1 – 10.39.255.254	10.39.255.255
10.40.0.0/13	255.248.0.0	524286	10.40.0.1 – 10.47.255.254	10.47.255.255
10.48.0.0/13	255.248.0.0	524286	10.48.0.1 – 10.55.255.254	10.55.255.255
10.56.0.0/13	255.248.0.0	524286	10.56.0.1 – 10.63.255.254	10.63.255.255

На рис. 4.8 показана схема IP-мережі з результатами розбиття загального адресного простору на відповідні підмережі.

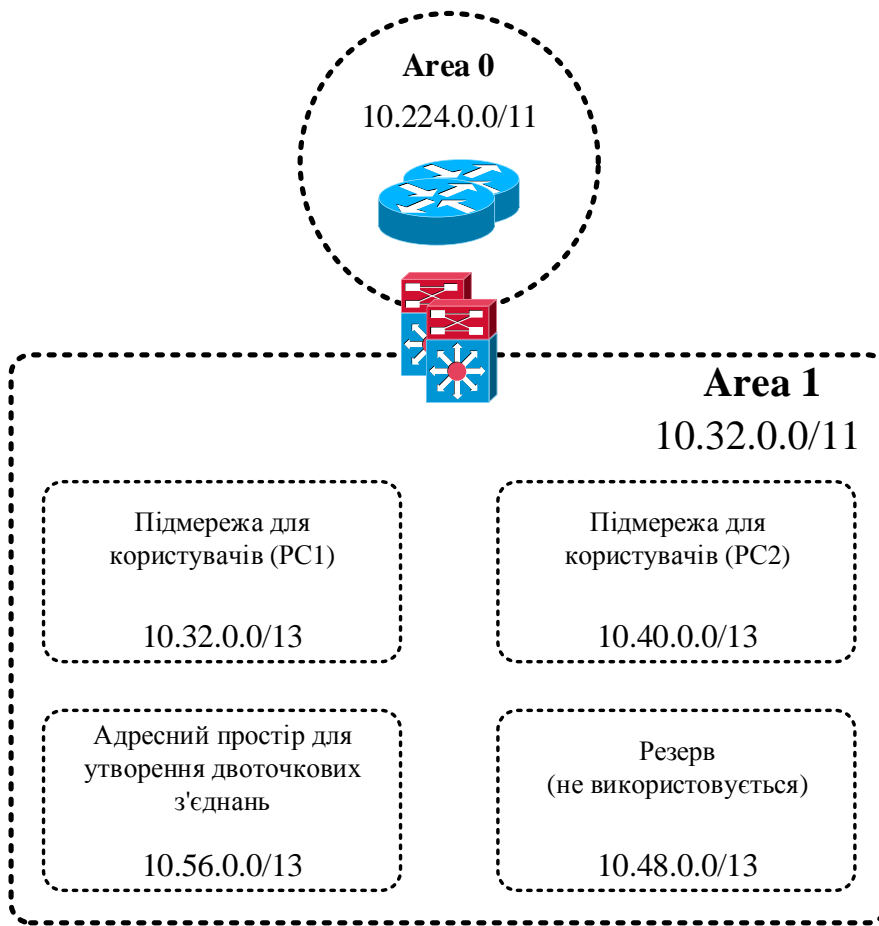


Рис. 4.6. Адресний простір області Area 1 протоколу OSPF

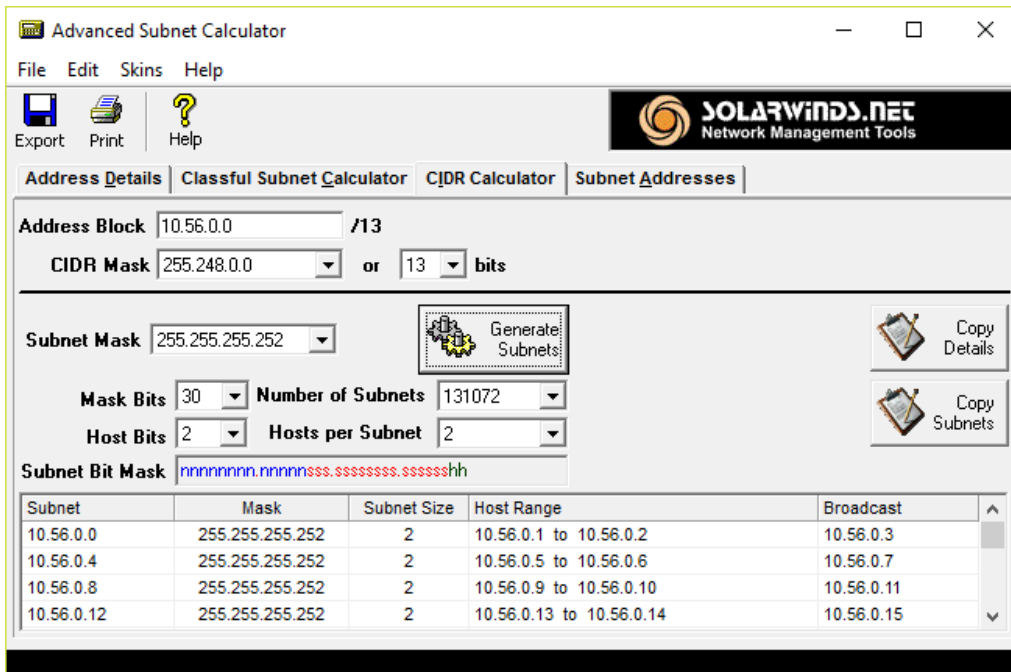


Рис. 4.7. Розбиття мережі 10.56.0.0/13 на підмережі з двома індивідуальними IP-адресами

Таблиця 4.4

Результати розбиття мережі 10.56.0.0/13 на підмережі
з двома індивідуальними IP-адресами

Підмережа	Маска	Кількість вузлів	Діапазон адрес	Широкомовна адреса
10.56.0.0/30	255.255.255.252	2	10.56.0.1 – 10.56.0.2	10.56.0.3
10.56.0.4/30	255.255.255.252	2	10.56.0.5 – 10.56.0.6	10.56.0.7
10.56.0.8/30	255.255.255.252	2	10.56.0.9 – 10.56.0.10	10.56.0.11
10.56.0.12/30	255.255.255.252	2	10.56.0.13 – 10.56.0.14	10.56.0.15

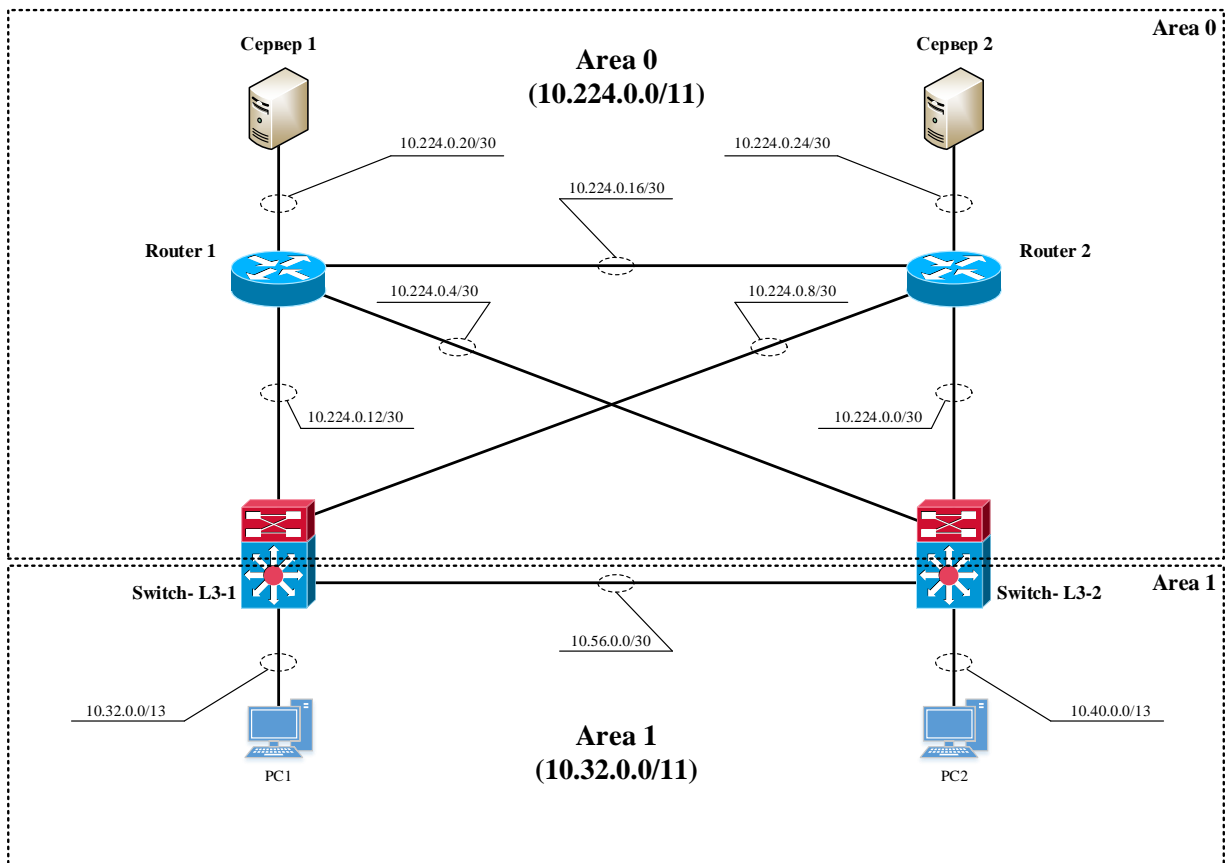


Рис. 4.8. Схема типового сегмента IP-мережі з результатами розбиття загального адресного простору на відповідні підмережі

4.4. Розподіл IP-адрес. Визначення мережевих параметрів обладнання

Результатом розбиття загального адресного простору є підмережі для підключення обладнання користувачів, а також підмережі для з'єднання між собою обладнання третього рівня (маршрутизаторів, комутаторів третього рівня). Виконаємо розподіл IP-адрес в утворених підмережах і визначимо мережеві параметри для кожного з портів кожного маршрутизатора та для кожного персонального комп'ютера.

Результати розподілу IP-адрес і визначення мережевих параметрів наведені в табл. 4.5, 4.6. Схема IP-мережі з результатами визначення мережевих параметрів обладнання показана на рис. 4.9 (нумерація портів мережевого обладнання відповідає нумерації, встановленій для відповідних імітаційних моделей програмного середовища Cisco Packet Tracer).

Таблиця 4.5

Мережеві параметри портів обладнання 3-го рівня

Пристрій	Мережеві параметри портів			IP-адреса порту суміжного маршрутизатора (шлюзу)
	Інтерфейс/номер порту	IP-адреса	Маска	
Router 1	Fa 1/0	10.224.0.21	255.255.255.252	–
	Fa 2/0	10.224.0.17	255.255.255.252	10.224.0.18
	Gig 3/0	10.224.0.13	255.255.255.252	10.224.0.14
	Gig 4/0	10.224.0.5	255.255.255.252	10.224.0.6
Router 2	Fa 1/0	10.224.0.25	255.255.255.252	–
	Fa 2/0	10.224.0.18	255.255.255.252	10.224.0.17
	Gig 3/0	10.224.0.9	255.255.255.252	10.224.0.10
	Gig 4/0	10.224.0.1	255.255.255.252	10.224.0.2
Switch-L3-1	Fa0/1	10.224.0.14	255.255.255.252	10.224.0.13
	Fa0/2	10.224.0.10	255.255.255.252	10.224.0.9
	Fa0/3	10.56.0.1	255.255.255.252	10.56.0.2
	Fa0/24	10.32.0.1	255.248.0.0	–
Switch-L3-2	Fa0/1	10.224.0.6	255.255.255.252	10.224.0.5
	Fa0/2	10.224.0.2	255.255.255.252	10.224.0.1
	Fa0/3	10.56.0.2	255.255.255.252	10.56.0.1
	Fa0/24	10.40.0.1	255.248.0.0	–

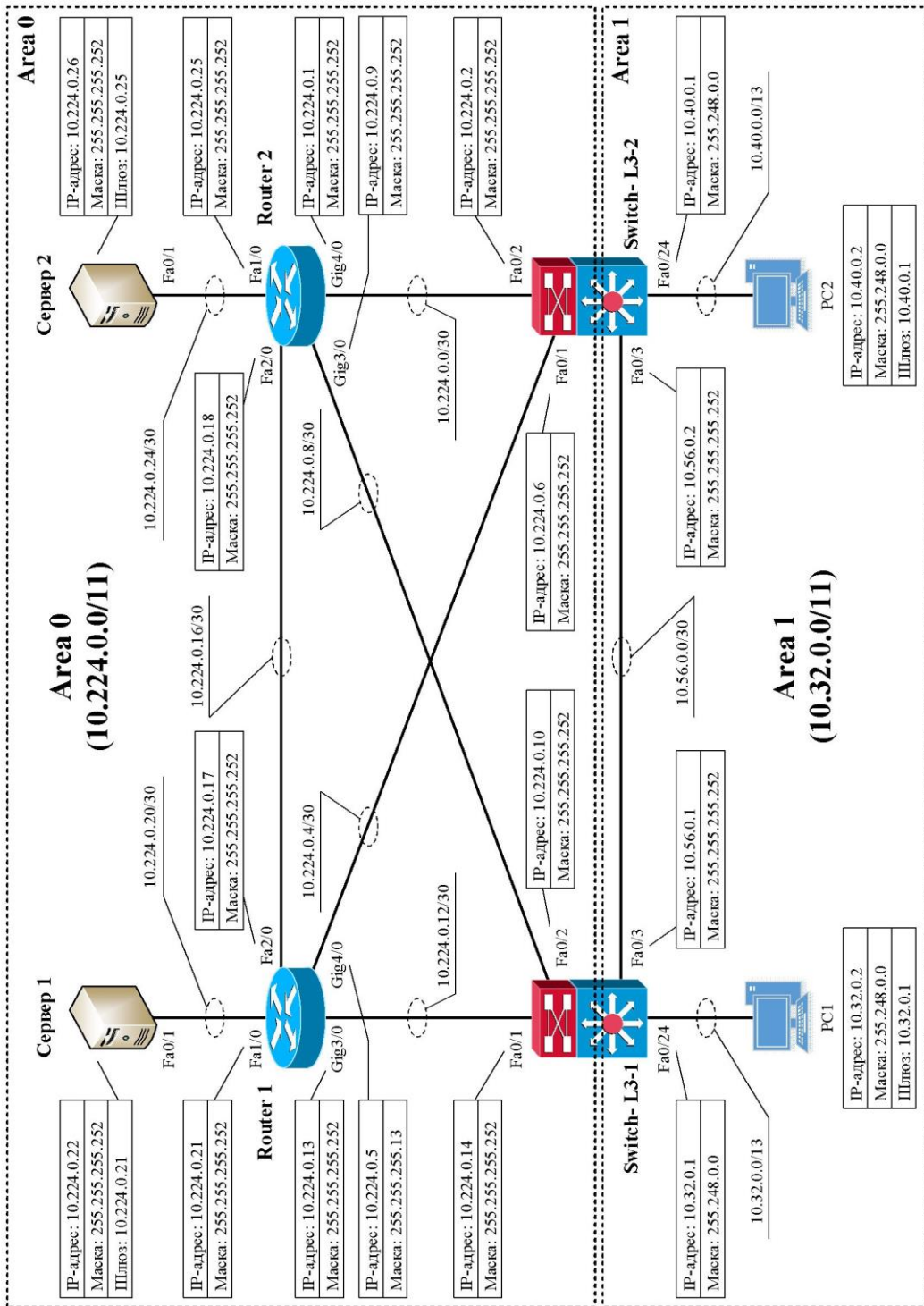


Рис. 4.9. Схема типового сегмента IP-мережі з протоколом маршрутизації OSPF з результатами визначення мережних параметрів обладнання

Мережеві параметри персональних комп'ютерів і серверів

Пристрій	Мережеві параметри			IP-адреса порту суміжного маршрутизатора (шлюзу)
	Інтерфейс/ номер порту	IP-адреса	Маска	
PC1	Fa 0	10.32.0.2	255.248.0.0	10.32.0.1
PC2	Fa 0	10.40.0.2	255.248.0.0	10.40.0.1
Сервер 1	Fa0/1	10.224.0.22	255.255.255.252	10.224.0.21
Сервер 2	Fa0/1	10.224.0.26	255.255.255.252	10.224.0.25

5. Основні команди командного рядка операційної системи Cisco IOS для конфігурування протоколу OSPF

5.1. Команди відображення «show»

Основні режими конфігурування пристроїв з операційною системою Cisco IOS наведено в дод. 5, а контекстна довідка в командному рядку операційної системи Cisco IOS – у дод. 6.

1. Відображення параметрів, статистики протоколів маршрутизації, які виконуються на маршрутизаторі, здійснюється в привілейованому режимі командою

`show ip protocols.`

2. Інформацію про Router ID, таймери, статистику та іншу загальну інформацію можна відобразити в привілейованому режимі командою

`show ip ospf.`

3. Відображення вмісту таблиці маршрутизації виконується в привілейованому режимі за допомогою команди

`show ip route.`

4. Відображення маршрутів у таблиці маршрутизації, отриманих за допомогою протоколу OSPF, виконується в привілейованому режимі за допомогою команди

`show ip route ospf.`

5. Відображення інформації про конфігурацію протоколу OSPF на всіх інтерфейсах

```
show ip ospf interface.
```

6. Відображення інформації про конфігурацію протоколу OSPF на визначеному інтерфейсі

```
show ip ospf interface {інтерфейс, наприклад FastEthernet0/1}.
```

7. Відображення загального подання бази даних маршрутизатора у вигляді набору заголовків записів, кожний з яких відповідає певному типу оголошенню про стан каналів LSA, виконується в привілейованому режимі за допомогою команди

```
show ip ospf database.
```

8. Відображення частини повного вигляду бази даних про стан каналів маршрутизаторів, яка містить записи, відповідні LSA типу 1:

```
show ip ospf database router.
```

9. Відображення частини повного вигляду бази даних про стан каналів маршрутизаторів, яка містить записи, відповідні LSA типу 2:

```
show ip ospf database network.
```

10. Відображення частини повного вигляду бази даних про стан каналів маршрутизаторів, яка містить записи, відповідні LSA типу 3:

```
show ip ospf database summary.
```

11. Відображення інформації про граничні маршрутизатори ABR в мережі та метрики до них:

```
show ip ospf border-routers.
```

12. Відображення інформації про встановлені відношення сусідства:

```
show ip ospf neighbor.
```

5.2. Команди налагодження «debug»

1. Ввімкнення відображення в командному рядку інформації про відношення суміжності, вибір назначеного маршрутизатора, обчислення за алгоритмом Дейкстри здійснюється у привілейованому режимі командою

```
debug ip ospf events.
```

Для вимкнення відображення відповідної інформації в командному рядку треба перед основною командою ввести по:

```
no debug ip ospf events.
```

2. Ввімкнення відображення в командному рядку інформації про події, пов'язані зі встановленням відношень сусідства, вибору назначеного DR та резервного BDR маршрутизаторів, здійснюється у привілейованому режимі командою

```
debug ip ospf adj.
```

Для вимкнення відображення відповідної інформації в командному рядку треба перед основною командою ввести по:

```
no debug ip ospf adj.
```

5.3. Команди ввімкнення відображення стану маршрутизаторів, з якими встановлено відношення сусідства

Ввімкнення відображення в командному рядку інформації, коли маршрутизатор, з яким встановлено відношення сусідства, змінює стан з UP на DOWN або навпаки:

```
log-adjacency-changes (команда ввімкнена за замовчуванням).
```

Ввімкнення відображення в командному рядку інформації, коли маршрутизатор, з яким встановлено відношення сусідства, переходить у довільний стан (а не тільки змінює стан з UP на DOWN або навпаки):

```
log-adjacency-changes detail.
```

Розглядувані команди вводяться в режимі детального конфігурування динамічної маршрутизації (Router(config-router)#), у який можна перейти з режиму глобального

конфігурування після введення команди `router ospf {номер процесу OSPF, наприклад 1}`. Для вимкнення відображення відповідної інформації в командному рядку треба перед основною командою ввести по:

`no log-adjacency-changes,`
`або`
`no log-adjacency-changes detail.`

5.4. Команди конфігурування

1. Запуск протоколу OSPF на маршрутизаторі здійснюється в режимі глобального конфігурування командою

`router ospf {номер процесу OSPF, наприклад 1}.`

Зазначимо, що номер процесу OSPF має локальне значення.

Вимкнення протоколу OSPF на маршрутизаторі (з повним видаленням раніше встановленої конфігурації протоколу OSPF) треба перед основною командою ввести по:

`no router ospf {номер процесу OSPF}.`

2. Призначення (адміністративне) маршрутизатору OSPF ідентифікатора здійснюється в режимі детального конфігурування динамічної маршрутизації (`Router(config-router)#`) командою

`router-id {ідентифікатор маршрутизатора у вигляді A.B.C.D,`
`наприклад 2.2.2.2}.`

3. Ввімкнення протоколу OSPF на інтерфейсах маршрутизатора здійснюється в режимі детального конфігурування динамічної маршрутизації (`Router(config-router)#`) командою

`network {IP-адреса мережі} {зворотна (wildcard) маска мережі}`
`area {номер області OSPF}.`

Зазначимо, що ця команда вмикає протокол OSPF на інтерфейсах, IP-адреси яких входять до діапазону IP-адрес, заданого параметрами «IP-адреса мережі», «зворотна (wildcard) маска мережі», а також анонсує мережі цих інтерфейсів (саме мережі інтерфейсів, а не мережу, задану параметрами

розглядуваної команди) через інші інтерфейси, на яких ввімкнено протокол OSPF. Зворотна (wildcard) маска визначає в IP-адресі за допомогою послідовності нулів біти, які повинні використовуватися як номер мережі.

Для вимкнення протоколу OSPF на інтерфейсах маршрутизатора треба перед основною командою ввести по:

```
no network {IP-адреса мережі} {зворотна (wildcard) маска мережі}
      area {номер області OSPF}.
```

4. Вимкнення можливості встановлювати відношення сусідства на інтерфейсі маршрутизатора, для якого відсутні суміжні маршрутизатори, наприклад коли цей інтерфейс є єдиним інтерфейсом маршрутизатора в цій мережі, тобто інтерфейс підключено до «тупикової» мережі («пасивний інтерфейс» – маршрутизатор буде анонсувати мережу інтерфейсу, але розсилання повідомлень HELLO буде припинено; команда необхідна для підвищення безпеки мережі). Команда вводиться в режимі детального конфігурування динамічної маршрутизації (Router(config-router)#):

```
passive-interface {інтерфейс, наприклад FastEthernet1/0}.
```

5. Зміна формули для розрахунку метрики (може бути застосована, наприклад, коли використовуються інтерфейси Gigabit Ethernet) здійснюється в режимі детального конфігурування динамічної маршрутизації (Router(config-router)#) командою

```
auto-cost reference-bandwidth {reference bandwidth, Мбіт/с}.
```

Примітка. Формула для розрахунку метрики має вигляд:

Метрика (cost) = reference bandwidth / Швидкість передачі каналу,
Мбіт/с,

де reference bandwidth – це швидкість передачі, Мбіт/с, відносно якої визначається метрика; за замовчуванням reference bandwidth = 100 Мбіт/с.

6. Визначення області протоколу OSPF тупиковою здійснюється в режимі детального конфігурування динамічної маршрутизації (Router(config-router)#) командою

```
area {номер області OSPF} stub.
```

Команда визначення області протоколу OSPF тупиковою повинна бути застосована на всіх маршрутизаторах тупикової області.

Для відміни цієї команди (повернення області типу «стандартна») можна застосувати команду

no area {номер області OSPF} stub
або

no area {номер області OSPF} (без додаткових параметрів, що призведе до відміни таких опцій, як area authentication, area default-cost, area nssa, area range, area stub, area virtual-link).

7. Визначення області протоколу OSPF повністю тупиковою (забороняє граничному маршрутизатору ABR розсилати в повністю тупиковій області сумарні зовнішні та міжобласні маршрути, які містяться в оголошеннях LSA типу 3; при цьому LSA типу 3 будуть містити тільки стандартний маршрут 0.0.0.0 – маршрут за замовчуванням) здійснюється в режимі детального конфігурування динамічної маршрутизації (Router(config-router)#) командою

area {номер області OSPF} stub no-summary.

Команда визначення області протоколу OSPF повністю тупиковою повинна бути застосована тільки на граничних маршрутизаторах ABR.

Для відміни цієї команди (повернення області типу «стандартна») можна застосувати команду

no area {номер області OSPF} stub
або

no area {номер області OSPF} (без додаткових параметрів, що призведе до відміни таких опцій, як area authentication, area default-cost, area nssa, area range, area stub, area virtual-link).

8. Ввімкнення підсумовування маршрутів (отримання сумарного маршруту для зони) на граничному маршрутизаторі (тільки для маршрутизатора типу ABR) здійснюється в режимі детального конфігурування динамічної маршрутизації (Router(config-router)#) командою

area {номер області OSPF, у якій знаходяться компоненти сумарного маршруту} range {IP-адреса сумарної IP-мережі

(сумарного діапазону адрес)} {маска сумарної IP-мережі
(сумарного діапазону адрес)}.

Результатом виконання цієї команди буде оголошення з боку граничного маршрутизатора ABR в магістральну область (в область Area 0) одного (сумарного) маршруту в сумарну мережу (яка визначається відповідними параметрами команди) замість багатьох окремих маршрутів у мережі, які є компонентами сумарної мережі.

Для вимкнення підсумовування маршрутів треба перед основною командою ввести по:

по area {номер області OSPF, у якій знаходяться компоненти сумарного маршруту} range {IP-адреса сумарної IP-мережі (сумарного діапазону адрес)} {маска сумарної IP-мережі (сумарного діапазону адрес)}.

9. Привласнення інтерфейсу маршрутизатора пріоритету, який впливає на результати виборів призначеного DR та резервного призначеного BDR маршрутизаторів здійснюється в режимі детального конфігурування відповідного інтерфейсу (Router(config-if)#), у який можна перейти з режиму глобального конфігурування після введення команди interface {інтерфейс, наприклад FastEthernet1/0}

ip ospf priority {пріоритет}.

Значення пріоритету інтерфейсу маршрутизатора може бути вибрано з діапазону 1 ÷ 255, за замовчуванням дорівнює 1 (якщо пріоритети однакові, то DR і BDR вибираються шляхом порівняння значень ідентифікаторів маршрутизаторів). Маршрутизатор з найвищим значенням пріоритету набуває статус DR; маршрутизатор із другим найвищим значенням пріоритету набуває статус BDR. Маршрутизатор із пріоритетом рівним 0 не може стати ні DR, ні BDR; він набуває статус DROTHER.

6. Створення імітаційної моделі IP-мережі з протоколом маршрутизації OSPF та перевірка її роботи у програмному середовищі Cisco Packet Tracer

Зворотна маска розглянута в дод. 7.

Для створення імітаційної моделі будемо використовувати розроблену вище схему типового сегмента IP-мережі з протоколом маршрутизації OSPF (рис. 4.9), на якій зазначені необхідні мережеві параметри обладнання відповідно до табл. 4.5 і 4.6. Зазначимо, що нумерація портів мережевого обладнання на цій схемі відповідає нумерації, встановленій для відповідних імітаційних моделей програмного середовища Cisco Packet Tracer.

Схема імітаційної моделі IP-мережі з протоколом маршрутизації OSPF показана на рис. 6.1 (у симуляторі Cisco Packet Tracer у закладці Option → Preferences... додатково ввімкнена опція постійного відображення номерів портів і вимкнений показ типів моделей обладнання).

Далі, використовуючи мережеві параметри обладнання (рис. 4.9, табл. 4.5, 4.6), виконаємо їх введення у відповідні імітаційні моделі цього обладнання.

Для введення в комп'ютер IP-адреси, маски та IP-адреси шлюзу необхідно в діалоговому вікні властивостей комп'ютера перейти до вкладки Desktop і натиснути на значок IP Configuration. Після цього в поле IP Address треба ввести IP-адресу, а в поле Subnet Mask – маску, а в поле Default Gateway – IP-адресу шлюзу (рис. 6.2).

Для конфігурування маршрутизаторів за допомогою графічного інтерфейсу симулятора на кожному з маршрутизаторів необхідно в діалоговому вікні властивостей пристрою вибрати вкладку Config і в меню ліворуч натиснути на кнопку, відповідну необхідному фізичному інтерфейсу маршрутизатора. У поля, що з'являться праворуч, IP Address та Subnet Mask треба ввести відповідно IP-адресу інтерфейсу маршрутизатора та маску. Після цього треба встановити прапорець у полі On, що призведе до ввімкнення інтерфейсу маршрутизатора. Приклад конфігурування порту маршрутизатора за допомогою графічного інтерфейсу симулятора показаний на рис. 6.3.

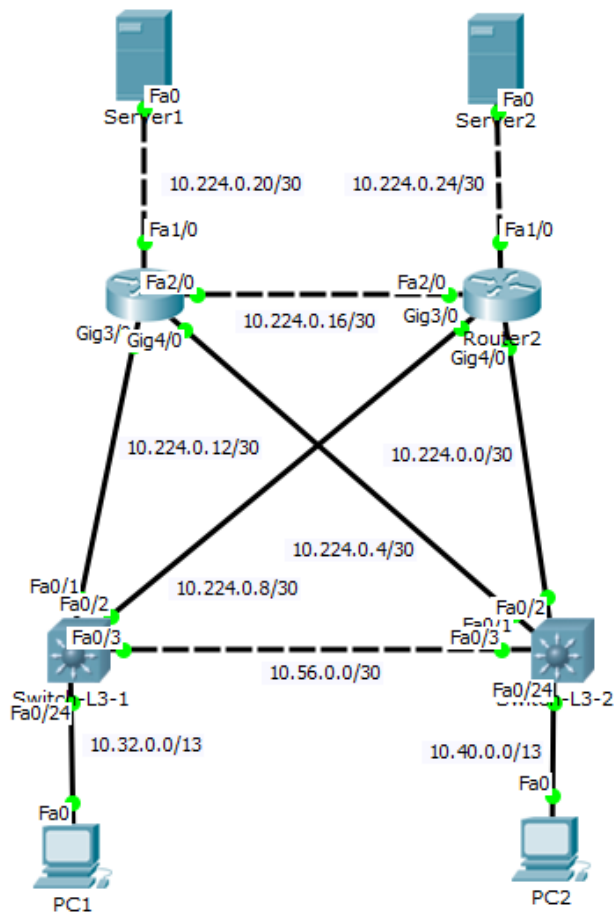


Рис. 6.1. Імітаційна модель IP-мережі з протоколом маршрутизації OSPF, створена в програмному середовищі Cisco Packet Tracer

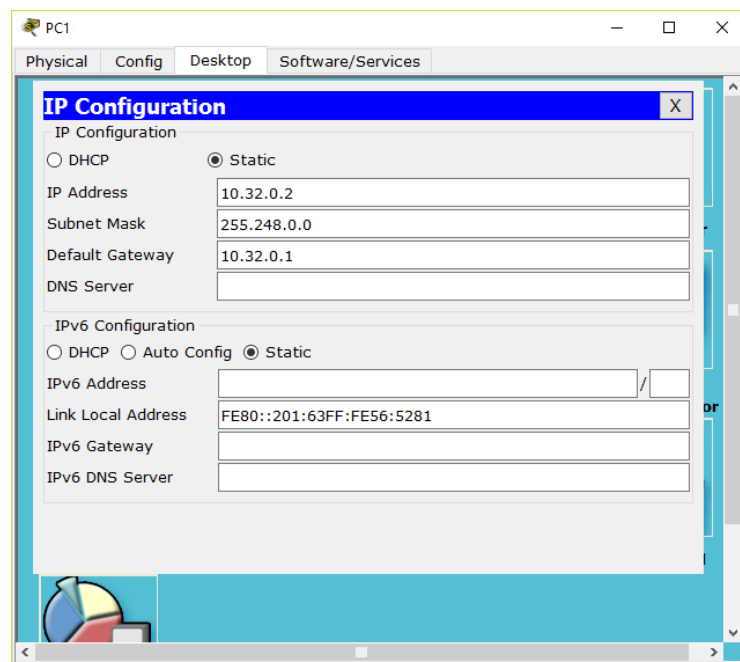


Рис. 6.2. Введення IP-адреси, маски та IP-адреси шлюзу до комп'ютера PC1

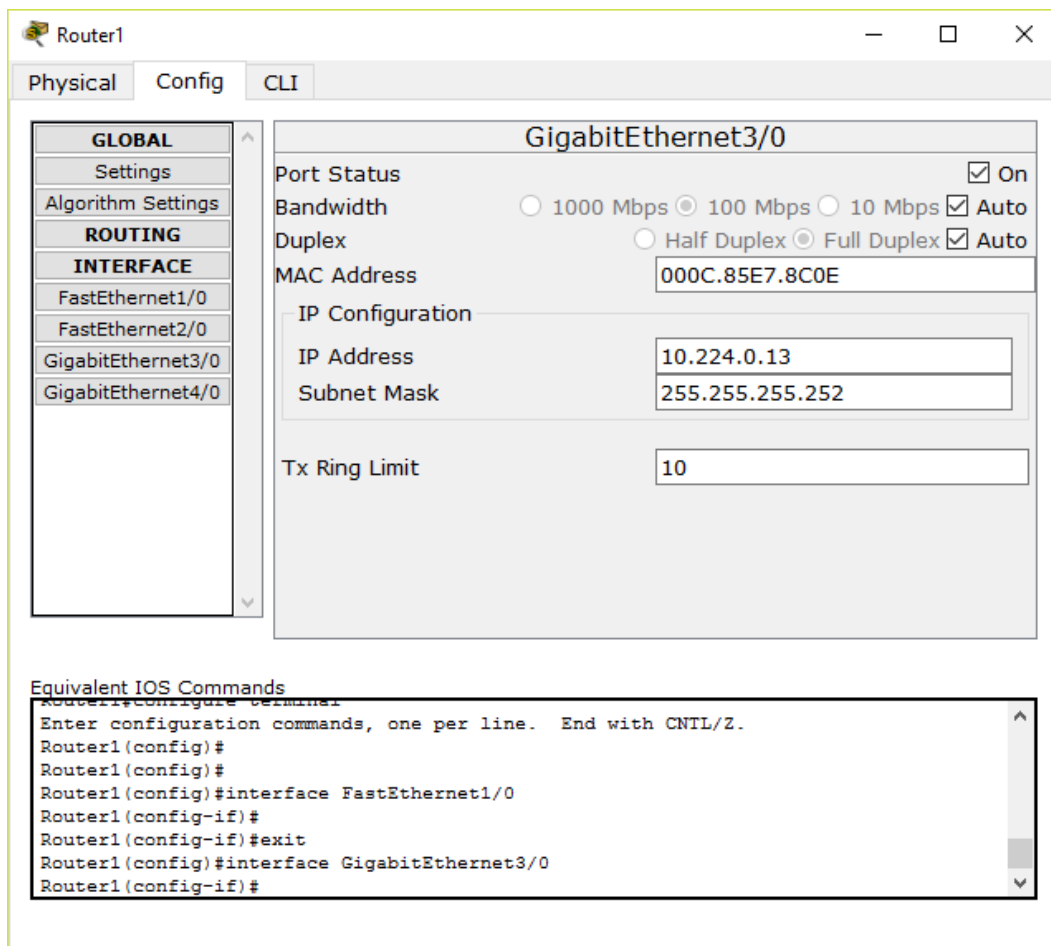


Рис. 6.3. Конфігурування порту маршрутизатора за допомогою графічного інтерфейсу

Також треба установити ім'я маршрутизатора. Для цього в діалоговому вікні властивостей маршрутизатора треба вибрати вкладку Config і в меню ліворуч натиснути на кнопку GLOBAL. Після цього ввести у вікна Display Name та Hostname відповідне ім'я. Приклад встановлення імені маршрутизатора за допомогою графічного інтерфейсу симулятора показаний на рис. 6.4.

Далі розглянемо варіант конфігурування інтерфейсів маршрутизаторів за допомогою командного рядка операційної системи Cisco IOS на прикладі маршрутизатора 1.

Установлення імені маршрутизатора здійснюється командою `hostname {ім'я маршрутизатора}`, яку необхідно вводити в привілейованому режимі:

```
Router>enable
Router#configure terminal
Router(config)#hostname Router1.
```

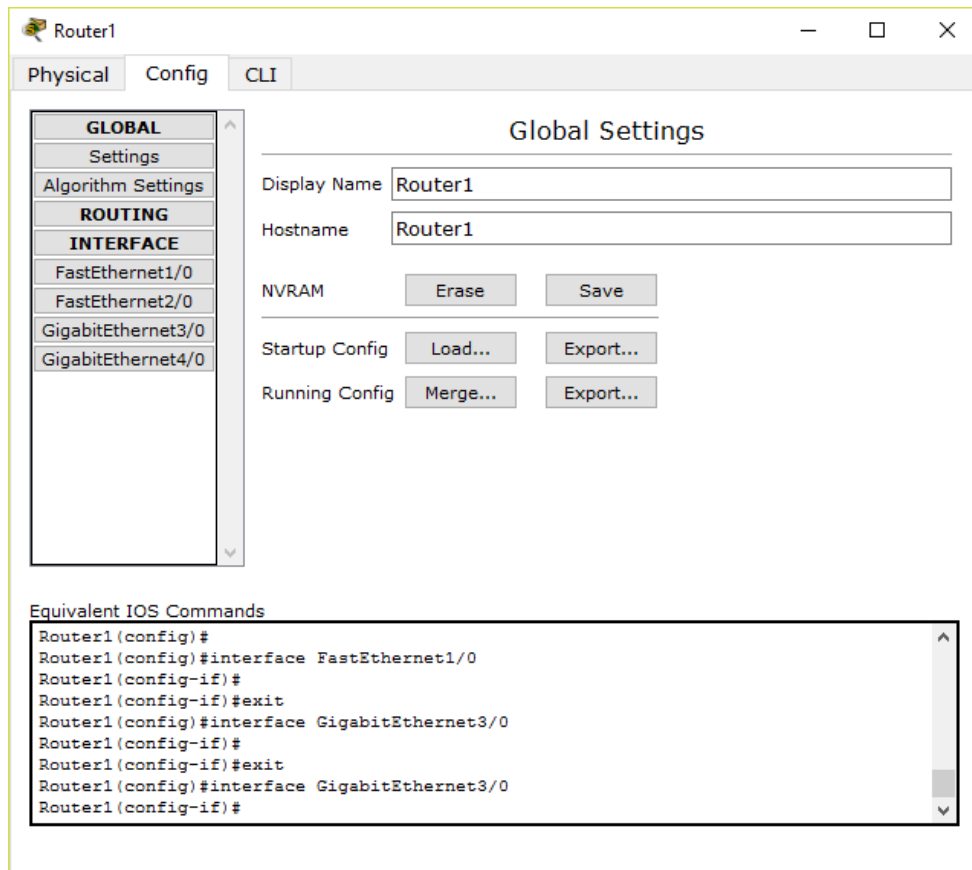


Рис. 6.4. Встановлення імені маршрутизатора за допомогою графічного інтерфейсу

Конфігурування IP-адреси та маски інтерфейсу маршрутизатора здійснюється командою `ip address {IP-адреса} {маска мережі}`, яку необхідно вводити в режимі детального конфігурування відповідного інтерфейсу.

Розглянемо приклад конфігурування IP-адреси та маски інтерфейсу GigabitEthernet3/0 маршрутизатора 1:

```
Router1(config)#interface GigabitEthernet3/0
Router1(config-if)#ip address 10.224.0.13 255.255.255.252
Router1(config-if)#no shutdown
Router1(config-if)#exit.
```

Тепер розглянемо варіант конфігурування інтерфейсів комутаторів третього рівня за допомогою командного рядка операційної системи Cisco IOS на прикладі комутатора Switch-L3-1.

Установлення імені комутатора Switch-L3-1 здійснюється командою `hostname {ім'я маршрутизатора}`, яку необхідно вводити в привілейованому режимі:

```
Switch>enable
Switch#configure terminal
Switch(config)#hostname Switch-L3-1.
```

Конфігурування інтерфейсів третього рівня здійснюється в режимі детального конфігурування відповідних інтерфейсів, наприклад

```
Switch-L3-1(config)#interface FastEthernet0/1
Switch-L3-1(config-if)#no switchport
Switch-L3-1(config-if)#ip address 10.224.0.14 255.255.255.252
Switch-L3-1(config-if)#no shutdown
Switch-L3-1(config-if)#exit.
```

Після конфігурування інтерфейсів всього обладнання здійснимо перевірку вмісту таблиць маршрутизації маршрутизаторів за допомогою команди `show ip route`, яку необхідно вводити в привілейованому режимі. Також перевірку вмісту таблиць маршрутизації можна виконати за допомогою інструмента перевірки окремих властивостей обладнання. Зазначимо, що в цей час протокол маршрутизації ще не задіяно, тому в таблицях маршрутизації будуть міститися тільки дані, які маршрутизатор отримав після введення IP-адрес і масок інтерфейсів. Далі, використовуючи команду `ping` або інструмент формування ехо-запиту протоколу ICMP, треба впевнитися в тому, що між кінцевим обладнанням зв'язок відсутній. Це відбувається через відсутність відповідних маршрутів у таблицях маршрутизації маршрутизаторів.

Для забезпечення досяжності між обладнанням із різних IP-мереж необхідно активувати і сконфігурувати протокол OSPF на маршрутизаторах і комутаторах третього рівня.

Розглянемо порядок конфігурування протоколу OSPF на маршрутизаторі Router 1.

1. У режимі глобального конфігурування запустимо (активуємо) протокол OSPF на маршрутизаторі Router 1 і призначимо процесу OSPF локальний номер 1 командою

```
router ospf 1.
```

2. У режимі детального конфігурування динамічної маршрутизації (процес ospf 1) призначимо маршрутизатору Router 1 ідентифікатор 1.1.1.1 командою

```
router-id 1.1.1.1.
```

3. У режимі детального конфігурування динамічної маршрутизації (процес ospf 1) ввімкнемо протокол OSPF на інтерфейсах маршрутизатора Router 1, які належать до магістральної області (Area 0) і знаходяться в мережах (діапазонах адрес) 10.224.0.16/30, 10.224.0.12/30, 10.224.0.4/30, 10.224.0.20/30 командами

```
network 10.224.0.16 0.0.0.3 area 0  
network 10.224.0.12 0.0.0.3 area 0  
network 10.224.0.4 0.0.0.3 area 0  
network 10.224.0.20 0.0.0.3 area 0.
```

Зазначимо, що умовне позначення маски «/30» відповідає зворотній масці 0.0.0.3.

4. Оскільки до інтерфейсу Fa1/0 маршрутизатора Router 1 підключено тільки кінцеве обладнання – Сервер 1, то нема необхідності розсилання повідомлень HELLO з цього інтерфейсу. Вимкнення розсилання повідомлень HELLO з інтерфейсу Fa1/0 та можливості встановлювати відношення сусідства на цьому інтерфейсі здійснюється в режимі детального конфігурування динамічної маршрутизації (процес ospf 1) командою

```
passive-interface FastEthernet1/0.
```

Далі наведемо повний приклад конфігурації протоколу OSPF маршрутизаторів і комутаторів третього рівня:

```
Router1>enable  
Router1#configure terminal
```

```
Router1(config)#router ospf 1
Router1(config-router)#router-id 1.1.1.1
Router1(config-router)#network 10.224.0.16 0.0.0.3 area 0
Router1(config-router)#network 10.224.0.12 0.0.0.3 area 0
Router1(config-router)#network 10.224.0.4 0.0.0.3 area 0
Router1(config-router)#network 10.224.0.20 0.0.0.3 area 0
Router1(config-router)#passive-interface FastEthernet1/0
```

```
Router2>enable
Router2#configure terminal
Router2(config)#router ospf 1
Router2(config-router)#router-id 2.2.2.2
Router2(config-router)#network 10.224.0.16 0.0.0.3 area 0
Router2(config-router)#network 10.224.0.8 0.0.0.3 area 0
Router2(config-router)#network 10.224.0.0 0.0.0.3 area 0
Router2(config-router)#network 10.224.0.24 0.0.0.3 area 0
Router2(config-router)#passive-interface FastEthernet1/0
```

```
L3-Switch1>enable
L3-Switch1#configure terminal
L3-Switch1(config)#router ospf 1
L3-Switch1(config-router)#router-id 3.3.3.3
L3-Switch1(config-router)#network 10.32.0.0 0.7.255.255 area 1
L3-Switch1(config-router)#network 10.56.0.0 0.0.0.3 area 1
L3-Switch1(config-router)#network 10.224.0.12 0.0.0.3 area 0
L3-Switch1(config-router)#network 10.224.0.8 0.0.0.3 area 0
L3-Switch1(config-router)#passive-interface FastEthernet0/24
```

```
L3-Switch2>enable
L3-Switch2#configure terminal
L3-Switch2(config)#router ospf 1
L3-Switch2(config-router)#router-id 4.4.4.4
L3-Switch2(config-router)#network 10.40.0.0 0.7.255.255 area 1
L3-Switch2(config-router)#network 10.56.0.0 0.0.0.3 area 1
L3-Switch2(config-router)#network 10.224.0.4 0.0.0.3 area 0
L3-Switch2(config-router)#network 10.224.0.0 0.0.0.3 area 0
L3-Switch2(config-router)#passive-interface FastEthernet0/24.
```

Зазначимо, що комутатори третього рівня L3-Switch1, L3-Switch2 є граничними маршрутизаторами ABR, тому одна частина їх інтерфейсів буде належати до магістральної області Area 0, а інша – до області Area 1. У даному випадку область Area 1 сконфігурована як стандартна область.

Після закінчення конфігурування необхідно зберегти утворену конфігурацію в енергонезалежну пам'ять пристрою:

```
L3-Switch2(config-router)#exit
L3-Switch2(config)#exit
L3-Switch2#copy running-config startup-config.
```

Тепер перевіримо утворені стартову та активну конфігурації маршрутизаторів і комутаторів третього рівня на відсутність помилок (які могли з'явитися при введенні відповідних параметрів команд) за допомогою команд `show running-config`, `show startup-config`, які вводяться в привілейованому режимі, наприклад

```
L3-Switch2(config)#show running-config
L3-Switch2(config)#show startup-config.
```

І на завершення впевнимся в досяжності один одному комп'ютерів і серверів, використовуючи команду `ping` або інструмент формування ехо-запиту протоколу ICMP.

7. Дослідження роботи IP-мережі з протоколом маршрутизації OSPF у програмному середовищі Cisco Packet Tracer

При проведенні дослідження роботи IP-мережі з протоколом маршрутизації OSPF у програмному середовищі Cisco Packet Tracer необхідно провести (відповідно до завдання на дослідження):

1) дослідження маршрутної інформації, що розповсюджується в областях протоколу OSPF та міститься в базах даних маршрутизаторів для випадків, коли область Area 1 є

стандартною, тупиковою або повністю тупиковою при ввімкненому та вимкненому підсумовуванні маршрутів;

2) дослідження таблиць маршрутизації маршрутизаторів OSPF для випадків, коли область Area 1 є стандартною, тупиковою або повністю тупиковою при ввімкненому та вимкненому підсумовуванні маршрутів;

3) визначення маршрутів передачі IP-пакетів і встановлення відповідності цих маршрутів отриманим раніше таблицям маршрутизації;

4) дослідження роботи IP-мережі при вимкненні (відмові) трактів передачі (ліній зв'язку) між маршрутизаторами.

Під час проведення дослідження відображення загального подання бази даних маршрутизатора у вигляді набору заголовків записів, кожний з яких відповідає певному оголошенню про стан каналів LSA, виконується за допомогою команди `show ip ospf database`. Відображення вмісту таблиці маршрутизації виконується за допомогою команди `show ip route`.

Для прикладу дослідимо маршрутну інформацію і таблиці маршрутизації для таких випадків:

– область Area 1 є стандартною, підсумовування маршрутів на граничних маршрутизаторах вимкнено;

– область Area 1 є повністю тупиковою, увімкнено підсумовування маршрутів на граничних маршрутизаторах у напрямку магістральної області (підсумовування маршрутів області Area 1).

ВИПАДОК 1 – область Area 1 є стандартною, підсумовування маршрутів на граничних маршрутизаторах вимкнено.

Зазначимо, що конфігурація мережевого обладнання для цього випадку була розглянута вище. Тому одразу після перевірки правильності роботи створеної імітаційної моделі IP-мережі з протоколом маршрутизації OSPF можна отримати маршрутну інформацію, що розповсюджується в областях протоколу OSPF, у вигляді записів бази даних маршрутизаторів у загальному поданні, у якій кожний запис відповідає певному оголошенню про стан зв'язків LSA (рис. 7.1, 7.2). З рис. 7.1, 7.2 випливає, що база даних магістрального маршрутизатора Router 1 є ідентичною базі даних магістрального маршрутизатора Router 2

(кількість записів і контрольні суми однойменних записів у базах даних різних магістральних маршрутизаторів співпадають), що є результатом роботи протоколу OSPF. Аналогічні висновки можна зробити і про бази даних граничних маршрутизаторів Switch-L3-1, Switch-L3-2, які для розглядуваного випадку (область Area 1 є стандартною, підсумовування маршрутів на граничних маршрутизаторах вимкнено) також є ідентичними.

```

Router#show ip ospf database
      OSPF Router with ID (1.1.1.1) (Process ID 1)

      Router Link States (Area 0)

Link ID        ADV Router    Age           Seq#           Checksum Link count
4.4.4.4        4.4.4.4      696          0x80000005    0x00abb8  2
1.1.1.1        1.1.1.1      696          0x80000008    0x0080cd  4
3.3.3.3        3.3.3.3      691          0x80000005    0x003a12  2
2.2.2.2        2.2.2.2      686          0x80000008    0x001938  4

      Net Link States (Area 0)

Link ID        ADV Router    Age           Seq#           Checksum
10.224.0.18    2.2.2.2      701          0x80000001    0x00837f
10.224.0.6     4.4.4.4      701          0x80000001    0x008adc
10.224.0.2     4.4.4.4      696          0x80000002    0x0052b6
10.224.0.14    3.3.3.3      696          0x80000001    0x005352
10.224.0.10    3.3.3.3      696          0x80000002    0x008b19

      Summary Net Link States (Area 0)

Link ID        ADV Router    Age           Seq#           Checksum
10.56.0.0     4.4.4.4      691          0x80000001    0x00e32b
10.56.0.0     3.3.3.3      691          0x80000001    0x000211
10.40.0.0     4.4.4.4      691          0x80000002    0x009889
10.32.0.0     3.3.3.3      691          0x80000002    0x001717
10.32.0.0     4.4.4.4      691          0x80000003    0x000127
10.40.0.0     3.3.3.3      691          0x80000003    0x00be65

```

Рис. 7.1. База даних магістральних маршрутизаторів Router 1, Router 2 (область Area 0, без підсумовування маршрутів на граничних маршрутизаторах)

З аналізу бази даних маршрутизаторів для магістральної області Area 0 (без підсумовування маршрутів на граничних маршрутизаторах), показаної на рис. 7.1, випливає, що в опорну область надходять оголошення LSA типу 3 (Summary Net Link States), які містять міжобласні маршрути.

```

L3-Switch1#show ip ospf database
      OSPF Router with ID (3.3.3.3) (Process ID 1)

      Router Link States (Area 0)

Link ID      ADV Router    Age           Seq#         Checksum Link count
3.3.3.3      3.3.3.3       57           0x80000005  0x003a12  2
4.4.4.4      4.4.4.4       52           0x80000005  0x00abb8  2
1.1.1.1      1.1.1.1       47           0x80000008  0x0080cd  4
2.2.2.2      2.2.2.2       47           0x80000008  0x001938  4

      Net Link States (Area 0)

Link ID      ADV Router    Age           Seq#         Checksum
10.224.0.14  3.3.3.3       57           0x80000001  0x00580c
10.224.0.10  3.3.3.3       57           0x80000002  0x003bcd
10.224.0.2   4.4.4.4       52           0x80000001  0x0054b5
10.224.0.18  2.2.2.2       52           0x80000001  0x0079b1
10.224.0.6   4.4.4.4       52           0x80000002  0x00aab8

      Summary Net Link States (Area 0)

Link ID      ADV Router    Age           Seq#         Checksum
10.56.0.0    3.3.3.3       47           0x80000001  0x000211
10.32.0.0    3.3.3.3       47           0x80000002  0x001717
10.40.0.0    3.3.3.3       47           0x80000003  0x00be65
10.56.0.0    4.4.4.4       42           0x80000001  0x00e32b
10.40.0.0    4.4.4.4       42           0x80000002  0x009889
10.32.0.0    4.4.4.4       42           0x80000003  0x000127

      Router Link States (Area 1)

Link ID      ADV Router    Age           Seq#         Checksum Link count
3.3.3.3      3.3.3.3       52           0x80000005  0x000c70  2
4.4.4.4      4.4.4.4       52           0x80000005  0x001a51  2

      Net Link States (Area 1)

Link ID      ADV Router    Age           Seq#         Checksum
10.56.0.2    4.4.4.4       52           0x80000001  0x00e028

      Summary Net Link States (Area 1)

Link ID      ADV Router    Age           Seq#         Checksum
10.224.0.12  3.3.3.3       47           0x80000001  0x00a1bc
10.224.0.8   3.3.3.3       47           0x80000002  0x00c799
10.224.0.4   4.4.4.4       42           0x80000001  0x00d38e
10.224.0.0   4.4.4.4       42           0x80000002  0x00f96b
10.224.0.16  4.4.4.4       37           0x80000003  0x0061f1
10.224.0.12  4.4.4.4       37           0x80000004  0x0087ce
10.224.0.8   4.4.4.4       37           0x80000005  0x00adab
10.224.0.20  4.4.4.4       37           0x80000006  0x003319
10.224.0.24  4.4.4.4       37           0x80000007  0x00093e
10.224.0.16  3.3.3.3       37           0x80000003  0x007fd7
10.224.0.4   3.3.3.3       37           0x80000004  0x00f56c
10.224.0.0   3.3.3.3       37           0x80000005  0x001c49
10.224.0.20  3.3.3.3       37           0x80000006  0x0051fe
10.224.0.24  3.3.3.3       37           0x80000007  0x002724

```

Рис. 7.2. База даних граничних маршрутизаторів Switch-L3-1, Switch-L3-2 (область Area 1 – стандартна, без підсумовування маршрутів на граничних маршрутизаторах)

Зазначимо, що в загальному випадку оголошення LSA типу 3 можуть містити як міжобласні маршрути до конкретної мережі (несумарні), так і міжобласні маршрути, утворені маршрутизаторами під час підсумовування (сумарні міжобласні маршрути), але, незважаючи на це, всі міжобласні маршрути (за термінологією протоколу OSPF) позначаються як Summary (сумарні), звідси і назва угруповання бази даних, відповідного оголошенням LSA типу 3 – Summary Net Link States.

Оголошення LSA типу 3 утворюються граничними маршрутизаторами ABR Switch-L3-1, Switch-L3-2 з ідентифікаторами відповідно 3.3.3.3, 4.4.4.4 (маршрутизатор, який оголошує певну LSA, визначений у стовпці «ADV Router»). Кількість різних оголошень LSA типу 3, утворених кожним з граничних маршрутизаторів Switch-L3-1, Switch-L3-2 для розглядуваного випадку відсутності підсумовування маршрутів у напрямку опорної області, відповідає кількості IP-мереж в області Area 1.

Таким чином, можна зробити висновок, що без підсумовування маршрутів області Area 1 в опорну область розглядуваної схеми IP-мережі будуть надходити оголошення LSA типу 3, які містять інформацію про кожну з IP-мереж області Area 1, що призведе до збільшення навантаження на маршрутизатори.

Зазначимо, що коли маршрутизатор певної області отримує від граничного маршрутизатора ABR оголошення LSA типу 3, то він не запускає алгоритм Дейкстри для визначення найкоротшого шляху. Маршрутизатор просто додає до метрики маршруту, указанного в LSA типу 3, метрику до граничного маршрутизатора ABR, яка є вже відомою для нього.

З аналізу бази даних граничних маршрутизаторів Switch-L3-1, Switch-L3-2, показаної на рис. 7.2, випливає, що граничні маршрутизатори ABR мають окремі бази даних для кожної з областей, до складу яких вони входять. Таким чином, граничні маршрутизатори Switch-L3-1, Switch-L3-2 мають окремі бази даних для областей Area 0 та Area 1. В область Area 1 надходять оголошення LSA типу 3 (Summary Net Link States), які утворюються граничними маршрутизаторами ABR Switch-L3-1, Switch-L3-2. Кількість різних оголошень LSA типу 3, що надходить в область Area 1, відповідає кількості IP-мереж в

області Area 0, оскільки підсумовування маршрутів у напрямку області Area 1 не застосовується.

Таким чином, можна зробити висновок, що без підсумовування маршрутів опорної області в область Area 1 розглядуваної схеми IP-мережі будуть надходити оголошення LSA типу 3, які містять інформацію про кожну з IP-мереж магістральної області Area 0, що також призведе до збільшення навантаження на маршрутизатори. Зазначимо, що стандартна область Area 1 у загальному випадку може оголошувати і приймати оголошення LSA будь-якого типу, а опорна область за своїми властивостями є стандартною областю.

Далі проведемо дослідження маршрутної інформації баз даних областей, яка відповідає оголошенням LSA типу 3 (Summary Net Link States), що містять міжобласні маршрути. Для цього застосуємо команду `show ip ospf database summary`, яка здійснює виведення частини повного вигляду бази даних про стан каналів маршрутизаторів, що містить записи, відповідні LSA типу 3. Зазначимо, що вищевказану команду достатньо застосувати тільки для одного з граничних маршрутизаторів, оскільки граничні маршрутизатори містять ідентичні бази даних для областей, до яких вони підключені, у даному випадку це області Area 0, Area 1. Для прикладу застосуємо команду `show ip ospf database summary` до граничного маршрутизатора Switch-L3-1 (рис. 7.3).

З рис. 7.3 випливає, що для випадку відсутності підсумовування маршрутів на граничних маршрутизаторах кожний з граничних маршрутизаторів надсилає в магістральну область Area 0 LSA типу 3, які містять інформацію про номер кожної мережі, що існують в області Area 1, і метрики до цих мереж (міжобласні маршрути):

1) маршрутизатор Switch-L3-1 (Advertising Router 3.3.3.3):

- мережа 10.56.0.0/30, метрика 1;
- мережа 10.32.0.0/13, метрика 1;
- мережа 10.40.0.0/13, метрика 2;

2) маршрутизатор Switch-L3-1 (Advertising Router 4.4.4.4):

- мережа 10.56.0.0/30, метрика 1;
- мережа 10.40.0.0/13, метрика 1;
- мережа 10.32.0.0/13, метрика 2.

```

Switch-L3-1#show ip ospf database summary

                OSPF Router with ID (3.3.3.3) (Process ID 1)

                Summary Net Link States (Area 0)

LS age: 368
Options: (No TOS-capability, DC, Upward)
LS Type: Summary Links(Network)
Link State ID: 10.56.0.0 (summary Network Number)
Advertising Router: 3.3.3.3
LS Seq Number: 80000001
Checksum: 0x0211
Length: 28
Network Mask: /30
                TOS: 0 Metric: 1

LS age: 368
Options: (No TOS-capability, DC, Upward)
LS Type: Summary Links(Network)
Link State ID: 10.32.0.0 (summary Network Number)
Advertising Router: 3.3.3.3
LS Seq Number: 80000002
Checksum: 0x1717
Length: 28
Network Mask: /13
                TOS: 0 Metric: 1

LS age: 368
Options: (No TOS-capability, DC, Upward)
LS Type: Summary Links(Network)
Link State ID: 10.40.0.0 (summary Network Number)
Advertising Router: 3.3.3.3
LS Seq Number: 80000003
Checksum: 0xbe65
Length: 28
Network Mask: /13
                TOS: 0 Metric: 2

LS age: 363
Options: (No TOS-capability, DC, Upward)
LS Type: Summary Links(Network)
Link State ID: 10.56.0.0 (summary Network Number)
Advertising Router: 4.4.4.4
LS Seq Number: 80000001
Checksum: 0xe32b
Length: 28
Network Mask: /30
                TOS: 0 Metric: 1

```

Рис. 7.3. Вміст записів баз даних, які відповідають сумарним маршрутам, що містяться в оголошеннях LSA типу 3 (область Area 1 – стандартна, без підсумовування маршрутів на граничних маршрутизаторах) (початок)

```
LS age: 363
Options: (No TOS-capability, DC, Upward)
LS Type: Summary Links(Network)
Link State ID: 10.40.0.0 (summary Network Number)
Advertising Router: 4.4.4.4
LS Seq Number: 80000002
Checksum: 0x9889
Length: 28
Network Mask: /13
      TOS: 0 Metric: 1
```

```
LS age: 363
Options: (No TOS-capability, DC, Upward)
LS Type: Summary Links(Network)
Link State ID: 10.32.0.0 (summary Network Number)
Advertising Router: 4.4.4.4
LS Seq Number: 80000003
Checksum: 0x0127
Length: 28
Network Mask: /13
      TOS: 0 Metric: 2
```

Summary Net Link States (Area 1)

```
LS age: 368
Options: (No TOS-capability, DC, Upward)
LS Type: Summary Links(Network)
Link State ID: 10.224.0.12 (summary Network Number)
Advertising Router: 3.3.3.3
LS Seq Number: 80000001
Checksum: 0xa1bc
Length: 28
Network Mask: /30
      TOS: 0 Metric: 1
```

```
LS age: 368
Options: (No TOS-capability, DC, Upward)
LS Type: Summary Links(Network)
Link State ID: 10.224.0.8 (summary Network Number)
Advertising Router: 3.3.3.3
LS Seq Number: 80000002
Checksum: 0xc799
Length: 28
Network Mask: /30
      TOS: 0 Metric: 1
```

Рис. 7.3. Вміст записів баз даних, які відповідають сумарним маршрутам, що містяться в оголошеннях LSA типу 3 (область Area 1 – стандартна, без підсумовування маршрутів на граничних маршрутизаторах) (продовження)

```

LS age: 363
Options: (No TOS-capability, DC, Upward)
LS Type: Summary Links(Network)
Link State ID: 10.224.0.4 (summary Network Number)
Advertising Router: 4.4.4.4
LS Seq Number: 80000001
Checksum: 0xd38e
Length: 28
Network Mask: /30
      TOS: 0  Metric: 1

LS age: 363
Options: (No TOS-capability, DC, Upward)
LS Type: Summary Links(Network)
Link State ID: 10.224.0.0 (summary Network Number)
Advertising Router: 4.4.4.4
LS Seq Number: 80000002
Checksum: 0xf96b
Length: 28
Network Mask: /30
      TOS: 0  Metric: 1

LS age: 358
Options: (No TOS-capability, DC, Upward)
LS Type: Summary Links(Network)
Link State ID: 10.224.0.16 (summary Network Number)
Advertising Router: 4.4.4.4
LS Seq Number: 80000003
Checksum: 0x61f1
Length: 28
Network Mask: /30
      TOS: 0  Metric: 2

LS age: 358
Options: (No TOS-capability, DC, Upward)
LS Type: Summary Links(Network)
Link State ID: 10.224.0.12 (summary Network Number)
Advertising Router: 4.4.4.4
LS Seq Number: 80000004
Checksum: 0x87ce
Length: 28
Network Mask: /30
      TOS: 0  Metric: 2

```

Рис. 7.3. Вміст записів баз даних, які відповідають сумарним маршрутам, що містяться в оголошеннях LSA типу 3 (область Area 1 – стандартна, без підсумовування маршрутів на граничних маршрутизаторах) (продовження)

```

LS age: 358
Options: (No TOS-capability, DC, Upward)
LS Type: Summary Links(Network)
Link State ID: 10.224.0.8 (summary Network Number)
Advertising Router: 4.4.4.4
LS Seq Number: 80000005
Checksum: 0xadab
Length: 28
Network Mask: /30
      TOS: 0  Metric: 2

LS age: 358
Options: (No TOS-capability, DC, Upward)
LS Type: Summary Links(Network)
Link State ID: 10.224.0.20 (summary Network Number)
Advertising Router: 4.4.4.4
LS Seq Number: 80000006
Checksum: 0x3319
Length: 28
Network Mask: /30
      TOS: 0  Metric: 2

LS age: 358
Options: (No TOS-capability, DC, Upward)
LS Type: Summary Links(Network)
Link State ID: 10.224.0.24 (summary Network Number)
Advertising Router: 4.4.4.4
LS Seq Number: 80000007
Checksum: 0x093e
Length: 28
Network Mask: /30
      TOS: 0  Metric: 2

LS age: 353
Options: (No TOS-capability, DC, Upward)
LS Type: Summary Links(Network)
Link State ID: 10.224.0.16 (summary Network Number)
Advertising Router: 3.3.3.3
LS Seq Number: 80000003
Checksum: 0x7fd7
Length: 28
Network Mask: /30
      TOS: 0  Metric: 2

```

Рис. 7.3. Вміст записів баз даних, які відповідають сумарним маршрутам, що містяться в оголошеннях LSA типу 3 (область Area 1 – стандартна, без підсумовування маршрутів на граничних маршрутизаторах) (продовження)


```
LS age: 353
Options: (No TOS-capability, DC, Upward)
LS Type: Summary Links(Network)
Link State ID: 10.224.0.4 (summary Network Number)
Advertising Router: 3.3.3.3
LS Seq Number: 80000004
Checksum: 0xf56c
Length: 28
Network Mask: /30
      TOS: 0  Metric: 2
```

```
LS age: 353
Options: (No TOS-capability, DC, Upward)
LS Type: Summary Links(Network)
Link State ID: 10.224.0.0 (summary Network Number)
Advertising Router: 3.3.3.3
LS Seq Number: 80000005
Checksum: 0x1c49
Length: 28
Network Mask: /30
      TOS: 0  Metric: 2
```

```
LS age: 353
Options: (No TOS-capability, DC, Upward)
LS Type: Summary Links(Network)
Link State ID: 10.224.0.20 (summary Network Number)
Advertising Router: 3.3.3.3
LS Seq Number: 80000006
Checksum: 0x51fe
Length: 28
Network Mask: /30
      TOS: 0  Metric: 2
```

```
LS age: 353
Options: (No TOS-capability, DC, Upward)
LS Type: Summary Links(Network)
Link State ID: 10.224.0.24 (summary Network Number)
Advertising Router: 3.3.3.3
LS Seq Number: 80000007
Checksum: 0x2724
Length: 28
Network Mask: /30
      TOS: 0  Metric: 2
```

Рис. 7.3. Вміст записів баз даних, які відповідають сумарним маршрутам, що містяться в оголошеннях LSA типу 3 (область Area 1 – стандартна, без підсумовування маршрутів на граничних маршрутизаторах) (закінчення)

Зазначимо, що для даного прикладу значення метрик визначені за типовою формулою за замовчуванням відносно швидкості передачі 100 Мбіт/с, оскільки тракти передачі Gigabit Ethernet не застосовувались. Таким чином, значення метрики для одного інтерфейсу (тракту передачі), який працює в режимі Fast Ethernet, становить 1.

Подібні висновки можна зробити і для області Area 1, у яку кожний з граничних маршрутизаторів надсилає LSA типу 3, які містять інформацію про номер кожної мережі, що існує в магістральній області Area 0, і метрики до цих мереж (міжобласні маршрути).

Зазначимо, що дослідження маршрутної інформації баз даних областей, яка відповідає оголошенням LSA типу 1 (Router Link States), LSA типу 2 (Net Link States) проводиться з використанням відповідно команд `show ip ospf database router`, `show ip ospf database network`, а висновки по результатах дослідження формулюються самостійно.

Наступним кроком дослідження є дослідження вмісту таблиць маршрутизації маршрутизаторів, яка здійснюється за допомогою команди `show ip route`, яку необхідно вводити в привілейованому режимі (рис. 7.4–7.7). У таблицях маршрутизації використовуються такі умовні позначення маршрутів протоколу OSPF:

O – маршрути OSPF в області, до якої належить маршрутизатор (Router LSA);

O IA – OSPF inter area – міжобласні маршрути OSPF в інших областях, які належать тій самій автономній системі (Summary LSA);

O E1 – OSPF external type 1 – зовнішні маршрути типу 1 (до мереж, які знаходяться за межами автономної системи). До метрики зовнішнього маршруту додається метрика шляху в мережі OSPF. Використовується, коли декілька маршрутизаторів анонсують зовнішню мережу, яка знаходиться за межами автономної системи;

O E2 – OSPF external type 2 (за замовчуванням) – зовнішні маршрути типу 2 (до мереж, які знаходяться за межами автономної системи). Використовується тільки метрика зовнішнього маршруту;

O N1 – OSPF NSSA external type 1 – зовнішні маршрути типу 1 в NSSA (не зовсім тупикова зона);

O N2 – OSPF NSSA external type 2 – зовнішні маршрути типу 2 в NSSA (не зовсім тупикова зона).

```

Router1#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

    10.0.0.0/8 is variably subnetted, 10 subnets, 2 masks
O IA   10.32.0.0/13 [110/2] via 10.224.0.14, 00:25:24, GigabitEthernet3/0
O IA   10.40.0.0/13 [110/2] via 10.224.0.6, 00:25:24, GigabitEthernet4/0
O IA   10.56.0.0/30 [110/2] via 10.224.0.6, 00:25:24, GigabitEthernet4/0
        [110/2] via 10.224.0.14, 00:25:24, GigabitEthernet3/0
O      10.224.0.0/30 [110/2] via 10.224.0.18, 00:25:24, FastEthernet2/0
        [110/2] via 10.224.0.6, 00:25:24, GigabitEthernet4/0
C      10.224.0.4/30 is directly connected, GigabitEthernet4/0
O      10.224.0.8/30 [110/2] via 10.224.0.18, 00:25:14, FastEthernet2/0
        [110/2] via 10.224.0.14, 00:25:14, GigabitEthernet3/0
C      10.224.0.12/30 is directly connected, GigabitEthernet3/0
C      10.224.0.16/30 is directly connected, FastEthernet2/0
C      10.224.0.20/30 is directly connected, FastEthernet1/0
O      10.224.0.24/30 [110/2] via 10.224.0.18, 00:25:24, FastEthernet2/0

```

Рис. 7.4. Таблиця маршрутизації маршрутизатора Router 1 (область Area 1 – стандартна, без підсумовування маршрутів на граничних маршрутизаторах)

```

Router2#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

    10.0.0.0/8 is variably subnetted, 10 subnets, 2 masks
O IA   10.32.0.0/13 [110/2] via 10.224.0.10, 00:27:59, GigabitEthernet3/0
O IA   10.40.0.0/13 [110/2] via 10.224.0.2, 00:27:59, GigabitEthernet4/0
O IA   10.56.0.0/30 [110/2] via 10.224.0.2, 00:27:59, GigabitEthernet4/0
        [110/2] via 10.224.0.10, 00:27:59, GigabitEthernet3/0
C      10.224.0.0/30 is directly connected, GigabitEthernet4/0
O      10.224.0.4/30 [110/2] via 10.224.0.17, 00:27:59, FastEthernet2/0
        [110/2] via 10.224.0.2, 00:27:59, GigabitEthernet4/0
C      10.224.0.8/30 is directly connected, GigabitEthernet3/0
O      10.224.0.12/30 [110/2] via 10.224.0.17, 00:27:59, FastEthernet2/0
        [110/2] via 10.224.0.10, 00:27:59, GigabitEthernet3/0
C      10.224.0.16/30 is directly connected, FastEthernet2/0
O      10.224.0.20/30 [110/2] via 10.224.0.17, 00:27:59, FastEthernet2/0
C      10.224.0.24/30 is directly connected, FastEthernet1/0

```

Рис. 7.5. Таблиця маршрутизації маршрутизатора Router 2 (область Area 1 – стандартна, без підсумовування маршрутів на граничних маршрутизаторах)

```
L3-Switch1#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route
```

```
Gateway of last resort is not set
```

```

10.0.0.0/8 is variably subnetted, 10 subnets, 2 masks
C    10.32.0.0/13 is directly connected, FastEthernet0/24
O    10.40.0.0/13 [110/2] via 10.56.0.2, 00:29:00, FastEthernet0/3
C    10.56.0.0/30 is directly connected, FastEthernet0/3
O    10.224.0.0/30 [110/2] via 10.224.0.9, 00:28:55, FastEthernet0/2
O    10.224.0.4/30 [110/2] via 10.224.0.13, 00:28:55, FastEthernet0/1
C    10.224.0.8/30 is directly connected, FastEthernet0/2
C    10.224.0.12/30 is directly connected, FastEthernet0/1
O    10.224.0.16/30 [110/2] via 10.224.0.13, 00:28:55, FastEthernet0/1
      [110/2] via 10.224.0.9, 00:28:55, FastEthernet0/2
O    10.224.0.20/30 [110/2] via 10.224.0.13, 00:28:55, FastEthernet0/1
O    10.224.0.24/30 [110/2] via 10.224.0.9, 00:28:55, FastEthernet0/2
```

Рис. 7.6. Таблиця маршрутизації комутатора третього рівня (граничного маршрутизатора) Switch-L3-1 (область Area 1 – стандартна, без підсумовування маршрутів на граничних маршрутизаторах)

```
L3-Switch2#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route
```

```
Gateway of last resort is not set
```

```

10.0.0.0/8 is variably subnetted, 10 subnets, 2 masks
O    10.32.0.0/13 [110/2] via 10.56.0.1, 00:29:59, FastEthernet0/3
C    10.40.0.0/13 is directly connected, FastEthernet0/24
C    10.56.0.0/30 is directly connected, FastEthernet0/3
C    10.224.0.0/30 is directly connected, FastEthernet0/2
C    10.224.0.4/30 is directly connected, FastEthernet0/1
O    10.224.0.8/30 [110/2] via 10.224.0.1, 00:29:44, FastEthernet0/2
O    10.224.0.12/30 [110/2] via 10.224.0.5, 00:29:44, FastEthernet0/1
O    10.224.0.16/30 [110/2] via 10.224.0.5, 00:29:44, FastEthernet0/1
      [110/2] via 10.224.0.1, 00:29:44, FastEthernet0/2
O    10.224.0.20/30 [110/2] via 10.224.0.5, 00:29:44, FastEthernet0/1
O    10.224.0.24/30 [110/2] via 10.224.0.1, 00:29:44, FastEthernet0/2
```

Рис. 7.7. Таблиця маршрутизації комутатора третього рівня (граничного маршрутизатора) Switch-L3-2 (область Area 1 – стандартна, без підсумовування маршрутів на граничних маршрутизаторах)

Із аналізу таблиць маршрутизації випливає, що таблиці маршрутизації магістральних маршрутизаторів Router 1, Router 2, які знаходяться в опорній області Area 0, містять маршрути до кожної з мереж цієї області, і, крім того, окремі маршрути до кожної з мереж, які належать до області Area 1 (ці маршрути в таблиці маршрутизації мають позначку «O IA»), а таблиці маршрутизації граничних маршрутизаторів Switch-L3-1, Switch-L3-2, які одночасно знаходяться у двох областях (Area 0, Area1), містять окремі маршрути до кожної з мереж, які належать цим областям (Area 0, Area1). Маршрути в таблицях маршрутизації мають значення адміністративної відстані 110 (перша цифра у квадратних дужках), а друга цифра у квадратних дужках визначає метрику шляху, отриману в процесі роботи протоколу OSPF.

Тепер визначимо маршрути передачі IP-пакетів (між кожною парою маршрутизаторів в обидва боки) і встановимо відповідність цих маршрутів отриманим раніше таблицям маршрутизації.

Визначення маршрутів передачі IP-пакетів може бути проведено шляхом застосування команди `tracert {IP-адреса}`, яку необхідно вводити до командного рядка відповідного маршрутизатора в привілейованому режимі.

Для прикладу розглянемо процедуру перевірки маршруту передачі IP-пакетів від маршрутизатора Switch-L3-1 до сервера Server 1 (10.224.0.22). Для цього треба до командного рядка маршрутизатора Switch-L3-1 в привілейованому режимі ввести команду

```
tracert 10.224.0.22.
```

Результати визначення маршруту передачі IP-пакетів від маршрутизатора Switch-L3-1 до сервера Server 1 (10.224.0.22) показані на рис. 7.8, а.

З рис. 7.8,а видно, що маршрут IP-пакета проходить через вузол з IP-адресою 10.224.0.13 (це IP-адреса інтерфейсу Gig3/0 маршрутизатора Router 1). Останній рядок результатів роботи команди `tracert` відповідає IP-адресі отримувача – IP-адресі сервера Server 1 (10.224.0.22). З результатів порівняння таблиці маршрутизації маршрутизатора Switch-L3-1 з визначеним вище маршрутом можна встановити, що цьому маршруту відповідає запис таблиці маршрутизації, показаний на рис. 7.8, б.

```
Switch-L3-1#traceroute 10.224.0.22
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 10.224.0.22

  1  10.224.0.13      0 msec    0 msec    0 msec
  2  10.224.0.22      0 msec    1 msec    0 msec
```

а

```
0    10.224.0.20/30 [110/2] via 10.224.0.13, 00:28:55, FastEthernet0/1
```

б

Рис. 7.8. Маршрут передачі IP-пакетів від маршрутизатора Switch-L3-1 до сервера Server 1 (10.224.0.22): а – результати визначення маршруту за допомогою команди traceroute; б – відповідний маршруту запис у таблиці маршрутизації

І наприкінці необхідно провести дослідження роботи IP-мережі при вимкненні (відмові) трактів передачі (ліній зв'язку) між маршрутизаторами. Для цього, вимикаючи один чи одночасно декілька інтерфейсів маршрутизаторів (найзручніше вимкнення інтерфейсів виконати за допомогою графічного інтерфейсу симулятора без використання командного рядка маршрутизаторів), необхідно перевіряти досяжність кінцевих пристроїв один одному, зробивши після цього відповідні висновки.

ВИПАДОК 2 – область Area 1 є повністю тупиковою, увімкнено підсумовування маршрутів на граничних маршрутизаторах у напрямку магістральної області (підсумовування маршрутів області Area 1).

Для утворення відповідної випадку 2 конфігурації граничних маршрутизаторів необхідно до кожного з них ввести в режимі детального конфігурування динамічної маршрутизації (процес ospf 1):

– команду area 1 range 10.32.0.0 255.224.0.0, яка вмикає підсумовування маршрутів області area 1, у результаті чого замість багатьох маршрутів, існуючих в області, граничними маршрутизаторами ABR (Switch-L3-1, Switch-L3-2) будуть оголошуватися маршрути в сумарну мережу (сумарні маршрути),

які будуть відповідати сумарному діапазону адрес області area 1 (10.32.0.0/11);

– команду area 1 stub no-summary, яка надає області area 1 статус повністю тупикової (забороняє граничним маршрутизаторам ABR розсилати в оголошеннях LSA типу 3 в цій області сумарні маршрути, а дозволеним є тільки маршрут за замовчуванням – 0.0.0.0).

Наведемо приклад введення зазначених вище команд:

```
L3-Switch1>enable
L3-Switch1#configure terminal
L3-Switch1(config)#router ospf 1
L3-Switch1(config-router)#area 1 range 10.32.0.0 255.224.0.0
L3-Switch1(config-router)#area 1 stub no-summary.
```

Після закінчення конфігурування необхідно зберегти утворену конфігурацію в енергонезалежну пам'ять пристрою:

```
L3-Switch1(config-router)#exit
L3-Switch1(config)#exit
L3-Switch1#copy running-config startup-config.
```

Також рекомендується перевірити утворені стартову та активну конфігурації маршрутизаторів і комутаторів третього рівня на відсутність помилок (які могли з'явитися при введенні відповідних параметрів команд) за допомогою команд show running-config, show startup-config, які вводяться в привілейованому режимі, наприклад

```
L3-Switch1(config)#show running-config
L3-Switch1(config)#show startup-config.
```

Отримаємо за допомогою команди show ip ospf database маршрутну інформацію, що розповсюджується в областях протоколу OSPF, у вигляді записів бази даних магістральних і граничних маршрутизаторів у загальному поданні, у якій кожний запис відповідає певному оголошенню про стан зв'язків LSA, а також за допомогою команди show ip ospf database summary

виведемо частину повного вигляду бази даних про стан каналів маршрутизаторів, що містить записи, відповідні LSA типу 3.

З аналізу баз даних магістральних маршрутизаторів Router 1, Router 2, показаних на рис. 7.9, 7.10 (область Area 1 є повністю тупиковою, ввімкнено підсумовування маршрутів у напрямку області Area 0), випливає, що бази даних різних магістральних маршрутизаторів є ідентичними одна одній (кількість записів і контрольні суми однойменних записів у базах даних різних магістральних маршрутизаторів співпадають), що є результатом роботи протоколу OSPF.

До баз даних магістральних маршрутизаторів Router 1, Router 2 (бази даних є ідентичними) до угруповання Summary Net Link States (Area 0) включені записи, відповідні LSA типу 3, які містять міжобласні маршрути й оголошуються граничними маршрутизаторами ABR Switch-L3-1 (ADV Router 3.3.3.3), Switch-L3-2 (ADV Router 4.4.4.4). Детальний вміст записів бази даних з угруповання Summary Net Link States (Area 0) представлено на рис. 7.11, 7.12 відповідно для магістральних маршрутизаторів Router 1, Router 2.

```

Router1#show ip ospf database
      OSPF Router with ID (1.1.1.1) (Process ID 1)

      Router Link States (Area 0)

Link ID        ADV Router    Age           Seq#           Checksum Link count
1.1.1.1        1.1.1.1      1000          0x8000000b    0x007ad0 4
3.3.3.3        3.3.3.3      1000          0x80000008    0x003415 2
4.4.4.4        4.4.4.4      1000          0x80000008    0x00a5bb 2
2.2.2.2        2.2.2.2      999           0x8000000b    0x00133b 4

      Net Link States (Area 0)

Link ID        ADV Router    Age           Seq#           Checksum
10.224.0.2     4.4.4.4      1004          0x80000007    0x005864
10.224.0.14    3.3.3.3      1000          0x80000007    0x004c12
10.224.0.10    3.3.3.3      1000          0x80000008    0x007f1f
10.224.0.6     4.4.4.4      1000          0x80000008    0x009ebe
10.224.0.18    2.2.2.2      999           0x80000004    0x00a20a

      Summary Net Link States (Area 0)

Link ID        ADV Router    Age           Seq#           Checksum
10.32.0.0      3.3.3.3      980           0x8000004b    0x0025d7
10.32.0.0      4.4.4.4      973           0x8000004d    0x006c71

```

Рис. 7.9. База даних магістрального маршрутизатора Router 1 (область Area 1 є повністю тупиковою, ввімкнено підсумовування маршрутів у напрямку області Area 0)


```

Router2#show ip ospf database
      OSPF Router with ID (2.2.2.2) (Process ID 1)

      Router Link States (Area 0)

Link ID        ADV Router    Age           Seq#           Checksum Link count
2.2.2.2        2.2.2.2       1066          0x8000000b    0x00133b  4
1.1.1.1        1.1.1.1       1068          0x8000000b    0x007ad0  4
3.3.3.3        3.3.3.3       1067          0x80000008    0x003415  2
4.4.4.4        4.4.4.4       1067          0x80000008    0x00a5bb  2

      Net Link States (Area 0)

Link ID        ADV Router    Age           Seq#           Checksum
10.224.0.18    2.2.2.2       1066          0x80000004    0x00a20a
10.224.0.2     4.4.4.4       1072          0x80000007    0x005864
10.224.0.14    3.3.3.3       1067          0x80000007    0x004c12
10.224.0.10    3.3.3.3       1067          0x80000008    0x007flf
10.224.0.6     4.4.4.4       1067          0x80000008    0x009ebe

      Summary Net Link States (Area 0)

Link ID        ADV Router    Age           Seq#           Checksum
10.32.0.0     3.3.3.3       1048          0x8000004b    0x0025d7
10.32.0.0     4.4.4.4       1041          0x8000004d    0x006c71

```

Рис. 7.10. База даних магістрального маршрутизатора Router 2 (область Area 1 є повністю тупиковою, ввімкнено підсумовування маршрутів у напрямку області Area 0)

```

Router1#show ip ospf database summary

      OSPF Router with ID (1.1.1.1) (Process ID 1)

      Summary Net Link States (Area 0)

LS age: 1300
Options: (No TOS-capability, DC, Upward)
LS Type: Summary Links(Network)
Link State ID: 10.32.0.0 (summary Network Number)
Advertising Router: 3.3.3.3
LS Seq Number: 8000004b
Checksum: 0x25d7
Length: 28
Network Mask: /11
      TOS: 0 Metric: 1

LS age: 1293
Options: (No TOS-capability, DC, Upward)
LS Type: Summary Links(Network)
Link State ID: 10.32.0.0 (summary Network Number)
Advertising Router: 4.4.4.4
LS Seq Number: 8000004d
Checksum: 0x6c71
Length: 28
Network Mask: /13
      TOS: 0 Metric: 2

```

Рис. 7.11. Вміст записів бази даних магістрального маршрутизатора Router 1, які відповідають сумарним маршрутам, що містяться в оголошеннях LSA типу 3 (область Area 1 є повністю тупиковою, ввімкнено підсумовування маршрутів у напрямку області Area 0)

```

Router2#show ip ospf database summary

                OSPF Router with ID (2.2.2.2) (Process ID 1)

                Summary Net Link States (Area 0)

LS age: 1464
Options: (No TOS-capability, DC, Upward)
LS Type: Summary Links(Network)
Link State ID: 10.32.0.0 (summary Network Number)
Advertising Router: 3.3.3.3
LS Seq Number: 8000004b
Checksum: 0x25d7
Length: 28
Network Mask: /11
                TOS: 0 Metric: 1

LS age: 1457
Options: (No TOS-capability, DC, Upward)
LS Type: Summary Links(Network)
Link State ID: 10.32.0.0 (summary Network Number)
Advertising Router: 4.4.4.4
LS Seq Number: 8000004d
Checksum: 0x6c71
Length: 28
Network Mask: /13
                TOS: 0 Metric: 2

```

Рис. 7.12. Вміст записів бази даних магістрального маршрутизатора Router 2, які відповідають сумарним маршрутам, що містяться в оголошеннях LSA типу 3 (область Area 1 є повністю тупиковою, ввімкнено підсумовування маршрутів у напрямку області Area 0)

З рис. 7.11, 7.12 випливає, що записи баз даних магістральних маршрутизаторів в угрупованні Summary Net Link States (Area 0) містять інформацію про мережі, у тому числі і сумарні, що існують в області Area 1, і метрики до цих мереж, які в сукупності визначають такі міжобласні маршрути, у тому числі і сумарні:

1) сумарний маршрут до мережі 10.32.0.0/11 (ця мережа є сумарною) з метрикою 1 оголошено маршрутизатором Switch-L3-1 (Advertising Router 3.3.3.3);

2) маршрут до мережі 10.32.0.0/13 з метрикою 2 оголошено маршрутизатором Switch-L3-2 (Advertising Router 4.4.4.4).

Таким чином, можна зробити висновок, що при застосуванні підсумовування маршрутів області Area 1 в опорну область розглядуваної схеми IP-мережі буде надходити менша кількість оголошень LSA типу 3, що дозволяє зменшити навантаження на маршрутизатори та знизити вимоги до об'єму оперативної пам'яті.

Далі перейдемо до розгляду баз даних граничних маршрутизаторів Switch-L3-1, Switch-L3-2 (рис. 7.13, 7.14). З аналізу бази даних для повністю тупикової області Area 1 (Summary Net Link

States (Area 1)) впливає, що в цій області граничним маршрутизаторам ABR Switch-L3-1, Switch-L3-2 заборонено розповсюджувати в оголошеннях LSA типу 3 зовнішні і міжобласні (у тому числі сумарні) маршрути, замість яких в оголошеннях LSA типу 3 від кожного з граничних маршрутизаторів Switch-L3-1 (ADV Router 3.3.3.3), Switch-L3-2 (ADV Router 4.4.4.4) міститься тільки стандартний маршрут 0.0.0.0 (маршрут за замовчуванням), визначений у стовпці «Link ID» угруповання Summary Net Link States (Area 1). Зазначимо, що більш детально вміст кожного запису з цього угруповання можна розглянути пізніше – після його виведення командою `show ip ospf database summary`.

```
Switch-L3-1#show ip ospf database
      OSPF Router with ID (3.3.3.3) (Process ID 1)

      Router Link States (Area 0)

Link ID        ADV Router    Age           Seq#           Checksum Link count
3.3.3.3        3.3.3.3      65            0x80000009    0x003216 2
1.1.1.1        1.1.1.1      65            0x8000000c    0x0078d1 4
4.4.4.4        4.4.4.4      65            0x80000009    0x00a3bc 2
2.2.2.2        2.2.2.2      64            0x8000000c    0x00113c 4

      Net Link States (Area 0)

Link ID        ADV Router    Age           Seq#           Checksum
10.224.0.14    3.3.3.3      65            0x80000009    0x008941
10.224.0.10    3.3.3.3      65            0x8000000a    0x006fda
10.224.0.2     4.4.4.4      70            0x80000009    0x00d734
10.224.0.6     4.4.4.4      65            0x8000000a    0x0008f8
10.224.0.18    2.2.2.2      64            0x80000005    0x009178

      Summary Net Link States (Area 0)

Link ID        ADV Router    Age           Seq#           Checksum
10.32.0.0     4.4.4.4      39            0x80000069    0x00348d
10.32.0.0     3.3.3.3      36            0x80000062    0x005677
10.32.0.0     3.3.3.3      36            0x80000062    0x005677
10.32.0.0     3.3.3.3      26            0x80000067    0x00ebf4

      Router Link States (Area 1)

Link ID        ADV Router    Age           Seq#           Checksum Link count
3.3.3.3        3.3.3.3      65            0x80000008    0x000673 2
4.4.4.4        4.4.4.4      65            0x80000008    0x001454 2

      Net Link States (Area 1)

Link ID        ADV Router    Age           Seq#           Checksum
10.56.0.2     4.4.4.4      65            0x80000005    0x00306f

      Summary Net Link States (Area 1)

Link ID        ADV Router    Age           Seq#           Checksum
0.0.0.0        3.3.3.3      55            0x80000005    0x00311d
0.0.0.0        4.4.4.4      60            0x80000005    0x001337
```

Рис. 7.13. База даних граничного маршрутизатора Switch-L3-1 (область Area 1 є повністю тупиковою, ввімкнено підсумовування маршрутів у напрямку області Area 0)

```

Switch-L3-2#show ip ospf database
      OSPF Router with ID (4.4.4.4) (Process ID 1)

      Router Link States (Area 0)

Link ID        ADV Router    Age           Seq#           Checksum Link count
4.4.4.4        4.4.4.4      1174         0x80000008   0x00a5bb 2
1.1.1.1        1.1.1.1      1175         0x8000000b   0x007ad0 4
3.3.3.3        3.3.3.3      1175         0x80000008   0x003415 2
2.2.2.2        2.2.2.2      1174         0x8000000b   0x00133b 4

      Net Link States (Area 0)

Link ID        ADV Router    Age           Seq#           Checksum
10.224.0.2    4.4.4.4      1179         0x80000007   0x005864
10.224.0.6    4.4.4.4      1174         0x80000008   0x009ebe
10.224.0.14   3.3.3.3      1175         0x80000007   0x004c12
10.224.0.10   3.3.3.3      1175         0x80000008   0x007f1f
10.224.0.18   2.2.2.2      1174         0x80000004   0x00a20a

      Summary Net Link States (Area 0)

Link ID        ADV Router    Age           Seq#           Checksum
10.32.0.0     4.4.4.4      1148         0x8000004d   0x006c71
10.32.0.0     4.4.4.4      1149         0x8000004c   0x006e70
10.32.0.0     4.4.4.4      1160         0x80000045   0x0013eb
10.32.0.0     3.3.3.3      1155         0x8000004b   0x0025d7
10.32.0.0     4.4.4.4      1149         0x8000004d   0x006c71

      Router Link States (Area 1)

Link ID        ADV Router    Age           Seq#           Checksum Link count
4.4.4.4        4.4.4.4      1174         0x80000007   0x001653 2
3.3.3.3        3.3.3.3      1176         0x80000007   0x000872 2

      Net Link States (Area 1)

Link ID        ADV Router    Age           Seq#           Checksum
10.56.0.2     4.4.4.4      1174         0x80000004   0x00e9b6

      Summary Net Link States (Area 1)

Link ID        ADV Router    Age           Seq#           Checksum
0.0.0.0       4.4.4.4      1169         0x80000004   0x001536
0.0.0.0       3.3.3.3      1166         0x80000004   0x00331c

```

Рис. 7.14. База даних граничного маршрутизатора Switch-L3-2 (область Area 1 є повністю тупиковою, ввімкнено підсумовування маршрутів у напрямку області Area 0)

Тепер більш детально розглянемо маршрутну інформацію, яка міститься в записах бази даних із угруповань Summary Net Link States (відповідають оголошенням LSA типу 3) для областей Area 0 та Area 1, для чого скористаємося командою `show ip ospf database summary`, яка дозволяє вивести вміст записів бази даних, відповідних LSA типу 3 (рис. 7.15–7.16).

```

Switch-L3-1#show ip ospf database summary

                OSPF Router with ID (3.3.3.3) (Process ID 1)

                Summary Net Link States (Area 0)

LS age: 407
Options: (No TOS-capability, DC, Upward)
LS Type: Summary Links(Network)
Link State ID: 10.32.0.0 (summary Network Number)
Advertising Router: 4.4.4.4
LS Seq Number: 80000069
Checksum: 0x348d
Length: 28
Network Mask: /13
                TOS: 0 Metric: 2

LS age: 404
Options: (No TOS-capability, DC, Upward)
LS Type: Summary Links(Network)
Link State ID: 10.32.0.0 (summary Network Number)
Advertising Router: 3.3.3.3
LS Seq Number: 80000062
Checksum: 0x5677
Length: 28
Network Mask: /13
                TOS: 0 Metric: 1

LS age: 404
Options: (No TOS-capability, DC, Upward)
LS Type: Summary Links(Network)
Link State ID: 10.32.0.0 (summary Network Number)
Advertising Router: 3.3.3.3
LS Seq Number: 80000062
Checksum: 0x5677
Length: 28
Network Mask: /13
                TOS: 0 Metric: 1

```

Рис. 7.15. Вміст записів бази даних граничного маршрутизатора Switch-L3-1, які відповідають сумарним маршрутам, що містяться в оголошеннях LSA типу 3 (область Area 1 є повністю тупиковою, ввімкнено підсумовування маршрутів у напрямку області Area 0) (початок)

```
LS age: 394
Options: (No TOS-capability, DC, Upward)
LS Type: Summary Links(Network)
Link State ID: 10.32.0.0 (summary Network Number)
Advertising Router: 3.3.3.3
LS Seq Number: 80000067
Checksum: 0xebf4
Length: 28
Network Mask: /11
      TOS: 0  Metric: 1
```

Summary Net Link States (Area 1)

```
LS age: 424
Options: (No TOS-capability, DC, Upward)
LS Type: Summary Links(Network)
Link State ID: 0.0.0.0 (summary Network Number)
Advertising Router: 3.3.3.3
LS Seq Number: 80000005
Checksum: 0x311d
Length: 28
Network Mask: /0
      TOS: 0  Metric: 1
```

```
LS age: 429
Options: (No TOS-capability, DC, Upward)
LS Type: Summary Links(Network)
Link State ID: 0.0.0.0 (summary Network Number)
Advertising Router: 4.4.4.4
LS Seq Number: 80000005
Checksum: 0x1337
Length: 28
Network Mask: /0
      TOS: 0  Metric: 1
```

Рис. 7.15. Вміст записів бази даних граничного маршрутизатора Switch-L3-1, які відповідають сумарним маршрутам, що містяться в оголошеннях LSA типу 3 (область Area 1 є повністю тупиковою, ввімкнено підсумовування маршрутів у напрямку області Area 0) (закінчення)

```

Switch-L3-2#show ip ospf database summary

                OSPF Router with ID (4.4.4.4) (Process ID 1)

                Summary Net Link States (Area 0)

LS age: 1585
Options: (No TOS-capability, DC, Upward)
LS Type: Summary Links(Network)
Link State ID: 10.32.0.0 (summary Network Number)
Advertising Router: 4.4.4.4
LS Seq Number: 8000004d
Checksum: 0x6c71
Length: 28
Network Mask: /13
                TOS: 0 Metric: 2

LS age: 1586
Options: (No TOS-capability, DC, Upward)
LS Type: Summary Links(Network)
Link State ID: 10.32.0.0 (summary Network Number)
Advertising Router: 4.4.4.4
LS Seq Number: 8000004c
Checksum: 0x6e70
Length: 28
Network Mask: /13
                TOS: 0 Metric: 2

LS age: 1597
Options: (No TOS-capability, DC, Upward)
LS Type: Summary Links(Network)
Link State ID: 10.32.0.0 (summary Network Number)
Advertising Router: 4.4.4.4
LS Seq Number: 80000045
Checksum: 0x13eb
Length: 28
Network Mask: /11
                TOS: 0 Metric: 1

LS age: 1592
Options: (No TOS-capability, DC, Upward)
LS Type: Summary Links(Network)
Link State ID: 10.32.0.0 (summary Network Number)
Advertising Router: 3.3.3.3
LS Seq Number: 8000004b
Checksum: 0x25d7
Length: 28
Network Mask: /11
                TOS: 0 Metric: 1

LS age: 1586
Options: (No TOS-capability, DC, Upward)
LS Type: Summary Links(Network)
Link State ID: 10.32.0.0 (summary Network Number)
Advertising Router: 4.4.4.4
LS Seq Number: 8000004d
Checksum: 0x6c71
Length: 28
Network Mask: /13
                TOS: 0 Metric: 2

```

Рис. 7.16. Вміст записів бази даних граничного маршрутизатора Switch-L3-2, які відповідають сумарним маршрутам, що містяться в оголошеннях LSA типу 3 (область Area 1 є повністю тупиковою, ввімкнено підсумовування маршрутів у напрямку області Area 0) (початок)

```

Summary Net Link States (Area 1)

LS age: 1606
Options: (No TOS-capability, DC, Upward)
LS Type: Summary Links(Network)
Link State ID: 0.0.0.0 (summary Network Number)
Advertising Router: 4.4.4.4
LS Seq Number: 80000004
Checksum: 0x1536
Length: 28
Network Mask: /0
      TOS: 0 Metric: 1

LS age: 1603
Options: (No TOS-capability, DC, Upward)
LS Type: Summary Links(Network)
Link State ID: 0.0.0.0 (summary Network Number)
Advertising Router: 3.3.3.3
LS Seq Number: 80000004
Checksum: 0x331c
Length: 28
Network Mask: /0
      TOS: 0 Metric: 1

```

Рис. 7.16. Вміст записів бази даних граничного маршрутизатора Switch-L3-2, які відповідають сумарним маршрутам, що містяться в оголошеннях LSA типу 3 (область Area 1 є повністю тупиковою, ввімкнено підсумовування маршрутів у напрямку області Area 0) (закінчення)

З рис. 7.15–7.16 випливає, що у випадку застосування підсумовування маршрутів на граничних маршрутизаторах (у напрямку магістральної області Area 0) кожний з граничних маршрутизаторів надсилає в магістральну область Area 0 LSA типу 3 (відповідають угрупованню записів Summary Net Link States в базі даних для області Area 0), які містять інформацію про мережі, що існують в області Area 1, у тому числі і сумарні, і метрики до цих мереж:

- 1) маршрутизатор Switch-L3-1 (Advertising Router 3.3.3.3):
 - мережа 10.32.0.0/11, метрика 1;
 - мережа 10.32.0.0/13, метрика 1;
- 2) маршрутизатор Switch-L3-2 (Advertising Router 4.4.4.4):
 - мережа 10.32.0.0/11, метрика 1;
 - мережа 10.32.0.0/13, метрика 2.

Тут слід зазначити, що LSA типу 3, які розповсюджують граничні маршрутизатори Switch-L3-1, Switch-L3-2 в опорну область Area 0, містять тільки міжобласні маршрути і відповідно

до цього фактично забезпечують визначення точок входу до області Area 1 для магістральних маршрутизаторів опорної області Router 1, Router 2. Якщо існує декілька точок входу до сумарної мережі повністю тупикової (тупикової) області з однаковими метриками (у розглядуваному випадку – це сумарна мережа 10.32.0.0/11, до якої є дві точки входу з однаковими метриками – одна через маршрутизатор Switch-L3-1, а інша – через маршрутизатор Switch-L3-2), то до таблиць маршрутизації магістральних маршрутизаторів буде поміщений тільки один з маршрутів до сумарної мережі повністю тупикової (тупикової) області, оскільки це є обмеженням при застосуванні повністю тупикової (тупикової) області. Зазначимо, що угруповання Summary Net Link States (Area 0) граничних маршрутизаторів Switch-L3-1, Switch-L3-2 містять різну кількість записів.

З аналізу детального вмісту баз даних граничних маршрутизаторів для повністю тупикової області Area 1 (Summary Net Link States (Area 1)) впливає, що в цій області кожний з граничних маршрутизаторів розповсюджує LSA типу 3, які містять тільки стандартний маршрут 0.0.0.0 (маршрут за замовчуванням), а саме:

1) маршрутизатор Switch-L3-1 (Advertising Router 3.3.3.3) – мережа 0.0.0.0/0, метрика 1;

2) маршрутизатор Switch-L3-2 (Advertising Router 4.4.4.4) – мережа 0.0.0.0/0, метрика 1.

Таким чином, можна зробити висновок, що застосування повністю тупикової області сприяє зменшенню навантаження на маршрутизатори та розмірів бази даних цієї області, що призводить до зниження вимог до об'єму оперативної пам'яті та продуктивності маршрутизаторів.

Зазначимо, що дослідження маршрутної інформації баз даних областей, яка відповідає оголошенням LSA типу 1 (Router Link States), LSA типу 2 (Net Link States) проводиться з використанням відповідно команд `show ip ospf database router`, `show ip ospf database network`, а висновки по результатах дослідження формулюються самостійно.

Перейдемо тепер до розгляду таблиць маршрутизації маршрутизаторів розглядуваної схеми. Вміст таблиць маршрутизації маршрутизаторів для випадку, коли область Area 1

є повністю тупиковою, а також ввімкнено підсумовування маршрутів у напрямку області Area 0, показано на рис. 7.17–7.20.

```
Router1#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

    10.0.0.0/8 is variably subnetted, 8 subnets, 2 masks
O IA   10.32.0.0/11 [110/2] via 10.224.0.14, 00:11:55, GigabitEthernet3/0
O      10.224.0.0/30 [110/2] via 10.224.0.18, 01:42:14, FastEthernet2/0
          [110/2] via 10.224.0.6, 01:42:14, GigabitEthernet4/0
C      10.224.0.4/30 is directly connected, GigabitEthernet4/0
O      10.224.0.8/30 [110/2] via 10.224.0.18, 01:42:14, FastEthernet2/0
          [110/2] via 10.224.0.14, 01:42:14, GigabitEthernet3/0
C      10.224.0.12/30 is directly connected, GigabitEthernet3/0
C      10.224.0.16/30 is directly connected, FastEthernet2/0
C      10.224.0.20/30 is directly connected, FastEthernet1/0
O      10.224.0.24/30 [110/2] via 10.224.0.18, 01:42:14, FastEthernet2/0
```

Рис. 7.17. Таблиця маршрутизації маршрутизатора Router 1 (область Area 1 є повністю тупиковою, ввімкнено підсумовування маршрутів у напрямку області Area 0)

```
Router2#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

    10.0.0.0/8 is variably subnetted, 8 subnets, 2 masks
O IA   10.32.0.0/11 [110/2] via 10.224.0.10, 00:13:54, GigabitEthernet3/0
C      10.224.0.0/30 is directly connected, GigabitEthernet4/0
O      10.224.0.4/30 [110/2] via 10.224.0.17, 01:44:28, FastEthernet2/0
          [110/2] via 10.224.0.2, 01:44:28, GigabitEthernet4/0
C      10.224.0.8/30 is directly connected, GigabitEthernet3/0
O      10.224.0.12/30 [110/2] via 10.224.0.17, 01:44:28, FastEthernet2/0
          [110/2] via 10.224.0.10, 01:44:28, GigabitEthernet3/0
C      10.224.0.16/30 is directly connected, FastEthernet2/0
O      10.224.0.20/30 [110/2] via 10.224.0.17, 01:44:28, FastEthernet2/0
C      10.224.0.24/30 is directly connected, FastEthernet1/0
```

Рис. 7.18. Таблиця маршрутизації маршрутизатора Router 2 (область Area 1 є повністю тупиковою, ввімкнено підсумовування маршрутів у напрямку області Area 0)

```

Switch-L3-1#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

    10.0.0.0/8 is variably subnetted, 10 subnets, 2 masks
C       10.32.0.0/13 is directly connected, FastEthernet0/24
O       10.40.0.0/13 [110/2] via 10.56.0.2, 01:45:10, FastEthernet0/3
C       10.56.0.0/30 is directly connected, FastEthernet0/3
O       10.224.0.0/30 [110/2] via 10.224.0.9, 01:45:00, FastEthernet0/2
O       10.224.0.4/30 [110/2] via 10.224.0.13, 01:45:00, FastEthernet0/1
C       10.224.0.8/30 is directly connected, FastEthernet0/2
C       10.224.0.12/30 is directly connected, FastEthernet0/1
O       10.224.0.16/30 [110/2] via 10.224.0.13, 01:45:00, FastEthernet0/1
        [110/2] via 10.224.0.9, 01:45:00, FastEthernet0/2
O       10.224.0.20/30 [110/2] via 10.224.0.13, 01:45:00, FastEthernet0/1
O       10.224.0.24/30 [110/2] via 10.224.0.9, 01:45:00, FastEthernet0/2

```

Рис. 7.19. Таблиця маршрутизації комутатора третього рівня (граничного маршрутизатора) Switch-L3-1 (область Area 1 є повністю тупиковою, ввімкнено підсумовування маршрутів у напрямку області Area 0)

```

Switch-L3-2#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

    10.0.0.0/8 is variably subnetted, 11 subnets, 3 masks
O IA   10.32.0.0/11 [110/3] via 10.224.0.5, 00:15:22, FastEthernet0/1
        [110/3] via 10.224.0.1, 00:15:22, FastEthernet0/2
O       10.32.0.0/13 [110/2] via 10.56.0.1, 01:46:02, FastEthernet0/3
C       10.40.0.0/13 is directly connected, FastEthernet0/24
C       10.56.0.0/30 is directly connected, FastEthernet0/3
C       10.224.0.0/30 is directly connected, FastEthernet0/2
C       10.224.0.4/30 is directly connected, FastEthernet0/1
O       10.224.0.8/30 [110/2] via 10.224.0.1, 01:45:52, FastEthernet0/2
O       10.224.0.12/30 [110/2] via 10.224.0.5, 01:45:52, FastEthernet0/1
O       10.224.0.16/30 [110/2] via 10.224.0.5, 01:45:52, FastEthernet0/1
        [110/2] via 10.224.0.1, 01:45:52, FastEthernet0/2
O       10.224.0.20/30 [110/2] via 10.224.0.5, 01:45:52, FastEthernet0/1
O       10.224.0.24/30 [110/2] via 10.224.0.1, 01:45:52, FastEthernet0/2

```

Рис. 7.20. Таблиця маршрутизації комутатора третього рівня (граничного маршрутизатора) Switch-L3-2 (область Area 1 є повністю тупиковою, ввімкнено підсумовування маршрутів у напрямку області Area 0)

Із аналізу таблиць маршрутизації магістральних маршрутизаторів Router 1, Router 2, які знаходяться в опорній області Area 0, випливає, що таблиці маршрутизації містять маршрути до кожної з мереж цієї області, і, крім того, маршрути в інші області протоколу OSPF (у даному випадку в область Area 1), які належать до тієї самої автономної системи (ці маршрути в таблиці маршрутизації мають позначку «O IA»). Це маршрути до сумарної мережі 10.32.0.0/11 (у таблицях маршрутизації маршрутизаторів Router 1, Router 2), відповідної загальному адресному простору області Area 1, які були утворені в результаті ввімкнення підсумовування маршрутів області Area 1 (у напрямку області Area 0) на граничних маршрутизаторах. Зазначимо, що в даному випадку маршрути від обох магістральних маршрутизаторів Router 1, Router 2 до сумарної мережі 10.32.0.0/11 проходять тільки через один граничний маршрутизатор Switch-L3-1, який є єдиною точкою входу (у даний момент часу) до сумарної мережі 10.32.0.0/11.

Із аналізу таблиць маршрутизації граничних маршрутизаторів Switch-L3-1, Switch-L3-2, які одночасно належать до областей Area 0, Area 1, випливає, що таблиця маршрутизації граничного маршрутизатора Switch-L3-2, який у розглядуваний момент часу не є точкою виходу до сумарної мережі 10.32.0.0/11 (точкою виходу до сумарної мережі 10.32.0.0/11 у розглядуваний момент часу є інший граничний маршрутизатор – Switch-L3-1), містить два міжзональні маршрути в сумарну мережу 10.32.0.0/11 з однаковими метриками, які мають значення 3 (угруповання цих рівнозначних маршрутів у таблиці маршрутизації має позначку «O IA»). Зазначимо, що кожний з міжзональних маршрутів до сумарної мережі 10.32.0.0/11 проходить через окремий магістральний маршрутизатор.

Порівнюючи таблиці маршрутизації, отримані для розглядуваного випадку (область Area 1 є повністю тупиковою, ввімкнено підсумовування маршрутів у напрямку області Area 0), з таблицями маршрутизації для попереднього випадку (область Area 1 – стандартна, без підсумовування маршрутів на граничних маршрутизаторах), можна зробити висновок, що застосування підсумовування маршрутів і тупикових областей призводить до зменшення кількості маршрутів у таблицях маршрутизації.

Далі треба визначити маршрути передачі IP-пакетів (між кожною парою маршрутизаторів в обидва боки) і встановити відповідність цих маршрутів отриманим раніше таблицям маршрутизації. Визначення маршрутів передачі IP-пакетів може бути проведено шляхом застосування команди `tracert {IP-адреса}`, яку необхідно вводити до командного рядка відповідного маршрутизатора у привілейованому режимі (приклад був розглянутий вище).

І наприкінці необхідно провести дослідження роботи IP-мережі при вимкненні (відмові) трактів передачі (ліній зв'язку) між маршрутизаторами. Для цього, вимикаючи один чи одночасно декілька інтерфейсів маршрутизаторів (найзручніше вимкнення інтерфейсів виконати за допомогою графічного інтерфейсу симулятора, без використання командного рядка маршрутизаторів), необхідно перевіряти досяжність кінцевих пристроїв один одному, зробивши після цього відповідні висновки.

8. Методичні вказівки та варіанти завдань для проведення дослідження роботи протоколу OSPF в IP-мережі з двома маршрутизаторами

Схема IP-мережі з двома маршрутизаторами для проведення дослідження роботи протоколу OSPF у програмному середовищі Cisco Packet Tracer показана на рис. 8.1. У табл. 8.1 наведені варіанти завдань для побудови імітаційної моделі IP-мережі. Конкретні IP-адреси визначаються самостійно відповідно до заданого у вихідних даних адресного простору (табл. 8.1) і відображаються на схемі IP-мережі. В імітаційній моделі застосовуються маршрутизатори типу Generic, у які необхідно встановити необхідну кількість знімних модулів з електричними або оптичними портами Ethernet (WAN порти).

Дослідження проводиться в режимі візуального моделювання взаємодії мережевих компонентів у програмному середовищі Cisco Packet Tracer (у покроковому режимі). Дослідженню підлягають процеси, розглянуті в підрозд. 2.2.

Для підготовки до візуального моделювання необхідно налаштувати фільтр протоколів таким чином, щоб візуально відображувалися тільки пакети протоколу OSPF. Дослідження імітаційної моделі в режимі візуального моделювання взаємодії мережевих компонентів у покроковому режимі відбувається шляхом послідовного натискання кнопки Capture / Forward (таким чином відбувається перехід до наступного кроку). Перехід до попереднього кроку здійснюється натисканням кнопки Back.

Результатом дослідження є аналіз вмісту таблиць маршрутизації, баз даних і повідомлень протоколу OSPF у процесі його роботи, які повинні бути відображені у звіті з відповідного роду заняття.

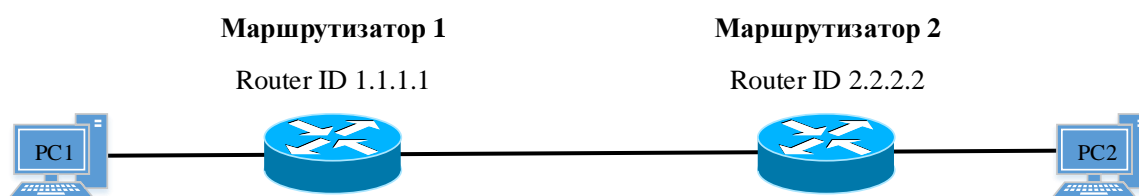


Рис. 8.1. Схема IP-мережі з двома маршрутизаторами для проведення дослідження роботи протоколу OSPF (всі маршрутизатори належать до однієї зони, тип маршрутизаторів – Generic)

Таблиця 8.1

Вихідні дані для проведення дослідження роботи протоколу OSPF в IP-мережі з двома маршрутизаторами

Варіант	Загальний адресний простір, виділений для сегмента мережі в цілому
1	2
1	10.0.0.0/13
2	10.8.0.0/13
3	10.16.0.0/13
4	10.24.0.0/13
5	10.32.0.0/13
6	10.40.0.0/13
7	10.48.0.0/13
8	10.56.0.0/13

1	2
9	10.64.0.0/13
10	10.72.0.0/13
11	10.80.0.0/13
12	10.88.0.0/13
13	10.96.0.0/13
14	10.104.0.0/13
15	10.112.0.0/13
16	10.120.0.0/13
17	10.128.0.0/13
18	10.136.0.0/13
19	10.144.0.0/13
20	10.152.0.0/13
21	10.160.0.0/13
22	10.168.0.0/13
23	10.176.0.0/13
24	10.184.0.0/13
25	10.192.0.0/13
26	10.200.0.0/13
27	10.208.0.0/13
28	10.216.0.0/13
29	10.224.0.0/13

9. Методичні вказівки та варіанти завдань для проведення дослідження роботи протоколу OSPF при розподілі домену маршрутизації на області

Схема IP-мережі для проведення дослідження роботи протоколу OSPF при розподілі домену маршрутизації на області у програмному середовищі Cisco Packet Tracer показана на рис. 9.1. У табл. 9.1 наведені варіанти завдань для проведення дослідження.

Визначення необхідних параметрів мережевого обладнання виконується відповідно до розд. 4.

Створення імітаційної моделі IP-мережі та перевірка її роботи проводиться за розд. 6. В імітаційній моделі застосовуються маршрутизатори типу Generic, у які необхідно встановити необхідну кількість знімних модулів з електричними або оптичними портами Ethernet (WAN порти). Формула для розрахунку метрики повинна бути змінена на кожному пристрої відповідно до застосовуваних інтерфейсів зі швидкістю передачі 1 Гбіт/с.

Порядок проведення дослідження роботи протоколу OSPF при розподілі домену маршрутизації на області викладений у розд. 7.

Результатом дослідження є аналіз вмісту баз даних протоколу OSPF і таблиць маршрутизації, які повинні бути відображені у звіті з відповідного роду заняття.

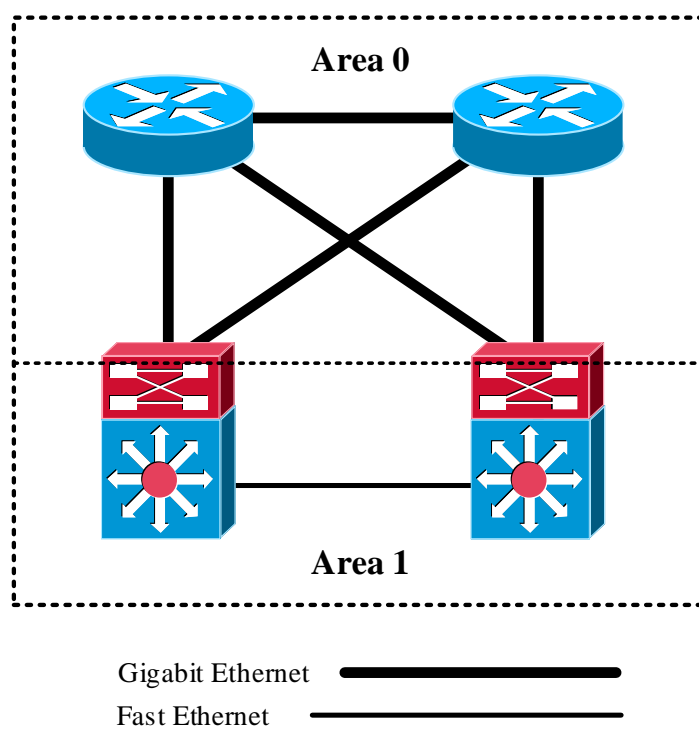


Рис. 9.1. Схема IP-мережі для проведення дослідження роботи протоколу OSPF при розподілі домену маршрутизації на області (тип маршрутизаторів – Generic, формула для розрахунку метрики повинна бути змінена на кожному пристрої відповідно до застосовуваних інтерфейсів зі швидкістю передачі 1 Гбіт/с)

Таблиця 9.1

Вихідні дані для проведення дослідження роботи протоколу OSPF в IP-мережі з двома маршрутизаторами

Варіант	Загальний адресний простір	Загальна кількість областей OSPF	Тип області Area 1, застосування підсумовування маршрутів у цій області	
			Випадок 1	Випадок 2
1	2	3	4	5
1	10.0.0.0/13	4	Стандартна, без підсумовування маршрутів	Повністю тупикова, без підсумовування маршрутів
2	10.8.0.0/13	5	Стандартна, без підсумовування маршрутів	Тупикова, без підсумовування маршрутів
3	10.16.0.0/13	6	Стандартна, без підсумовування маршрутів	Стандартна, з підсумовуванням маршрутів
4	10.24.0.0/13	7	Стандартна, без підсумовування маршрутів	Повністю тупикова, з підсумовуванням маршрутів
5	10.32.0.0/13	8	Стандартна, без підсумовування маршрутів	Тупикова, з підсумовуванням маршрутів
6	10.40.0.0/13	9	Повністю тупикова, без підсумовування маршрутів	Повністю тупикова, з підсумовуванням маршрутів
7	10.48.0.0/13	10	Тупикова, без підсумовування маршрутів	Тупикова, з підсумовуванням маршрутів
8	10.56.0.0/13	11	Повністю тупикова, без підсумовування маршрутів	Тупикова, без підсумовування маршрутів

Продовження табл. 9.1

1	2	3	4	5
9	10.64.0.0/13	12	Стандартна, без підсумовування маршрутів	Повністю тупикова, без підсумовування маршрутів
10	10.72.0.0/13	13	Стандартна, без підсумовування маршрутів	Тупикова, без підсумовування маршрутів
11	10.80.0.0/13	14	Стандартна, без підсумовування маршрутів	Стандартна, з підсумовуванням маршрутів
12	10.88.0.0/13	15	Стандартна, без підсумовування маршрутів	Повністю тупикова, з підсумовуванням маршрутів
13	10.96.0.0/13	16	Стандартна, без підсумовування маршрутів	Тупикова, з підсумовуванням маршрутів
14	10.104.0.0/13	4	Повністю тупикова, без підсумовування маршрутів	Повністю тупикова, з підсумовуванням маршрутів
15	10.112.0.0/13	5	Тупикова, без підсумовування маршрутів	Тупикова, з підсумовуванням маршрутів
16	10.120.0.0/13	6	Повністю тупикова, без підсумовування маршрутів	Тупикова, без підсумовування маршрутів
17	10.128.0.0/13	7	Стандартна, без підсумовування маршрутів	Повністю тупикова, без підсумовування маршрутів
18	10.136.0.0/13	8	Стандартна, без підсумовування маршрутів	Тупикова, без підсумовування маршрутів

Продовження табл. 9.1

1	2	3	4	5
19	10.144.0.0/13	9	Стандартна, без підсумовування маршрутів	Стандартна, з підсумовуванням маршрутів
20	10.152.0.0/13	10	Стандартна, без підсумовування маршрутів	Повністю тупикова, з підсумовуванням маршрутів
21	10.160.0.0/13	11	Стандартна, без підсумовування маршрутів	Тупикова, з підсумовуванням маршрутів
22	10.168.0.0/13	12	Повністю тупикова, без підсумовування маршрутів	Повністю тупикова, з підсумовуванням маршрутів
23	10.176.0.0/13	13	Тупикова, без підсумовування маршрутів	Тупикова, з підсумовуванням маршрутів
24	10.184.0.0/13	14	Повністю тупикова, без підсумовування маршрутів	Тупикова, без підсумовування маршрутів
25	10.192.0.0/13	15	Стандартна, без підсумовування маршрутів	Повністю тупикова, без підсумовування маршрутів
26	10.200.0.0/13	16	Стандартна, без підсумовування маршрутів	Тупикова, без підсумовування маршрутів
27	10.208.0.0/13	4	Стандартна, без підсумовування маршрутів	Стандартна, з підсумовуванням маршрутів
28	10.216.0.0/13	5	Стандартна, без підсумовування маршрутів	Повністю тупикова, з підсумовуванням маршрутів
29	10.224.0.0/13	6	Стандартна, без підсумовування маршрутів	Тупикова, з підсумовуванням маршрутів

10. Додаткові варіанти завдань для проведення дослідження роботи протоколу OSPF

На рис. 10.1–10.18 показані варіанти завдань для проведення дослідження роботи протоколу OSPF під час самостійної роботи у програмному середовищі імітаційного моделювання Cisco Packet Tracer. Визначення параметрів схеми IP-мережі та проведення дослідження роботи протоколу OSPF виконується за методичними вказівками, наведеними відповідно в розд. 4 та 7.

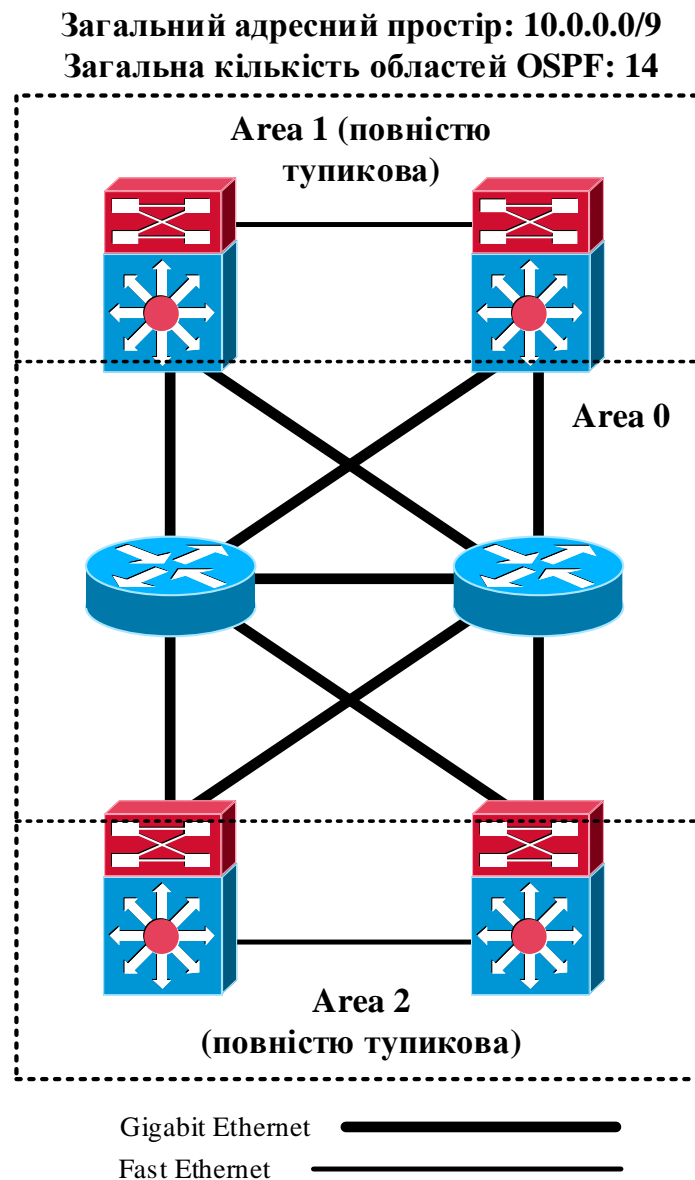


Рис. 10.1. Варіант 1 (дослідження проводити для випадків ввімкненого та вимкненого підсумовування маршрутів у напрямку опорної області)

Загальний адресний простір: 10.0.0.0/10
Загальна кількість областей OSPF: 11

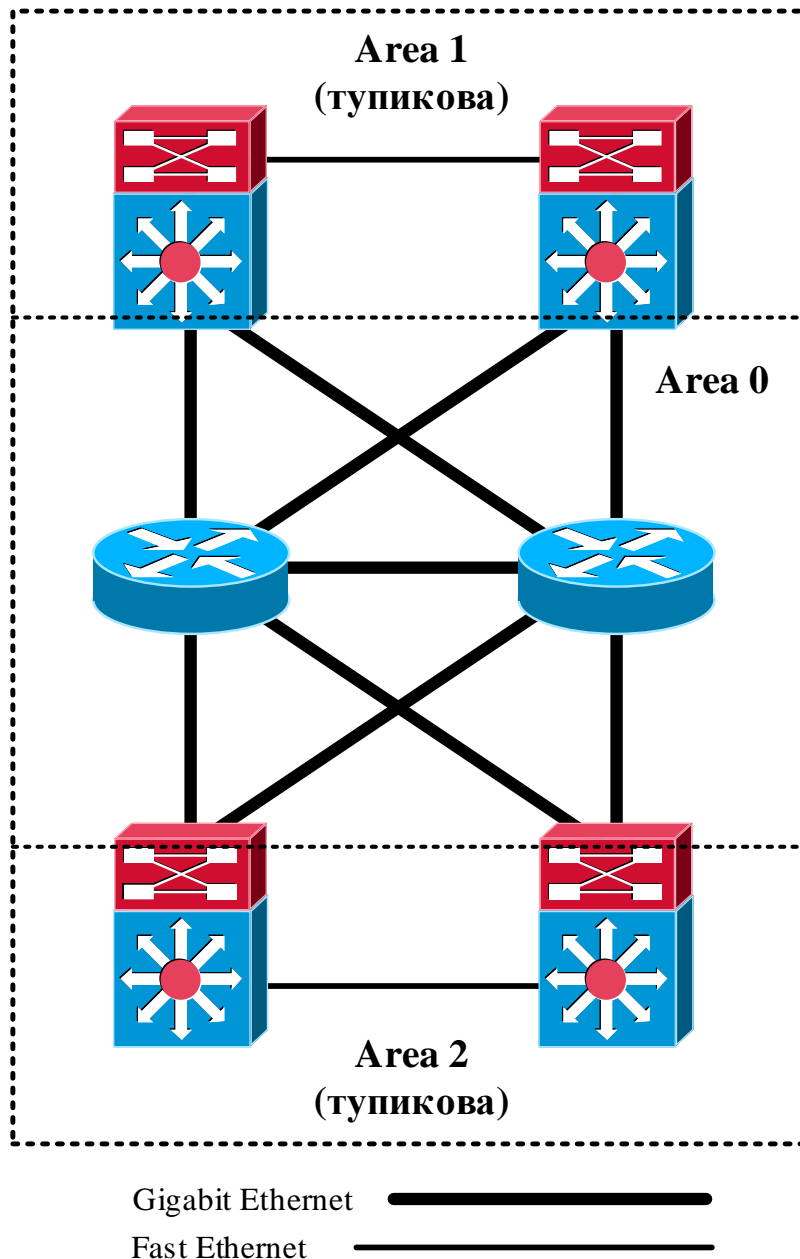


Рис. 10.2. Варіант 2 (дослідження проводити для випадків ввімкненого та вимкненого підсумовування маршрутів у напрямку опорної області)

Загальний адресний простір: 10.0.0.0/11
Загальна кількість областей OSPF: 12

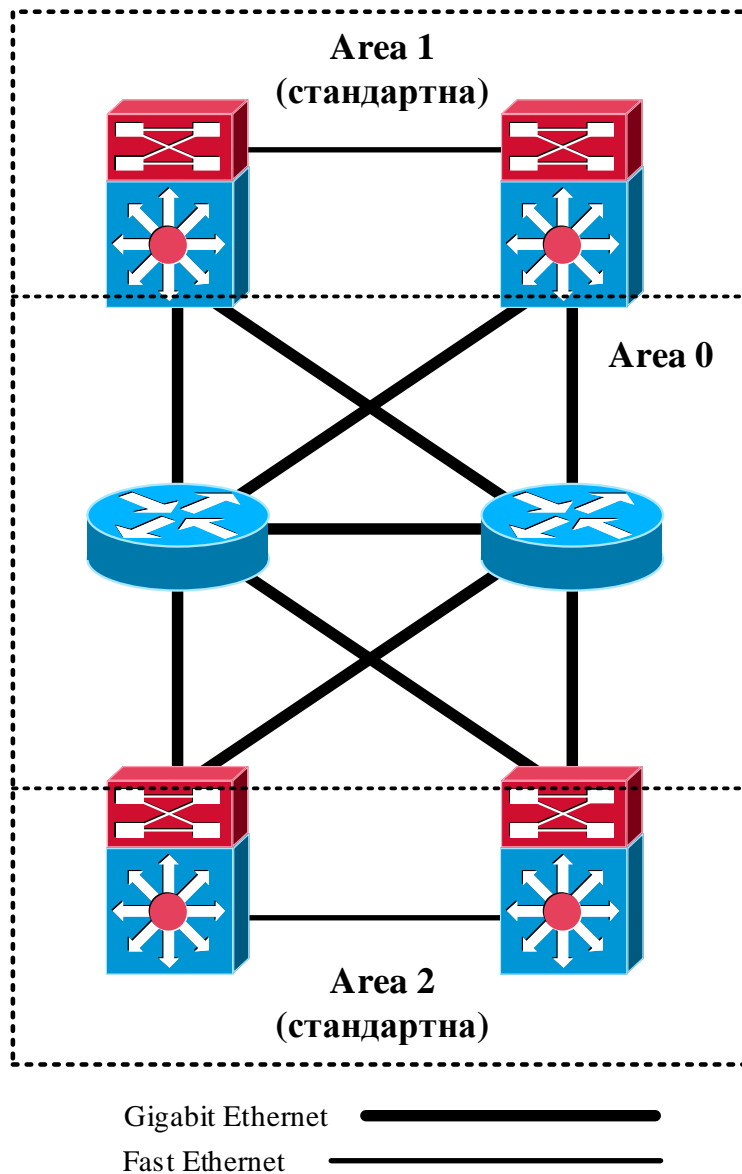


Рис. 10.3. Варіант 3 (дослідження проводити для випадків ввімкненого та вимкненого підсумовування маршрутів у напрямку опорної області)

Загальний адресний простір: 10.0.0.0/12
Загальна кількість областей OSPF: 14

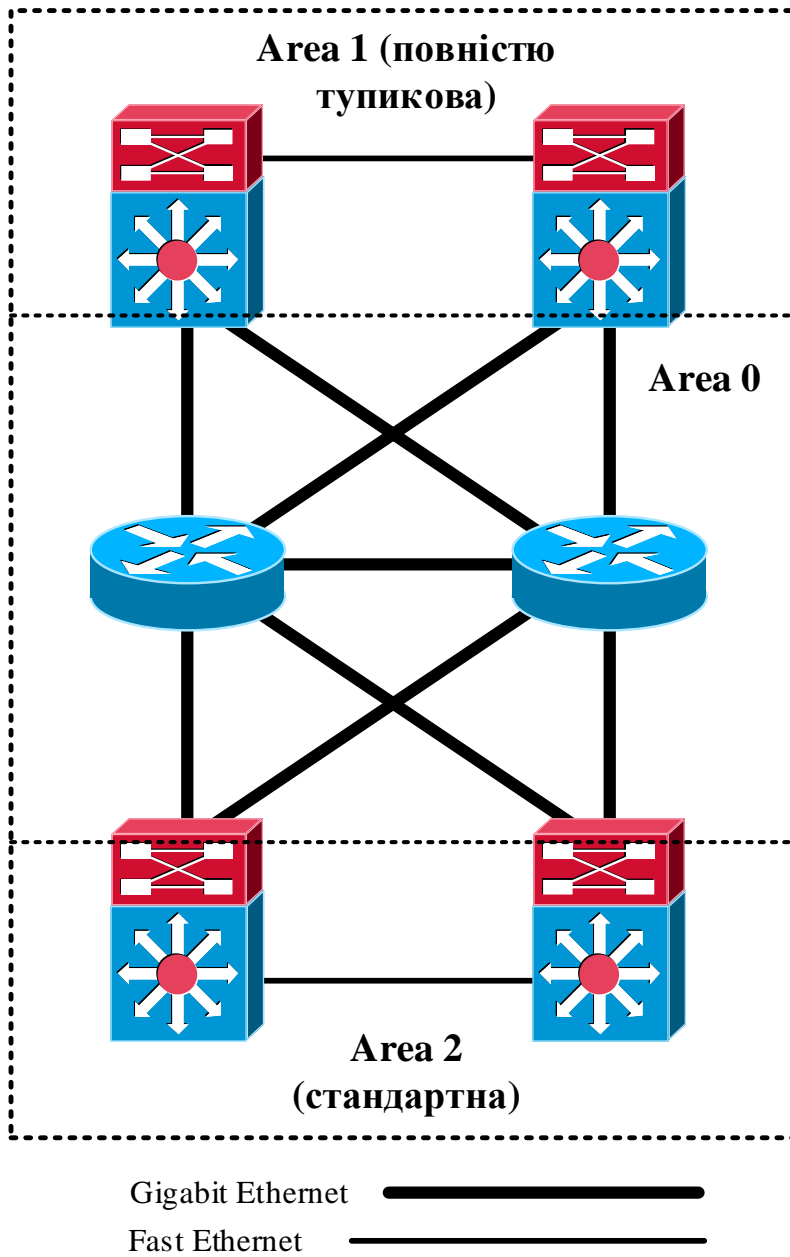


Рис. 10.4. Варіант 4 (дослідження проводити для випадків ввімкненого та вимкненого підсумовування маршрутів у напрямку опорної області)

Загальний адресний простір: 10.0.0.0/13
Загальна кількість областей OSPF: 11

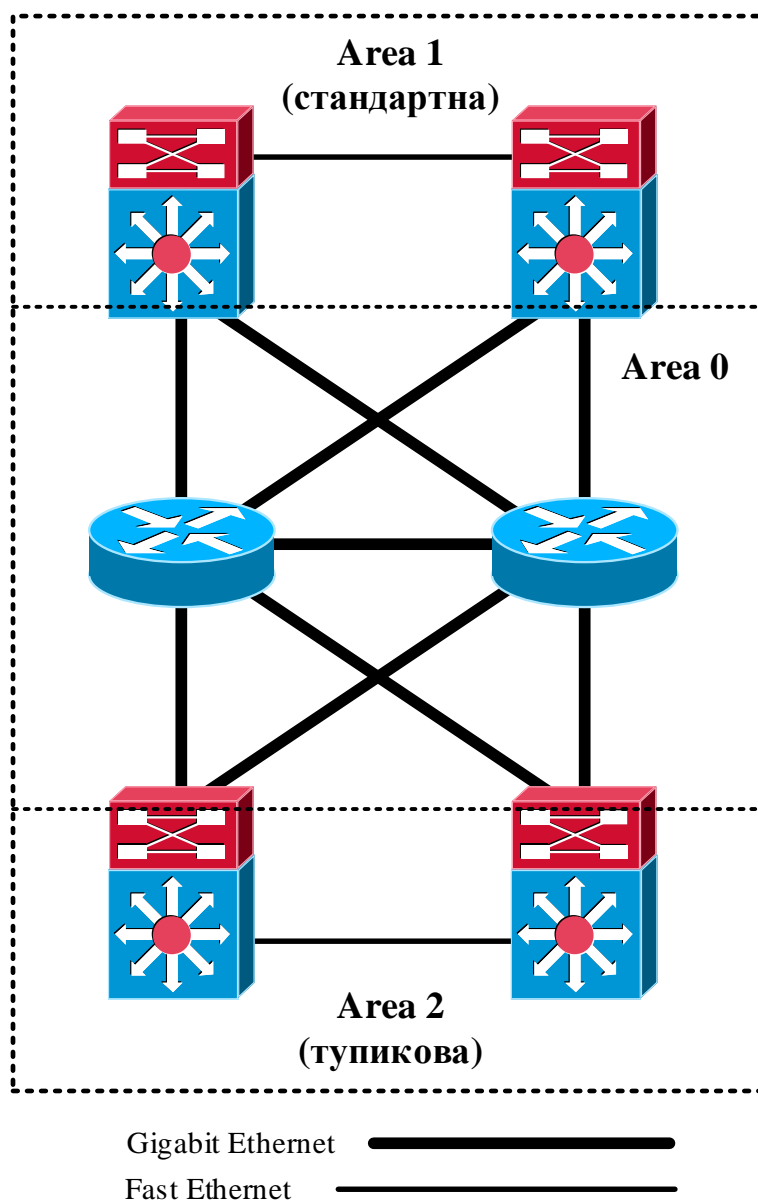


Рис. 10.5. Варіант 5 (дослідження проводити для випадків ввімкненого та вимкненого підсумовування маршрутів у напрямку опорної області)

Загальний адресний простір: 10.0.0.0/14
Загальна кількість областей OSPF: 7

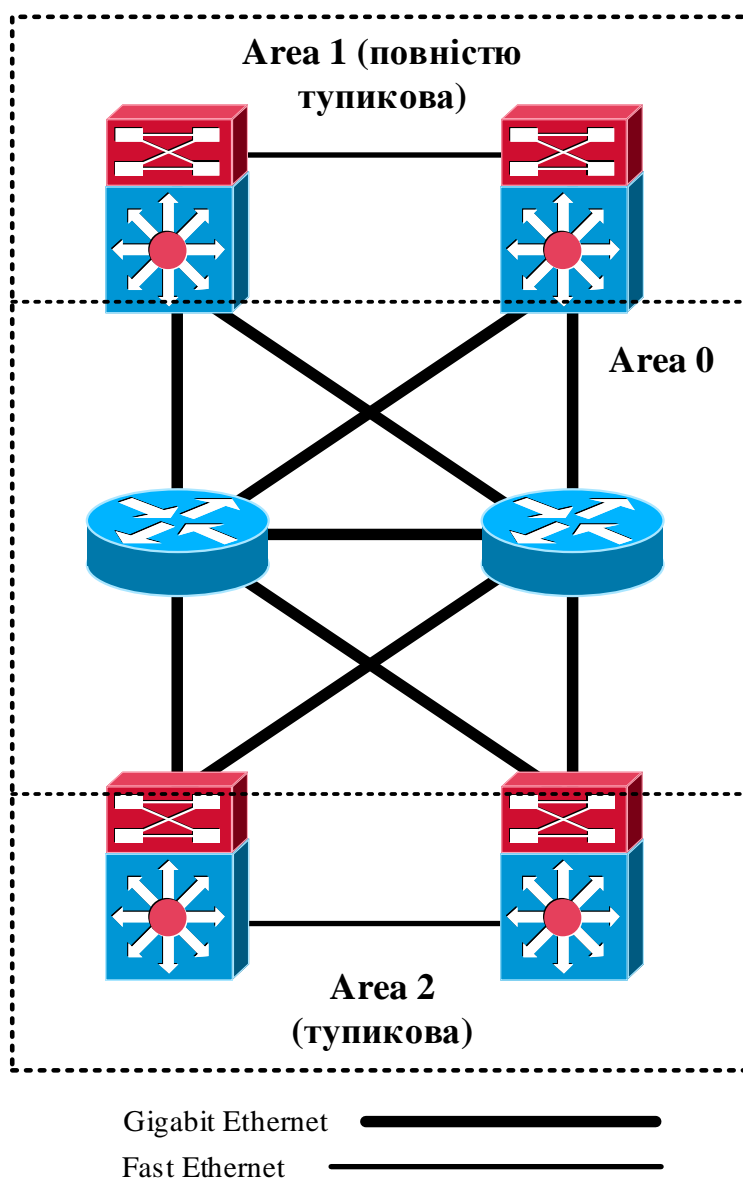


Рис. 10.6. Варіант 6 (дослідження проводити для випадків ввімкненого та вимкненого підсумовування маршрутів у напрямку опорної області)

Загальний адресний простір: 10.0.0.0/15
Загальна кількість областей OSPF: 4

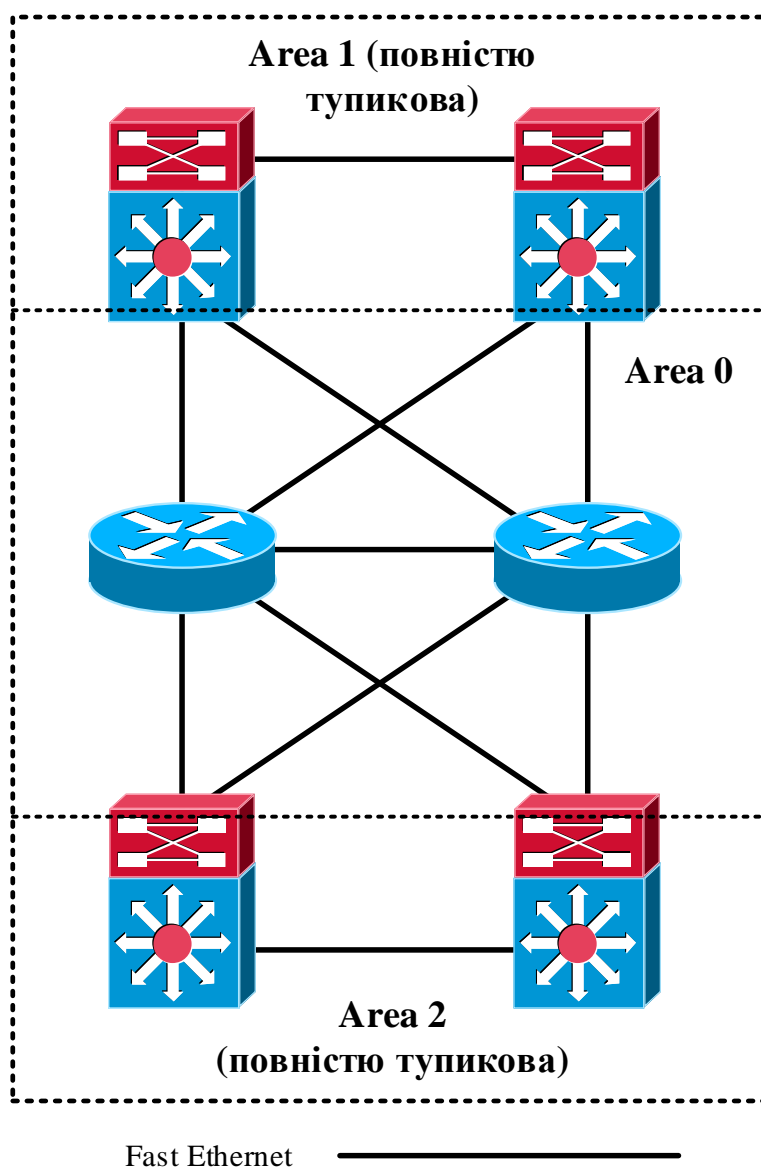


Рис. 10.7. Варіант 7 (дослідження проводити для випадків ввімкненого та вимкненого підсумовування маршрутів у напрямку опорної області)

Загальний адресний простір: 10.0.0.0/16
Загальна кількість областей OSPF: 8

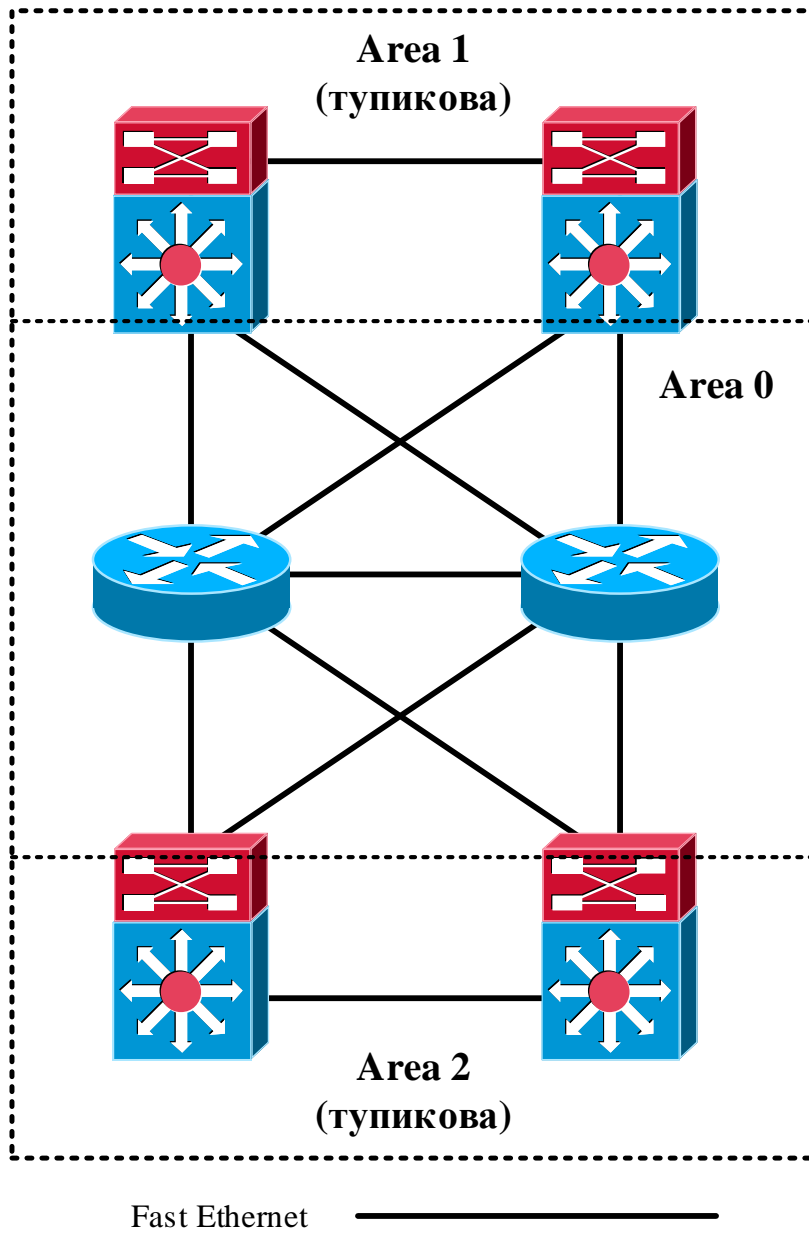


Рис. 10.8. Варіант 8 (дослідження проводити для випадків ввімкненого та вимкненого підсумовування маршрутів у напрямку опорної області)

Загальний адресний простір: 10.0.0.0/17
Загальна кількість областей OSPF: 10

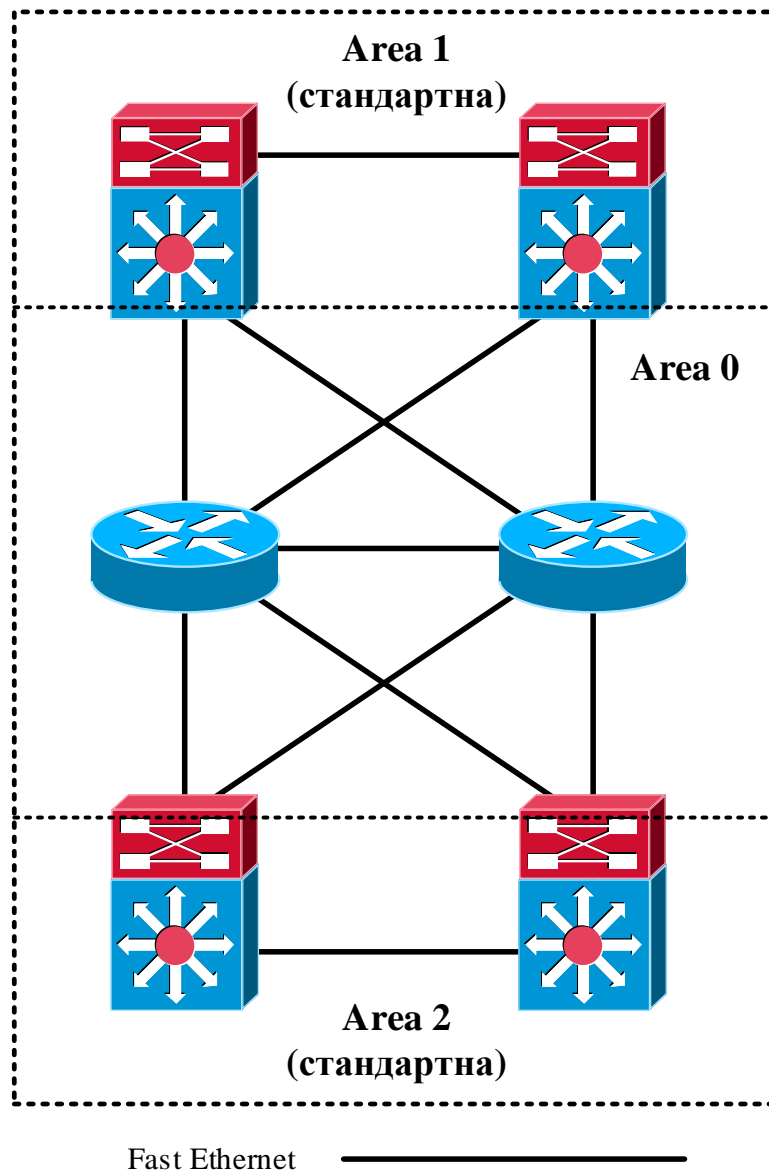


Рис. 10.9. Варіант 9 (дослідження проводити для випадків ввімкненого та вимкненого підсумовування маршрутів у напрямку опорної області)

Загальний адресний простір: 10.208.0.0/13
Загальна кількість областей OSPF: 8

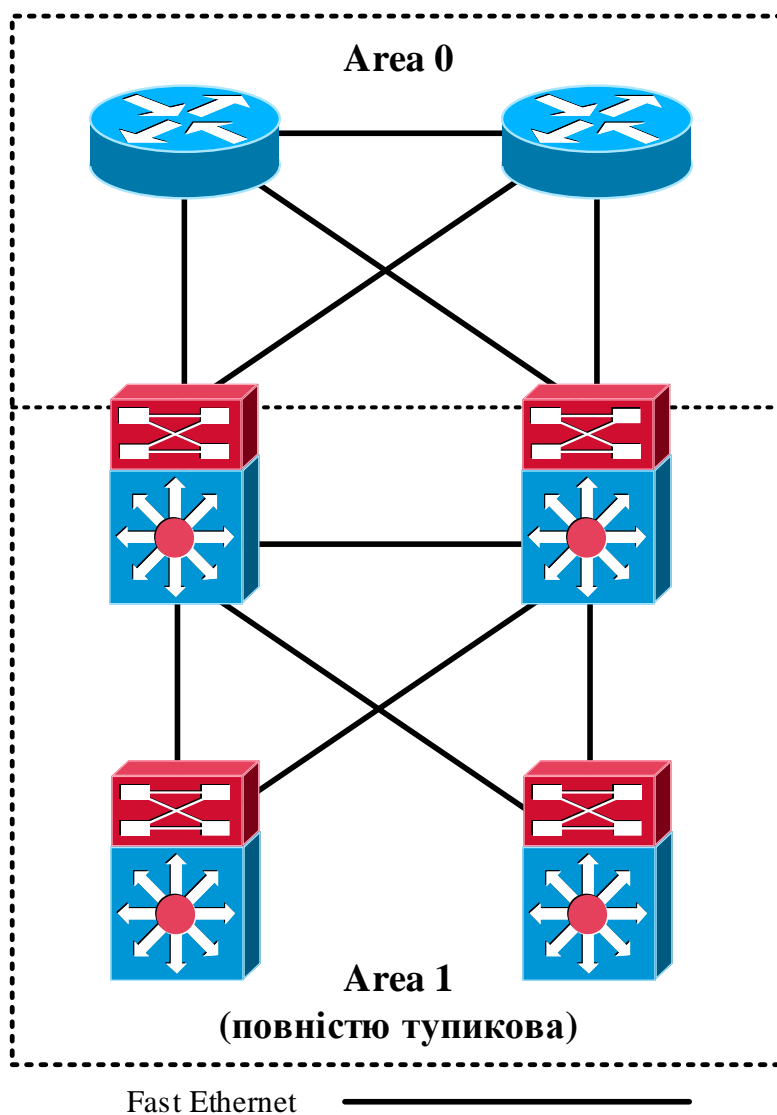


Рис. 10.10. Варіант 10 (дослідження проводити для випадків ввімкненого та вимкненого підсумовування маршрутів у напрямку опорної області)

Загальний адресний простір: 10.8.0.0/13
Загальна кількість областей OSPF: 12

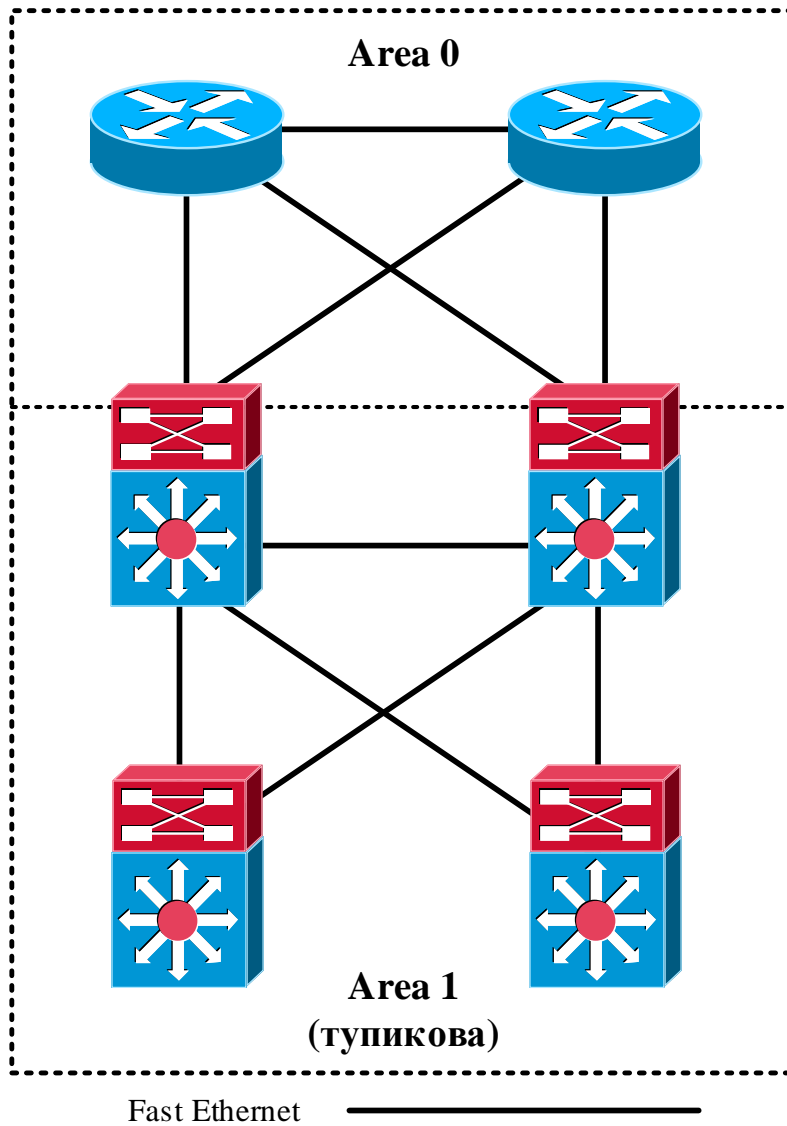


Рис. 10.11. Варіант 11 (дослідження проводити для випадків ввімкненого та вимкненого підсумовування маршрутів у напрямку опорної області)

Загальний адресний простір: 10.16.0.0/13
Загальна кількість областей OSPF: 6

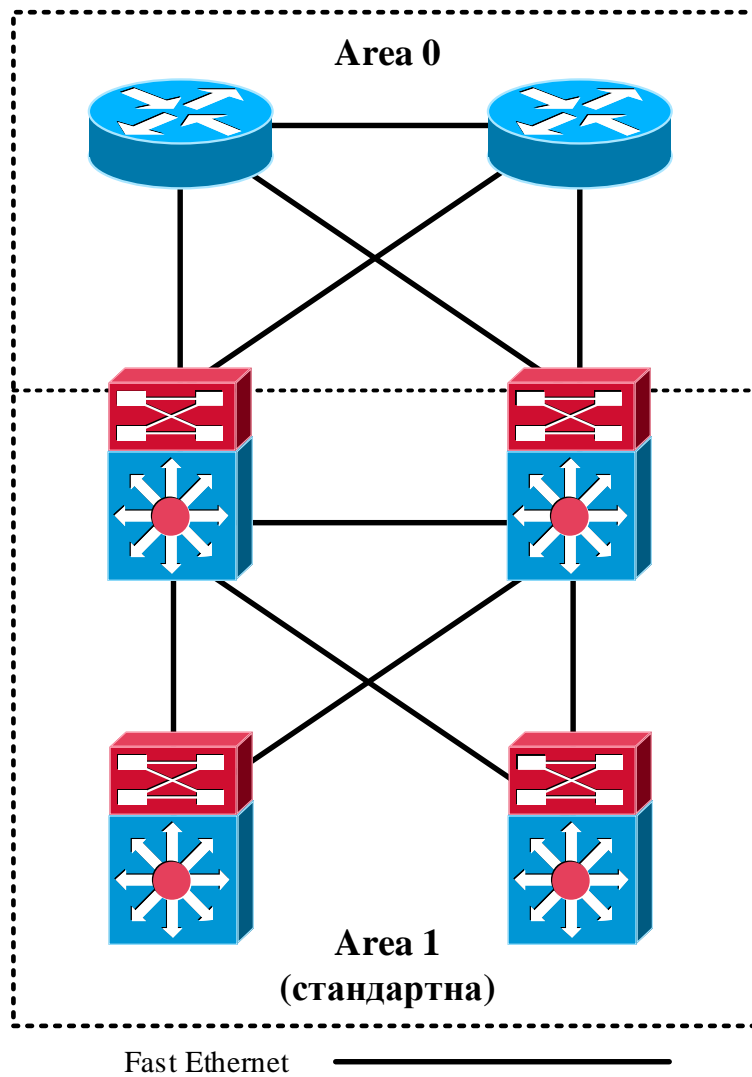


Рис. 10.12. Варіант 12 (дослідження проводити для випадків ввімкненого та вимкненого підсумовування маршрутів у напрямку опорної області)

Загальний адресний простір: 10.24.0.0/13
Загальна кількість областей OSPF: 8

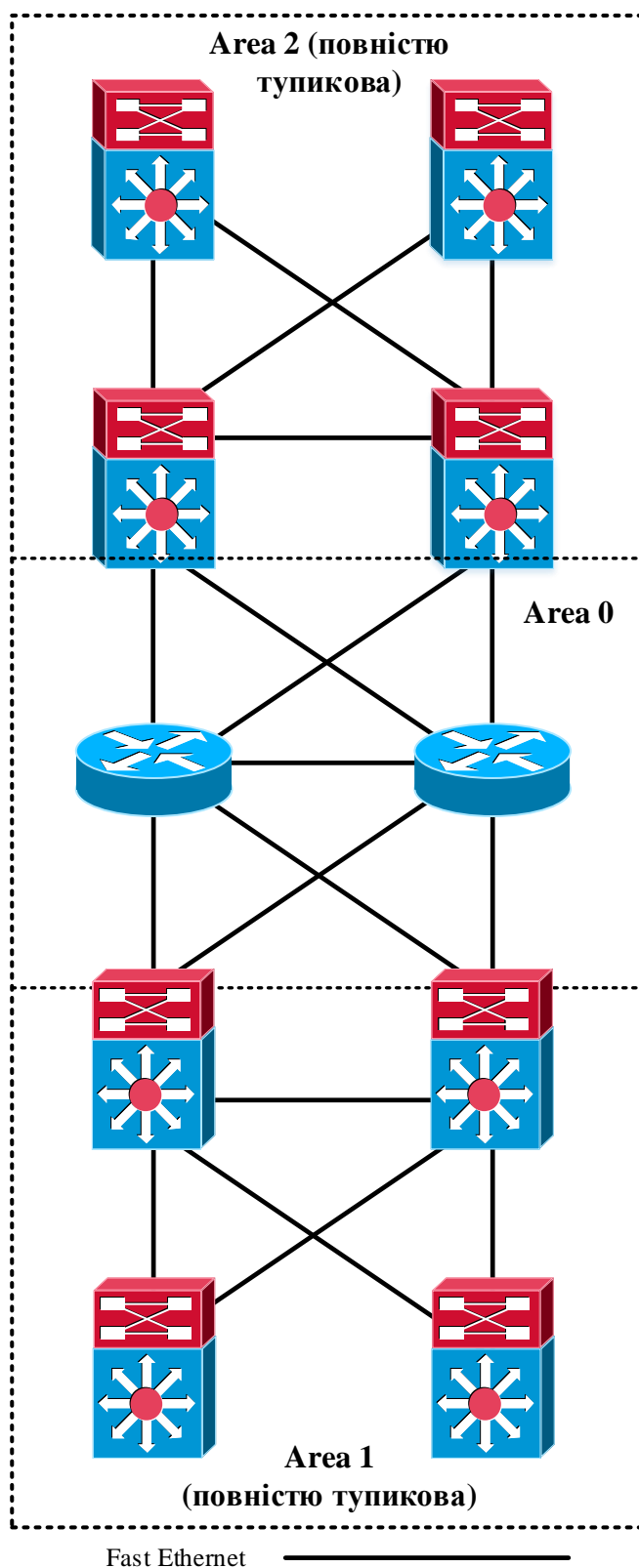


Рис. 10.13. Варіант 13 (дослідження проводити для випадків ввімкненого та вимкненого підсумовування маршрутів у напрямку опорної області)

Загальний адресний простір: 10.168.0.0/13
Загальна кількість областей OSPF: 9

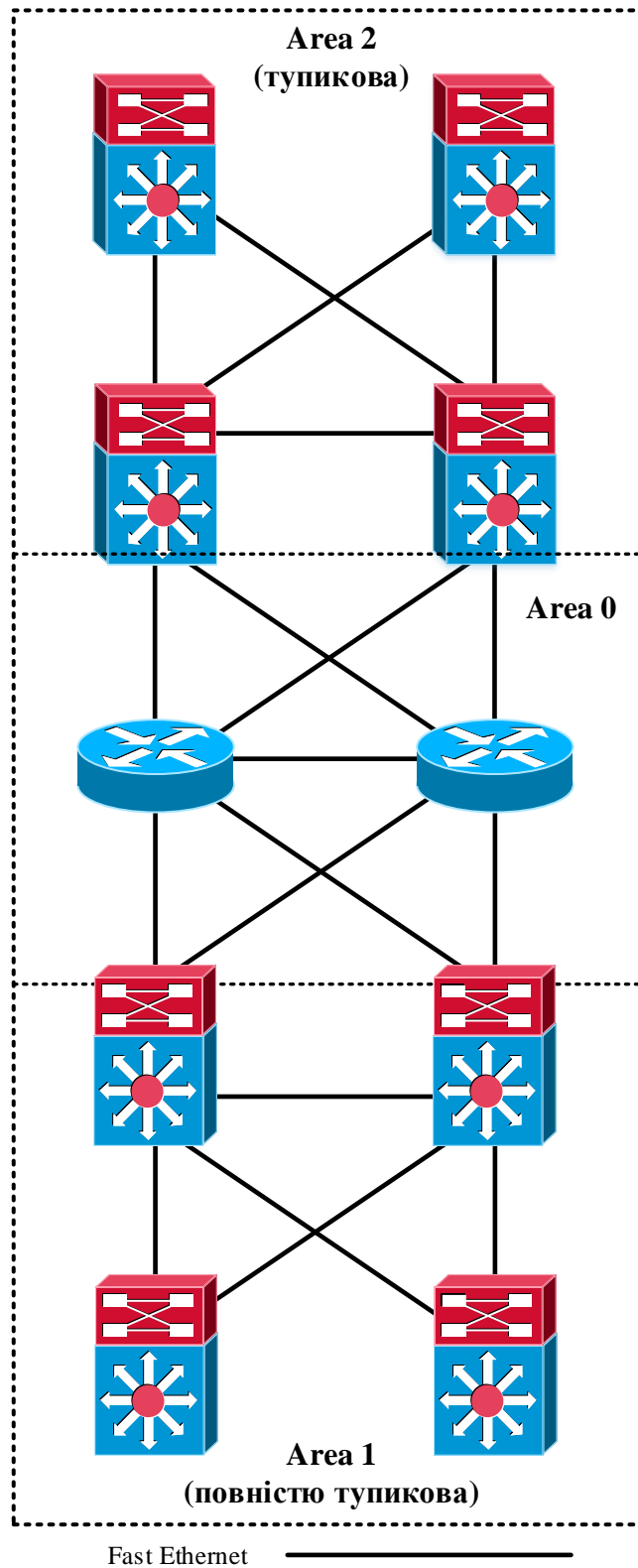


Рис. 10.14. Варіант 14 (дослідження проводити для випадків ввімкненого та вимкненого підсумовування маршрутів у напрямку опорної області)

Загальний адресний простір: 10.32.0.0/13
Загальна кількість областей OSPF: 10

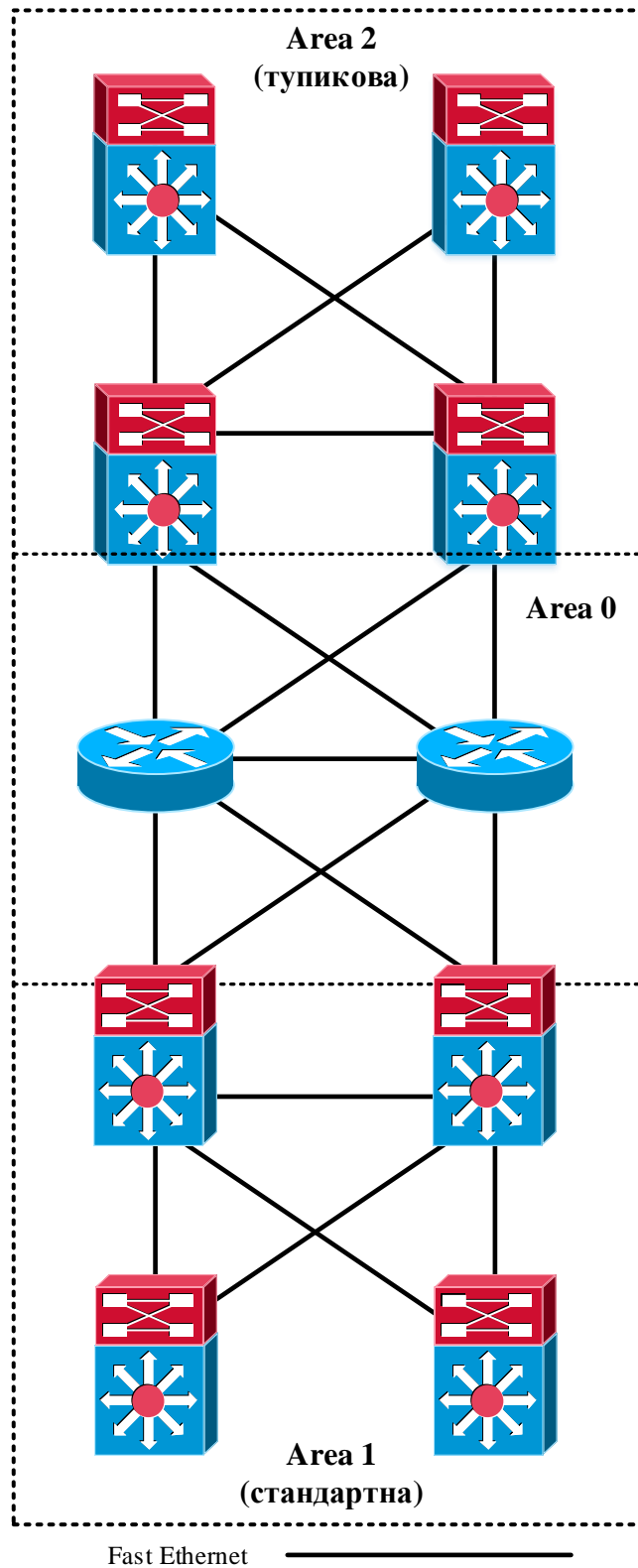


Рис. 10.15. Варіант 15 (дослідження проводити для випадків ввімкненого та вимкненого підсумовування маршрутів у напрямку опорної області)

Загальний адресний простір: 10.56.0.0/13
Загальна кількість областей OSPF: 5

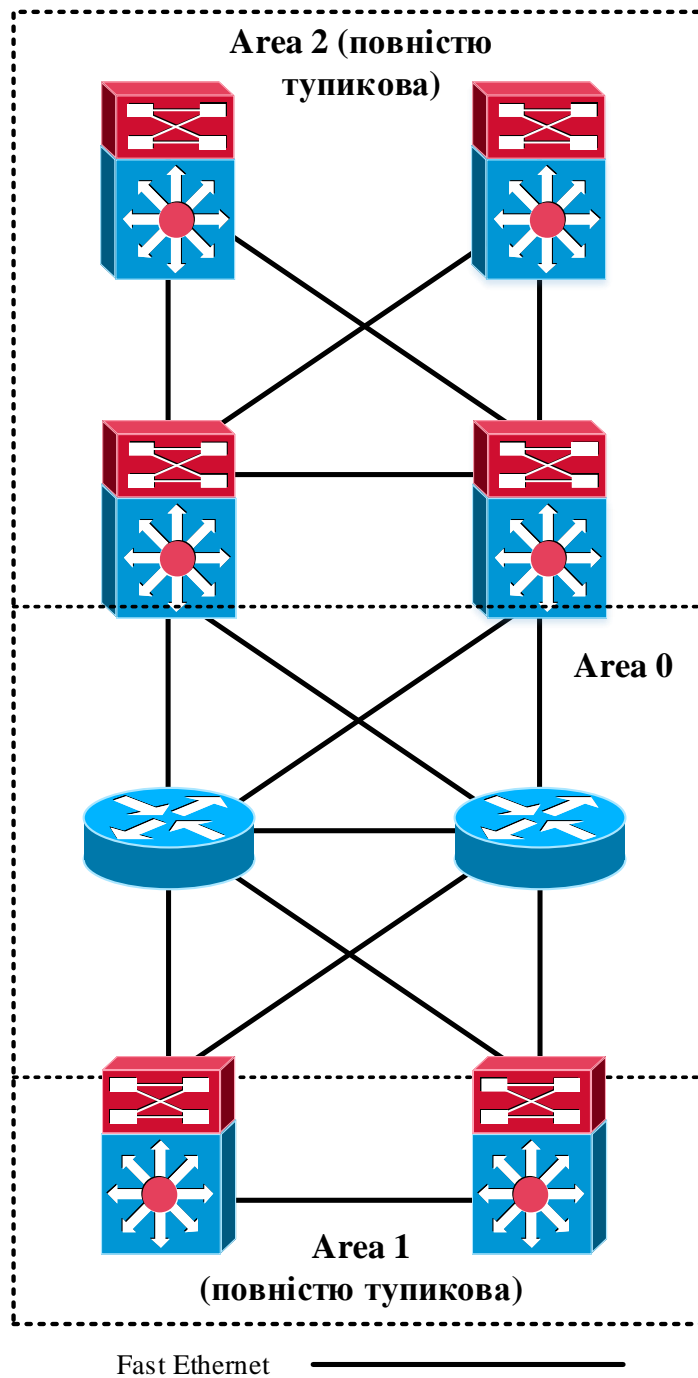


Рис. 10.16. Варіант 16 (дослідження проводити для випадків ввімкненого та вимкненого підсумовування маршрутів у напрямку опорної області)

Загальний адресний простір: 10.64.0.0/13
Загальна кількість областей OSPF: 6

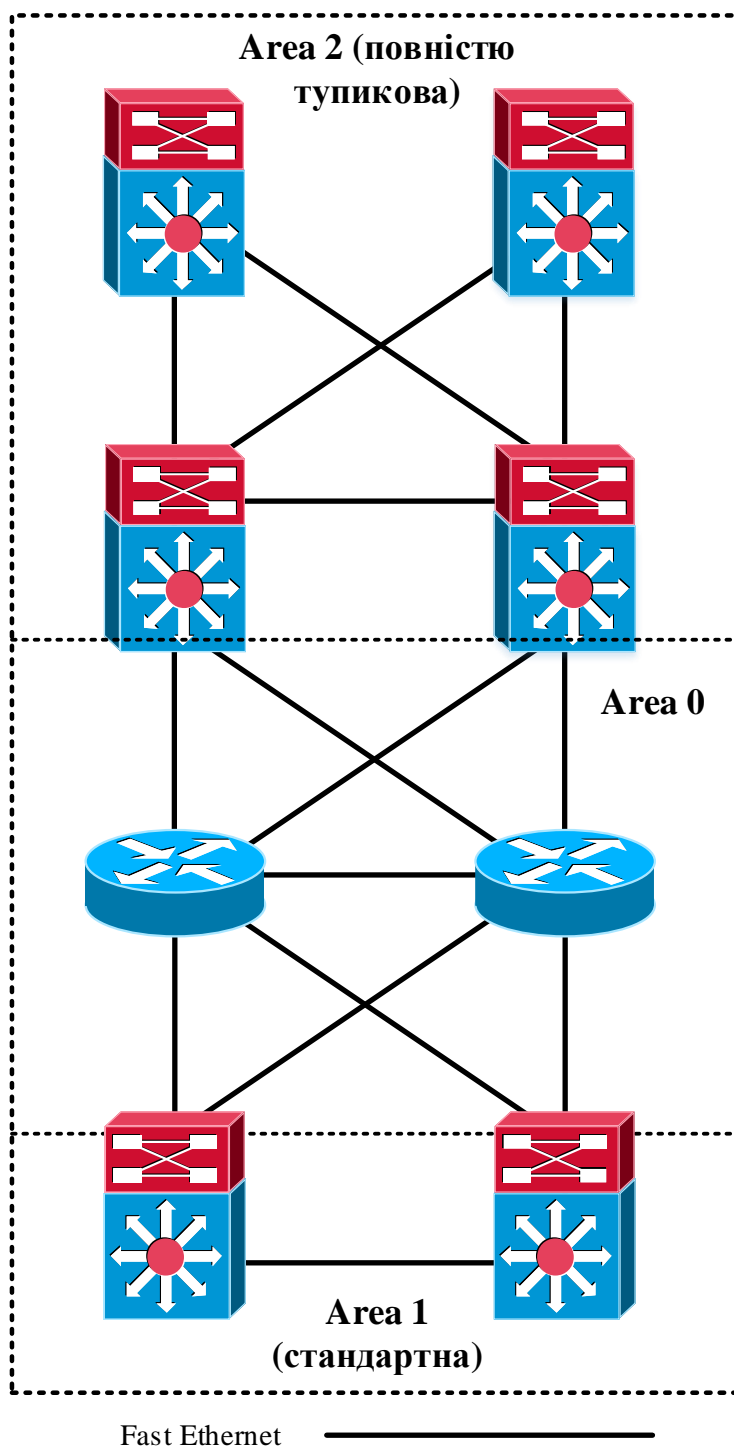


Рис. 10.17. Варіант 17 (дослідження проводити для випадків ввімкненого та вимкненого підсумовування маршрутів у напрямку опорної області)

Загальний адресний простір: 10.72.0.0/13
Загальна кількість областей OSPF: 7

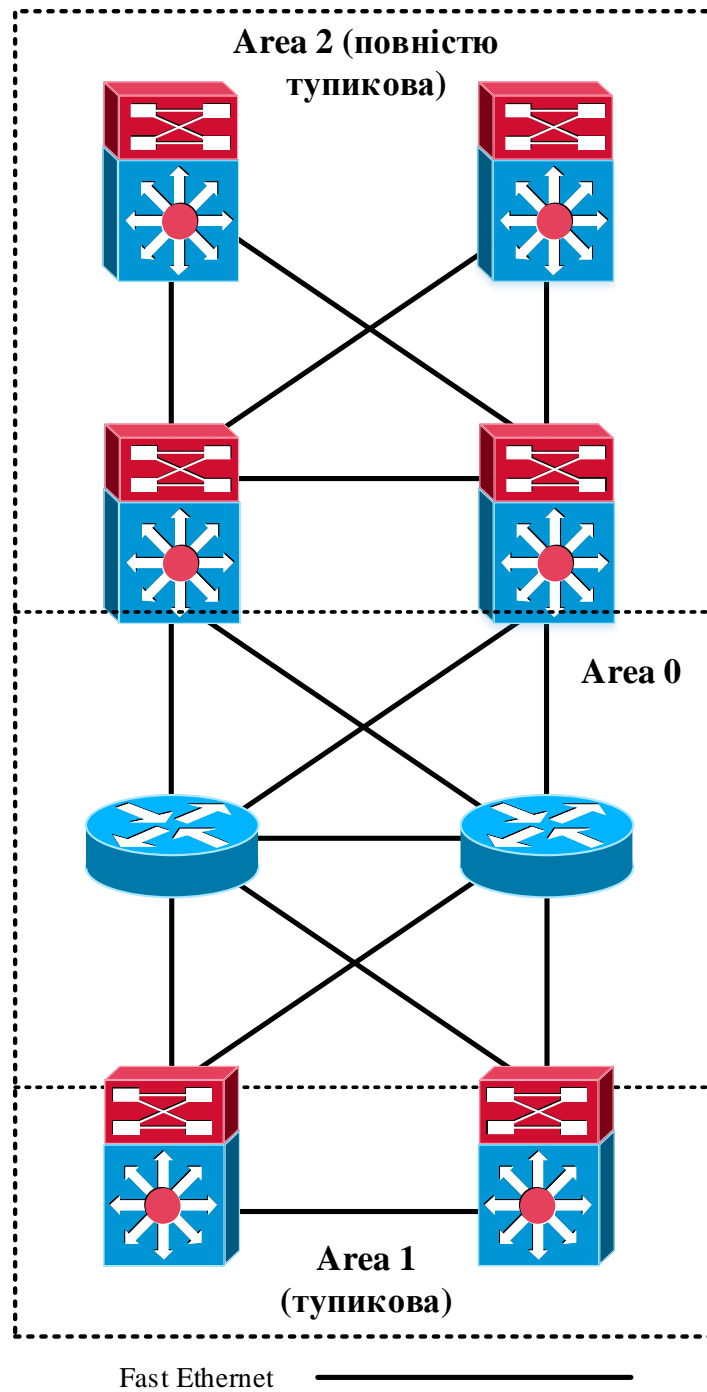


Рис. 10.18. Варіант 18 (дослідження проводити для випадків ввімкненого та вимкненого підсумовування маршрутів у напрямку опорної області)

11. Типові завдання для проведення тестового контролю знань

11.1. Загальні питання з динамічної маршрутизації та протоколу OSPF

Q1. Увага! Питання з декількома правильними відповідями. Розподілені протоколи маршрутизації:

V1) передбачають збір та обробку інформації про топологію мережі всіма маршрутизаторами мережі;

V2) передбачають, що кожний маршрутизатор самостійно будує таблицю маршрутизації на основі даних, отриманих від інших маршрутизаторів мережі;

V3) не передбачають спеціально виділеного маршрутизатора для збору та обробки інформації про топологію мережі;

V4) передбачають наявність спеціально виділеного маршрутизатора для збору та обробки інформації про топологію мережі;

V5) передбачають побудову виділеним маршрутизатором таблиць маршрутизації для всіх маршрутизаторів мережі.

Q2. Увага! Питання з декількома правильними відповідями. Централізовані протоколи маршрутизації:

V1) передбачають збір та обробку інформації про топологію мережі всіма маршрутизаторами мережі;

V2) передбачають, що кожний маршрутизатор самостійно будує таблицю маршрутизації на основі даних, отриманих від інших маршрутизаторів мережі;

V3) не передбачають спеціально виділеного маршрутизатора для збору та обробки інформації про топологію мережі;

V4) передбачають наявність спеціально виділеного маршрутизатора для збору та обробки інформації про топологію мережі;

V5) передбачають побудову виділеним маршрутизатором таблиць маршрутизації для всіх маршрутизаторів мережі.

Q3. Увага! Питання з декількома правильними відповідями. Залежно від алгоритму пошуку оптимального за

заданим критерієм маршруту більшість протоколів маршрутизації можна поділити:

- V1) на дистанційно-векторні протоколи маршрутизації;
- V2) протоколи стану каналів зв'язку;;
- V3) дистанційно-каналні протоколи маршрутизації;
- V4) канално-векторні протоколи маршрутизації;
- V5) протоколи стану маршрутизаторів.

Q4. Увага! Питання з декількома правильними відповідями. Який тип протоколу маршрутизації передбачає періодичне та широкомовне розсилання по мережі кожним маршрутизатором повідомлення, компонентами якого є номери всіх відомих йому мереж і метрики шляхів від даного маршрутизатора до цих мереж:

- V1) дистанційно-векторний протокол маршрутизації;
- V2) протокол стану каналів зв'язку;
- V3) дистанційно-каналний протокол маршрутизації;
- V4) канално-векторний протокол маршрутизації;
- V5) протокол стану маршрутизатора.

Q5. Увага! Питання з декількома правильними відповідями. Недоліками дистанційно-векторних протоколів маршрутизації є:

V1) великий об'єм передаваної службової інформації, оскільки періодичні оголошення розсилаються навіть якщо не відбулося жодних змін у мережі;

V2) можливість некоректного, у деяких випадках, відпрацювання змін у конфігурації мережі (можливість зациклення IP-пакетів, поява неправильних, неіснуючих у дійсності, маршрутів), оскільки маршрутизатори не мають інформації про топологію всієї мережі, а мають тільки узагальнену інформацію – перелік мереж і відстаней (метрик) до них;

V3) порівняно великий час конвергенції (час узгодження таблиць маршрутизації після виникнення змін у топології мережі);

V4) відносно велика обчислювальна складність алгоритму пошуку маршрутів;

V5) підвищені вимоги до швидкодії апаратної частини маршрутизатора, що призводить до підвищення вартості обладнання.

Q6. Увага! Питання з декількома правильними відповідями. Недоліками протоколів маршрутизації стану каналів зв'язку є:

V1) великий об'єм передаваної службової інформації, оскільки періодичні оголошення розсилаються навіть якщо не відбулося жодних змін у мережі;

V2) можливість некоректного, у деяких випадках, відпрацювання змін у конфігурації мережі (можливість зациклення IP-пакетів, поява неправильних, неіснуючих у дійсності, маршрутів), оскільки маршрутизатори не мають інформації про топологію всієї мережі, а мають тільки узагальнену інформацію – перелік мереж і відстаней (метрик) до них;

V3) порівняно великий час конвергенції (час узгодження таблиць маршрутизації після виникнення змін у топології мережі);

V4) відносно велика обчислювальна складність алгоритму пошуку маршрутів;

V5) підвищені вимоги до швидкодії апаратної частини маршрутизатора, що призводить до підвищення вартості обладнання.

Q7. Протоколом маршрутизації стану каналів зв'язку є:

V1) OSPF;

V2) RIP;

V3) IGP;

V4) EGP;

V5) AS.

Q8. Дистанційно-векторним протоколом маршрутизації є:

V1) OSPF;

V2) RIP;

V3) IGP;

V4) EGP;

V5) AS.

Q9. Увага! Питання з декількома правильними відповідями. Маршрутизація між автономними ситемами здійснюється під керуванням:

V1) зовнішнього шлюзового протоколу;

- V2) протоколу BGP (Border Gateway Protocol);
- V3) внутрішнього шлюзового протоколу;
- V4) протоколу RIP;
- V5) протоколу OSPF.

Q10. Увага! Питання з декількома правильними відповідями. Маршрутизація усередині автономної системи здійснюється під керуванням:

- V1) зовнішнього шлюзового протоколу;
- V2) протоколу BGP (Border Gateway Protocol);
- V3) внутрішнього шлюзового протоколу;
- V4) протоколу RIP;
- V5) протоколу OSPF.

Q11. Зовнішнім шлюзовим протоколом маршрутизації є протокол:

- V1) BGP;
- V2) RIP;
- V3) OSPF;
- V4) IS-IS;
- V5) AS.

Q12. Увага! Питання з декількома правильними відповідями. Внутрішніми шлюзовими протоколами маршрутизації є протоколи:

- V1) BGP;
- V2) RIP;
- V3) OSPF;
- V4) IS;
- V5) AS.

Q13. Для пошуку маршруту маршрутизатором використовується граф мережі у випадку застосування:

- V1) дистанційно-векторного протоколу маршрутизації;
- V2) протоколу стану каналів зв'язку;
- V3) дистанційно-каналного протоколу маршрутизації;
- V4) канално-векторного протоколу маршрутизації;
- V5) протоколу стану маршрутизатора.

Q14. Увага! Питання з декількома правильними відповідями. Протоколи стану каналів зв'язку передбачають:

V1) періодичний обмін короткими повідомленнями HELLO з суміжними маршрутизаторами;

V2) розсилання повідомлень з інформацією про топологію мережі тільки у випадку виявлення зміни стану каналу зв'язку;

V3) виявлення змін стану каналів зв'язку шляхом обміну з суміжними маршрутизаторами короткими повідомленнями HELLO;

V4) періодичне та ширококомвне розсилання по мережі кожним маршрутизатором повідомлення, компонентами якого є номери всіх відомих йому мереж і метрики шляхів від даного маршрутизатора до цих мереж;

V5) обмін короткими пакетами HELLO з суміжними маршрутизаторами тільки у випадку виявлення зміни стану каналу зв'язку.

Q15. Повідомлення HELLO протоколу OSPF призначено:

V1) для контролю за станом зв'язків між суміжними маршрутизаторами;

V2) перенесення інформації про топологію мережі;

V3) перенесення інформації, що описує базу даних маршрутизатора;

V4) підтвердження приймання повідомлення опису бази даних;

V5) перенесення запиту детальної інформації.

Q16. Оголошення про стан зв'язків мережі LSA (Link State Advertisements) протоколу OSPF призначено:

V1) для контролю за станом зв'язків між суміжними маршрутизаторами;

V2) перенесення інформації про топологію мережі;

V3) перенесення інформації, що описує базу даних маршрутизатора;

V4) підтвердження приймання повідомлення опису бази даних;

V5) перенесення запиту детальної інформації.

Q17. Для пошуку маршрутів у мережі протокол OSPF застосовує алгоритм:

- V1) Дейкстри;
- V2) Форда-Фалкерсона;
- V3) Флойда;
- V4) Прима;
- V5) Краскала.

Q18. У протоколі OSPF реалізована:

- V1) однокрокова маршрутизація;
- V2) багатокрокова маршрутизація;
- V3) маршрутизація від джерела;
- V4) послідовна маршрутизація;
- V5) централізована маршрутизація.

Q19. Протокол OSPF формує записи про стан зв'язків з суміжними маршрутизаторами на підставі:

- V1) прийнятих від суміжних маршрутизаторів повідомлень HELLO;
- V2) прийнятих від суміжних маршрутизаторів повідомлень LSA;
- V3) прийнятих від суміжних маршрутизаторів повідомлень DD;
- V4) прийнятих від суміжних маршрутизаторів повідомлень AS;
- V5) прийнятих від суміжних маршрутизаторів повідомлень LSR.

Q20. Увага! Питання з декількома правильними відповідями. У випадку припинення надходження від суміжного маршрутизатора повідомлень HELLO:

- V1) маршрутизатор визначає стан зв'язку як непрацездатний;
- V2) надсилає всім суміжним маршрутизаторам оголошення про стан зв'язків LSA;
- V3) здійснює пошук маршрутів за алгоритмом Дейкстри;
- V4) коригує власну таблицю маршрутизації;
- V5) правильних відповідей нема.

Q21. Маршрутизатор OSPF надсилає суміжним маршрутизаторам повідомлення HELLO за замовчуванням кожні:

- V1) 10 с;
- V2) 1 с;
- V3) 10 хв;
- V4) 4 с;
- V5) 30 хв.

Q22. Синхронізація записів баз даних маршрутизаторів OSPF, якщо стан зв'язків мережі не змінюється, виконується за замовчуванням кожні:

- V1) 10 с;
- V2) 1 с;
- V3) 10 хв;
- V4) 4 с;
- V5) 30 хв.

Q23. Пропускна спроможність тракту між маршрутизаторами OSPF становить 100 Мбіт/с. Визначити метрику тракту за замовчуванням:

- V1) 1;
- V2) 4;
- V3) 10;
- V4) 100;
- V5) 19.

Q24. Пропускна спроможність тракту між маршрутизаторами OSPF становить 1000 Мбіт/с. Визначити метрику тракту за замовчуванням:

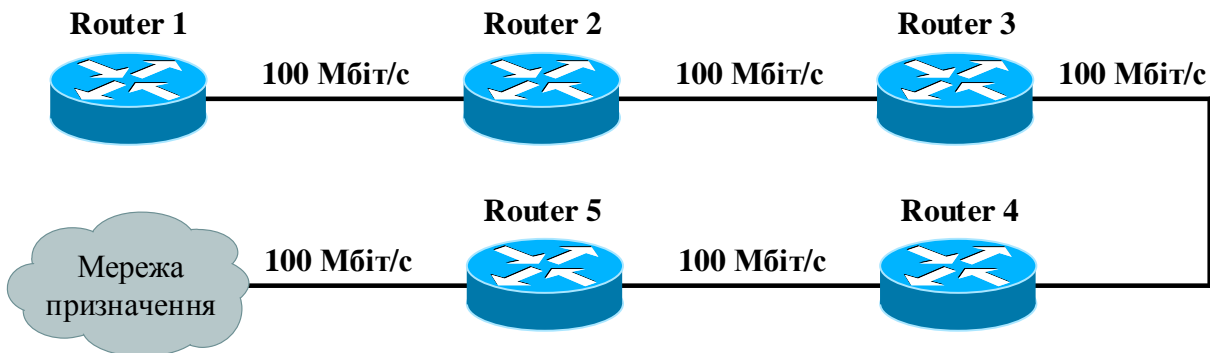
- V1) 1;
- V2) 4;
- V3) 10;
- V4) 100;
- V5) 19.

Q25. Пропускна спроможність тракту між маршрутизаторами OSPF становить 10 Мбіт/с. Визначити метрику тракту за замовчуванням:

- V1) 1;

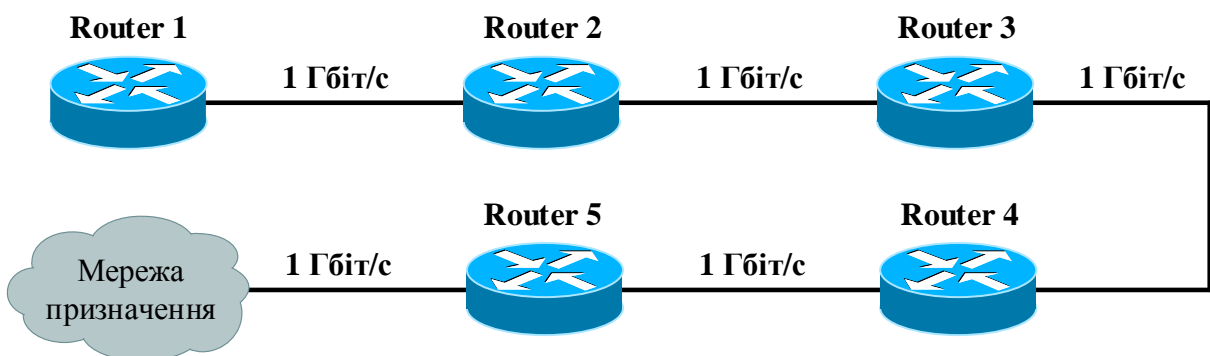
- V2) 4;
- V3) 10;
- V4) 100;
- V5) 19.

Q26. Визначити метрику маршруту для протоколу OSPF від маршрутизатора Router 1 до мережі призначення (вважати, що маршрутизатори використовують формулу розрахунку метрики за замовчуванням):



- V1) 5;
- V2) 4;
- V3) 20;
- V4) 76;
- V5) 95.

Q27. Визначити метрику маршруту для протоколу OSPF від маршрутизатора Router 1 до мережі призначення (вважати, що маршрутизатори використовують формулу розрахунку метрики за замовчуванням):



- V1) 5;
- V2) 4;

- V3) 20;
- V4) 0,4;
- V5) 0,5.

11.2. Широкомовний сегмент протоколу OSPF

Q28. У широкомовному сегменті (з двома або більшою кількістю маршрутизаторів) кожний маршрутизатор OSPF повинен встановити відношення сусідства:

V1) тільки з призначеним DR (Designated Router) і резервним призначеним BDR (Backup Designated Router) маршрутизаторами;

V2) тільки з призначеним DR (Designated Router) маршрутизатором;

V3) тільки з резервним призначеним BDR (Backup Designated Router) маршрутизатором;

V4) з усіма маршрутизаторами широкомовного сегмента;

V5) правильної відповіді нема.

Q29. У широкомовному сегменті з протоколом OSPF призначений маршрутизатор DR (Designated Router) і резервний призначений маршрутизатор BDR (Backup Designated Router):

V1) встановлюють відношення сусідства між собою;

V2) не встановлюють відношення сусідства між собою;

V3) правильної відповіді нема;

V4) можуть встановлювати або не встановлювати відношення сусідства між собою, що залежить від конфігурації маршрутизаторів.

Q30. Як називається маршрутизатор OSPF, який не має статусу призначеного або резервного призначеного маршрутизатора:

V1) DROTHER;

V2) DR;

V3) BDR;

V4) LSR;

V5) ABR.

Q31. У ширококомовному сегменті з протоколом OSPF вибори призначеного та резервного призначеного маршрутизаторів здійснюються під час обміну маршрутизаторами повідомленнями:

- V1) HELLO;
- V2) LSA;
- V3) DD;
- V4) AS;
- V5) LSR.

Q32. У ширококомовному сегменті з протоколом OSPF призначеним маршрутизатором DR (Designated Router) стає маршрутизатор:

- V1) з найвищим значенням пріоритету відповідного інтерфейсу;
- V2) з другим найвищим значенням пріоритету відповідного інтерфейсу;
- V3) у якого пріоритет відповідного інтерфейсу становить 0;
- V4) з найнижчим значенням пріоритету відповідного інтерфейсу;
- V5) з другим найнижчим значенням пріоритету відповідного інтерфейсу.

Q33. У ширококомовному сегменті з протоколом OSPF резервним призначеним маршрутизатором BDR (Backup Designated Router) стає маршрутизатор:

- V1) з другим найвищим значенням пріоритету відповідного інтерфейсу;
- V2) з найвищим значенням пріоритету відповідного інтерфейсу;
- V3) у якого пріоритет відповідного інтерфейсу становить 0;
- V4) з найнижчим значенням пріоритету відповідного інтерфейсу;
- V5) з другим найнижчим значенням пріоритету відповідного інтерфейсу.

Q34. Увага! Питання з декількома правильними відповідями. У ширококомовному сегменті з протоколом OSPF

маршрутизатором, у якого пріоритет відповідного інтерфейсу становить 0:

V1) не може мати статус призначеного маршрутизатора DR (Designated Router);

V2) не може мати статус резервного призначеного маршрутизатора BDR (Backup Designated Router);

V3) може мати тільки статус DROTHER;

V4) правильної відповіді нема;

V5) може мати тільки статус IS.

Q35. У широкомовному сегменті з протоколом OSPF при однакових значеннях пріоритетів відповідних інтерфейсів маршрутизаторів призначеним маршрутизатором DR (Designated Router) стає маршрутизатор:

V1) з найвищим значенням ідентифікатора маршрутизатора Router ID;

V2) з другим найвищим значенням ідентифікатора маршрутизатора Router ID;

V3) у якого ідентифікатор маршрутизатора Router ID становить 0;

V4) з найнижчим значенням ідентифікатора маршрутизатора Router ID;

V5) з другим найнижчим значенням ідентифікатора маршрутизатора Router ID.

Q36. У широкомовному сегменті з протоколом OSPF при однакових значеннях пріоритетів відповідних інтерфейсів маршрутизаторів резервним призначеним маршрутизатором BDR (Backup Designated Router) стає маршрутизатор:

V1) з другим найвищим значенням ідентифікатора маршрутизатора Router ID;

V2) з найвищим значенням ідентифікатора маршрутизатора Router ID;

V3) у якого ідентифікатор маршрутизатора Router ID становить 0;

V4) з найнижчим значенням ідентифікатора маршрутизатора Router ID;

V5) з другим найнижчим значенням ідентифікатора маршрутизатора Router ID.

Q37. Увага! Питання з декількома правильними відповідями. У широкошовному сегменті з протоколом OSPF працюють 3 маршрутизатори з ідентифікаторами Router ID 1.1.1.1, 2.2.2.2, 3.3.3.3. Значення пріоритету портів у всіх маршрутизаторів становить 1 (значення за замовчуванням). У процесі виборів призначеного та резервного призначеного маршрутизаторів:

V1) маршрутизатор з Router ID 3.3.3.3 буде мати статус призначеного – DR (Designated Router);

V2) маршрутизатор з Router ID 2.2.2.2 буде мати статус резервного призначеного – BDR (Backup Designated Router);

V3) маршрутизатор з Router ID 1.1.1.1 буде мати статус DROTHER;

V4) маршрутизатор з Router ID 1.1.1.1 буде мати статус призначеного – DR (Designated Router);

V5) маршрутизатор з Router ID 3.3.3.3 буде мати статус DROTHER.

11.3. Оголошення про стан зв'язків LSA

Q38. Оголошення про стан зв'язків LSA (Link State Advertisement) протоколу OSPF міститься:

V1) у повідомленні оновлення стану каналів LSU (Link State Update);

V2) повідомленні запиту детальної інформації LSR (Link State Request);

V3) підтвердженні про приймання повідомлення опису бази даних DD – LSAck (Link State Acknowledgment);

V4) повідомленні HELLO;

V5) правильної відповіді нема.

Q39. Сусідні (Neighbor) маршрутизатори OSPF встановлять відношення сусідства (Full Adjacency) між собою:

V1) після завершення синхронізації записів бази даних про стан каналів LSDB, які відповідають LSA типу 1 (Router Link States);

V2) після завершення синхронізації записів бази даних про стан каналів LSDB, які відповідають LSA типу 1 (Router Link States) і LSA типу 2 (Network Link States);

V3) одразу після порівняння параметрів Hello Interval, Router Dead Interval, Area ID та інших, що містяться в повідомленні HELLO;

V4) одразу після обміну повідомленнями опису бази даних DD (Database Description);

V5) правильної відповіді нема.

Q40. Оголошення LSA типу 1 (Router Link States) протоколу OSPF містить:

V1) опис усіх каналів, безпосередньо підключених до маршрутизатора;

V2) опис усіх маршрутизаторів, підключених до ширококомовного сегмента мережі, у тому числі опис призначеного маршрутизатора DR (Designated Router);

V3) міжобласні маршрути;

V4) зовнішні маршрути;

V5) сумарні зовнішні маршрути.

Q41. Оголошення LSA типу 1 (Router Link States) протоколу OSPF розповсюджується:

V1) усіма маршрутизаторами;

V2) тільки призначеним маршрутизатором DR (Designated Router);

V3) тільки граничним маршрутизатором ABR;

V4) тільки маршрутизаторами опорної області;

V5) тільки внутрішніми маршрутизаторами.

Q42. Оголошення LSA типу 1 (Router Link States) протоколу OSPF розповсюджуються:

V1) тільки в межах однієї області OSPF;

V2) тільки в межах опорної області OSPF;

V3) тільки в межах тупикової області OSPF;

V4) у всіх областях OSPF (у межах автономної системи протоколу OSPF);

V5) у визначених конфігуруванням маршрутизаторів областях.

Q43. Оголошення LSA типу 2 (Network Links) протоколу OSPF містить:

V1) опис усіх каналів, безпосередньо підключених до маршрутизатора;

V2) опис усіх маршрутизаторів, підключених до широко-мовного сегмента мережі, у тому числі опис призначеного маршрутизатора DR (Designated Router);

V3) міжобласні маршрути;

V4) зовнішні маршрути;

V5) сумарні зовнішні маршрути.

Q44. Оголошення LSA типу 2 (Network Links) протоколу OSPF розповсюджується:

V1) усіма маршрутизаторами;

V2) тільки призначеним маршрутизатором DR (Designated Router);

V3) тільки граничним маршрутизатором ABR;

V4) тільки маршрутизаторами опорної області;

V5) тільки внутрішніми маршрутизаторами.

Q45. Оголошення LSA типу 2 (Network Links) протоколу OSPF розповсюджуються:

V1) тільки в межах однієї області OSPF;

V2) тільки в межах опорної області OSPF;

V3) тільки в межах тупикової області OSPF;

V4) у всіх областях OSPF (у межах автономної системи протоколу OSPF);

V5) у визначених конфігуруванням маршрутизаторів областях.

Q46. Оголошення LSA типу 3 (Summary Net Link States) протоколу OSPF містить:

V1) опис усіх каналів, безпосередньо підключених до маршрутизатора;

V2) опис усіх маршрутизаторів, підключених до широко-мовного сегмента мережі, у тому числі опис призначеного маршрутизатора DR (Designated Router);

V3) міжобласні маршрути;

V4) зовнішні маршрути;

V5) сумарні зовнішні маршрути.

Q47. Оголошення LSA типу 3 (Summary Net Link States) протоколу OSPF розповсюджується:

- V1) усіма маршрутизаторами;
- V2) тільки призначеним маршрутизатором DR (Designated Router);
- V3) тільки граничними маршрутизаторами ABR;
- V4) тільки маршрутизаторами опорної області;
- V5) тільки внутрішніми маршрутизаторами.

Q48. Оголошення LSA типу 3 (Summary Net Link States) протоколу OSPF розповсюджуються:

- V1) тільки в межах однієї області OSPF;
- V2) тільки в межах опорної області OSPF;
- V3) тільки в межах тупикової області OSPF;
- V4) у всіх областях OSPF (у межах автономної системи протоколу OSPF);
- V5) у визначених конфігуруванням маршрутизаторів областях.

11.4. База даних LSDB маршрутизатора OSPF

Q49. Знайдіть у базі даних LSDB маршрутизатора OSPF запис, який відповідає оголошенню LSA типу 1, сформованому маршрутизатором з ідентифікатором 3.3.3.3, і вкажіть його контрольну суму:

OSPF Router with ID (3.3.3.3) (Process ID 1)

Router Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Link count
3.3.3.3	3.3.3.3	57	0x80000005	0x003a12	2
4.4.4.4	4.4.4.4	52	0x80000005	0x00abb8	2
1.1.1.1	1.1.1.1	47	0x80000008	0x0080cd	4
2.2.2.2	2.2.2.2	47	0x80000008	0x001938	4

Net Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
10.224.0.14	3.3.3.3	57	0x80000001	0x00580c
10.224.0.10	3.3.3.3	57	0x80000002	0x003bcd
10.224.0.2	4.4.4.4	52	0x80000001	0x0054b5
10.224.0.18	2.2.2.2	52	0x80000001	0x0079b1
10.224.0.6	4.4.4.4	52	0x80000002	0x00aab8

Summary Net Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
10.56.0.0	3.3.3.3	47	0x80000001	0x000211
10.32.0.0	3.3.3.3	47	0x80000002	0x001717
10.40.0.0	3.3.3.3	47	0x80000003	0x00be65
10.56.0.0	4.4.4.4	42	0x80000001	0x00e32b
10.40.0.0	4.4.4.4	42	0x80000002	0x009889
10.32.0.0	4.4.4.4	42	0x80000003	0x000127

- V1) 0x003a12;
- V2) 0x00580c;
- V3) 0x003bcd;
- V4) 0x000211;
- V5) 0x001717.

Q50. Увага! Питання з декількома правильними відповідями. Знайдіть у базі даних LSDB маршрутизатора OSPF записи, які відповідають оголошенням LSA типу 2, сформованим маршрутизатором з ідентифікатором 3.3.3.3, і вкажіть їх контрольні суми:

```

OSPF Router with ID (3.3.3.3) (Process ID 1)

Router Link States (Area 0)

Link ID      ADV Router   Age          Seq#         Checksum Link count
3.3.3.3      3.3.3.3      57           0x80000005  0x003a12  2
4.4.4.4      4.4.4.4      52           0x80000005  0x00abb8  2
1.1.1.1      1.1.1.1      47           0x80000008  0x0080cd  4
2.2.2.2      2.2.2.2      47           0x80000008  0x001938  4

Net Link States (Area 0)

Link ID      ADV Router   Age          Seq#         Checksum
10.224.0.14  3.3.3.3      57           0x80000001  0x00580c
10.224.0.10  3.3.3.3      57           0x80000002  0x003bcd
10.224.0.2   4.4.4.4      52           0x80000001  0x0054b5
10.224.0.18  2.2.2.2      52           0x80000001  0x0079b1
10.224.0.6   4.4.4.4      52           0x80000002  0x00aab8

Summary Net Link States (Area 0)

Link ID      ADV Router   Age          Seq#         Checksum
10.56.0.0    3.3.3.3      47           0x80000001  0x000211
10.32.0.0    3.3.3.3      47           0x80000002  0x001717
10.40.0.0    3.3.3.3      47           0x80000003  0x00be65
10.56.0.0    4.4.4.4      42           0x80000001  0x00e32b
10.40.0.0    4.4.4.4      42           0x80000002  0x009889
10.32.0.0    4.4.4.4      42           0x80000003  0x000127

```

- V1) 0x00580c;
- V2) 0x003a12;
- V3) 0x003bcd;
- V4) 0x000211;
- V5) 0x001717.

Q51. Увага! Питання з декількома правильними відповідями. Укажіть ідентифікатори маршрутизаторів, які є призначеними DR (Designated Router) у відповідних ширококомовних сегментах мережі:

OSPF Router with ID (3.3.3.3) (Process ID 1)

Router Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Link count
3.3.3.3	3.3.3.3	57	0x80000005	0x003a12	2
4.4.4.4	4.4.4.4	52	0x80000005	0x00abb8	2
1.1.1.1	1.1.1.1	47	0x80000008	0x0080cd	4
2.2.2.2	2.2.2.2	47	0x80000008	0x001938	4

Net Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
10.224.0.14	3.3.3.3	57	0x80000001	0x00580c
10.224.0.10	3.3.3.3	57	0x80000002	0x003bcd
10.224.0.2	4.4.4.4	52	0x80000001	0x0054b5
10.224.0.18	2.2.2.2	52	0x80000001	0x0079b1
10.224.0.6	4.4.4.4	52	0x80000002	0x00aab8

Summary Net Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
10.56.0.0	3.3.3.3	47	0x80000001	0x000211
10.32.0.0	3.3.3.3	47	0x80000002	0x001717
10.40.0.0	3.3.3.3	47	0x80000003	0x00be65
10.56.0.0	4.4.4.4	42	0x80000001	0x00e32b
10.40.0.0	4.4.4.4	42	0x80000002	0x009889
10.32.0.0	4.4.4.4	42	0x80000003	0x000127

V1) 2.2.2.2;

V2) 3.3.3.3;

V3) 4.4.4.4;

V4) 1.1.1.1.

Q52. Укажіть IP-адресу порту призначеного маршрутизатора DR (Designated Router) з ідентифікатором 2.2.2.2 у відповідному широкомовному сегменті:

OSPF Router with ID (3.3.3.3) (Process ID 1)

Router Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Link count
3.3.3.3	3.3.3.3	57	0x80000005	0x003a12	2
4.4.4.4	4.4.4.4	52	0x80000005	0x00abb8	2
1.1.1.1	1.1.1.1	47	0x80000008	0x0080cd	4
2.2.2.2	2.2.2.2	47	0x80000008	0x001938	4

Net Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
10.224.0.14	3.3.3.3	57	0x80000001	0x00580c
10.224.0.10	3.3.3.3	57	0x80000002	0x003bcd
10.224.0.2	4.4.4.4	52	0x80000001	0x0054b5
10.224.0.18	2.2.2.2	52	0x80000001	0x0079b1
10.224.0.6	4.4.4.4	52	0x80000002	0x00aab8

Summary Net Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
10.56.0.0	3.3.3.3	47	0x80000001	0x000211
10.32.0.0	3.3.3.3	47	0x80000002	0x001717
10.40.0.0	3.3.3.3	47	0x80000003	0x00be65
10.56.0.0	4.4.4.4	42	0x80000001	0x00e32b
10.40.0.0	4.4.4.4	42	0x80000002	0x009889
10.32.0.0	4.4.4.4	42	0x80000003	0x000127

- V1) 10.224.0.18;
- V2) 10.224.0.6;
- V3) 10.40.0.0;
- V4) 10.56.0.0;
- V5) 10.32.0.0.

Q53. Увага! Питання з декількома правильними відповідями. Укажіть IP-адреси портів призначеного маршрутизатора DR (Designated Router) з ідентифікатором 3.3.3.3 у відповідному широкомовному сегменті:

```

OSPF Router with ID (3.3.3.3) (Process ID 1)

Router Link States (Area 0)

Link ID          ADV Router      Age             Seq#            Checksum Link count
3.3.3.3          3.3.3.3         57             0x80000005     0x003a12  2
4.4.4.4          4.4.4.4         52             0x80000005     0x00abb8  2
1.1.1.1          1.1.1.1         47             0x80000008     0x0080cd  4
2.2.2.2          2.2.2.2         47             0x80000008     0x001938  4

Net Link States (Area 0)

Link ID          ADV Router      Age             Seq#            Checksum
10.224.0.14     3.3.3.3         57             0x80000001     0x00580c
10.224.0.10     3.3.3.3         57             0x80000002     0x003bcd
10.224.0.2       4.4.4.4         52             0x80000001     0x0054b5
10.224.0.18     2.2.2.2         52             0x80000001     0x0079b1
10.224.0.6       4.4.4.4         52             0x80000002     0x00aab8

Summary Net Link States (Area 0)

Link ID          ADV Router      Age             Seq#            Checksum
10.56.0.0       3.3.3.3         47             0x80000001     0x000211
10.32.0.0       3.3.3.3         47             0x80000002     0x001717
10.40.0.0       3.3.3.3         47             0x80000003     0x00be65
10.56.0.0       4.4.4.4         42             0x80000001     0x00e32b
10.40.0.0       4.4.4.4         42             0x80000002     0x009889
10.32.0.0       4.4.4.4         42             0x80000003     0x000127

```

- V1) 10.224.0.14;
- V2) 10.224.0.10;
- V3) 10.40.0.0;
- V4) 10.56.0.0;
- V5) 10.32.0.0.

Q54. Увага! Питання з декількома правильними відповідями. Знайдіть у базі даних LSDB маршрутизатора OSPF записи, які відповідають оголошенням LSA типу 3, сформованим маршрутизатором з ідентифікатором 3.3.3.3, і вкажіть їх контрольні суми:

OSPF Router with ID (3.3.3.3) (Process ID 1)

Router Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Link count
3.3.3.3	3.3.3.3	57	0x80000005	0x003a12	2
4.4.4.4	4.4.4.4	52	0x80000005	0x00abb8	2
1.1.1.1	1.1.1.1	47	0x80000008	0x0080cd	4
2.2.2.2	2.2.2.2	47	0x80000008	0x001938	4

Net Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
10.224.0.14	3.3.3.3	57	0x80000001	0x00580c
10.224.0.10	3.3.3.3	57	0x80000002	0x003bcd
10.224.0.2	4.4.4.4	52	0x80000001	0x0054b5
10.224.0.18	2.2.2.2	52	0x80000001	0x0079b1
10.224.0.6	4.4.4.4	52	0x80000002	0x00aab8

Summary Net Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
10.56.0.0	3.3.3.3	47	0x80000001	0x000211
10.32.0.0	3.3.3.3	47	0x80000002	0x001717
10.40.0.0	3.3.3.3	47	0x80000003	0x00be65
10.56.0.0	4.4.4.4	42	0x80000001	0x00e32b
10.40.0.0	4.4.4.4	42	0x80000002	0x009889
10.32.0.0	4.4.4.4	42	0x80000003	0x000127

- V1) 0x000211;
- V2) 0x001717;
- V3) 0x00be65;
- V4) 0x00580c;
- V5) 0x003bcd;
- V6) 0x003a12.

Q55. Увага! Питання з декількома правильними відповідями. Укажіть номери мереж, про які розповсюджують інформацію в магістральну область протоколу OSPF граничні маршрутизатори ABR:

OSPF Router with ID (3.3.3.3) (Process ID 1)

Router Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Link count
3.3.3.3	3.3.3.3	57	0x80000005	0x003a12	2
4.4.4.4	4.4.4.4	52	0x80000005	0x00abb8	2
1.1.1.1	1.1.1.1	47	0x80000008	0x0080cd	4
2.2.2.2	2.2.2.2	47	0x80000008	0x001938	4

Net Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
10.224.0.14	3.3.3.3	57	0x80000001	0x00580c
10.224.0.10	3.3.3.3	57	0x80000002	0x003bcd
10.224.0.2	4.4.4.4	52	0x80000001	0x0054b5
10.224.0.18	2.2.2.2	52	0x80000001	0x0079b1
10.224.0.6	4.4.4.4	52	0x80000002	0x00aab8

Summary Net Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
10.56.0.0	3.3.3.3	47	0x80000001	0x000211
10.32.0.0	3.3.3.3	47	0x80000002	0x001717
10.40.0.0	3.3.3.3	47	0x80000003	0x00be65
10.56.0.0	4.4.4.4	42	0x80000001	0x00e32b
10.40.0.0	4.4.4.4	42	0x80000002	0x009889
10.32.0.0	4.4.4.4	42	0x80000003	0x000127

- V1) 10.32.0.0;
- V2) 10.56.0.0;
- V3) 10.224.0.6;
- V4) 10.224.0.10;
- V5) 10.224.0.2;
- V6) 10.224.0.14.

11.5. Маршрути протоколу OSPF

Q56. Внутрішньообласні маршрути протоколу OSPF:

V1) це маршрути до мереж, які знаходяться в даній області протоколу OSPF;

V2) це маршрути до мереж, які знаходяться в даній автономній системі OSPF, але не належать даній області;

V3) це маршрути до мереж, які знаходяться за межами даної автономної системи OSPF.

Q57. Міжобласні маршрути протоколу OSPF:

V1) це маршрути до мереж, які знаходяться в даній області протоколу OSPF;

V2) це маршрути до мереж, які знаходяться в даній автономній системі OSPF, але не належать даній області;

V3) це маршрути до мереж, які знаходяться за межами даної автономної системи OSPF.

Q58. Зовнішні маршрути протоколу OSPF:

V1) це маршрути до мереж, які знаходяться в даній області протоколу OSPF;

V2) це маршрути до мереж, які знаходяться в даній автономній системі OSPF, але не належать даній області;

V3) це маршрути до мереж, які знаходяться за межами даної автономної системи OSPF.

Q59. Протоколом OSPF застосовується внутрішньообласна маршрутизація, якщо:

V1) IP-адреси відправника та одержувача знаходяться в межах однієї і тієї самої області;

V2) IP-адреси відправника та одержувача знаходяться в різних областях, але все ще належать до домену маршрутизації OSPF;

V3) IP-адреса одержувача знаходиться за межами автономної системи протоколу OSPF.

Q60. Протоколом OSPF застосовується міжобласна маршрутизація, якщо:

V1) IP-адреси відправника та одержувача знаходяться в межах однієї і тієї самої області;

V2) IP-адреси відправника та одержувача знаходяться в різних областях, але все ще належать до домену маршрутизації OSPF;

V3) IP-адреса одержувача знаходиться за межами автономної системи протоколу OSPF.

Q61. Протоколом OSPF застосовується зовнішня маршрутизація, якщо:

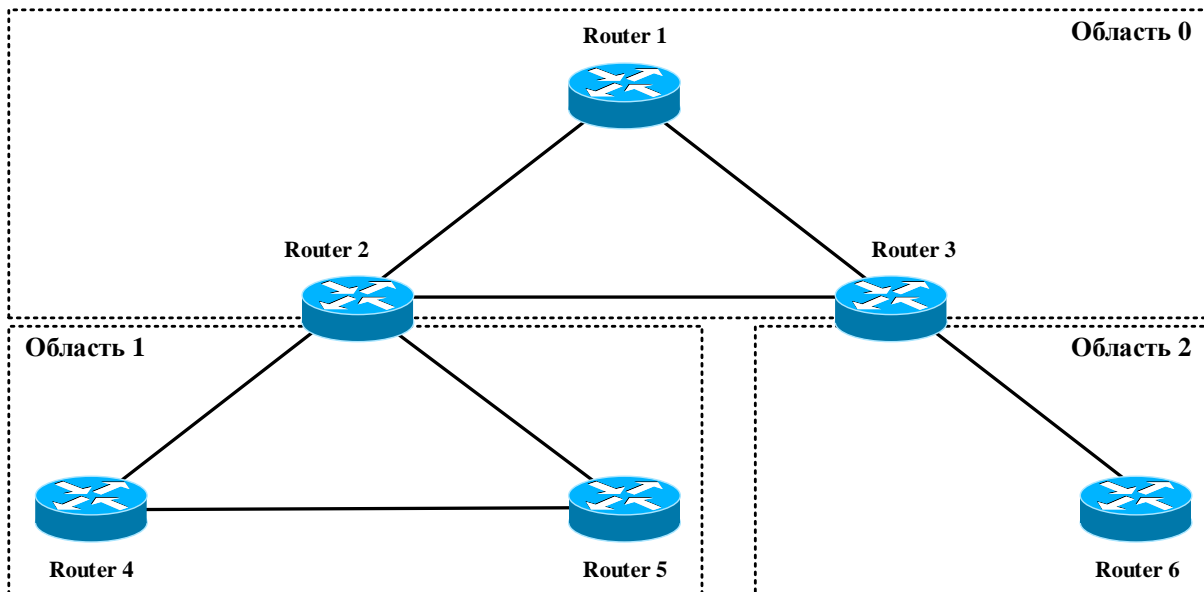
V1) IP-адреси відправника та одержувача знаходяться в межах однієї і тієї самої області;

V2) IP-адреси відправника та одержувача знаходяться в різних областях, але все ще належать до домену маршрутизації OSPF;

V3) IP-адреса одержувача знаходиться за межами автономної системи протоколу OSPF.

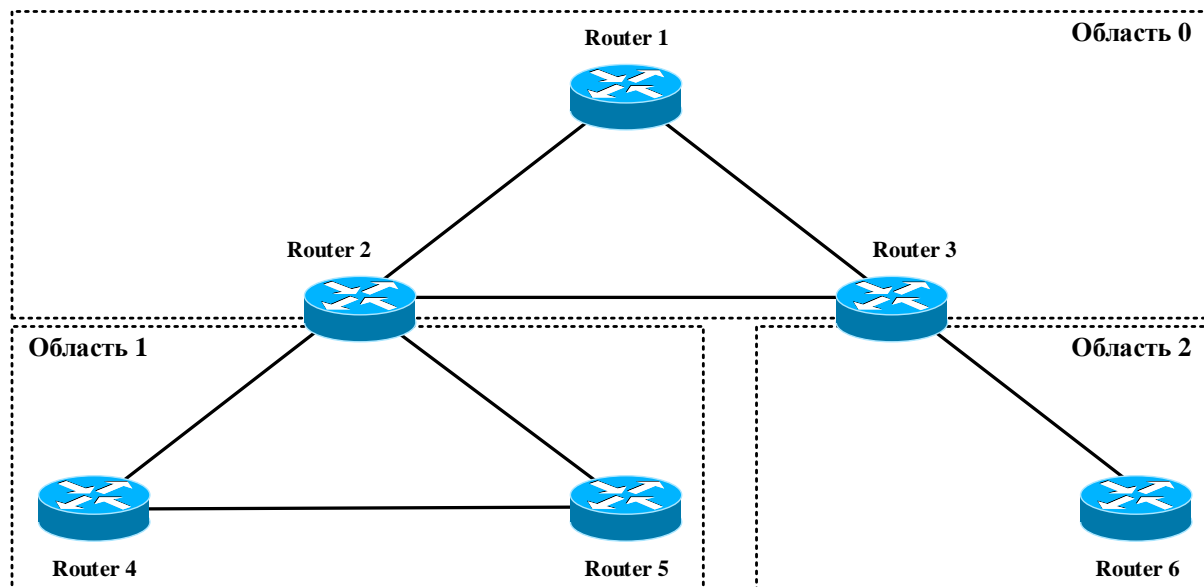
11.6. Маршрутизатори протоколу OSPF

Q62. Укажіть тип маршрутизатора протоколу OSPF Router 1:



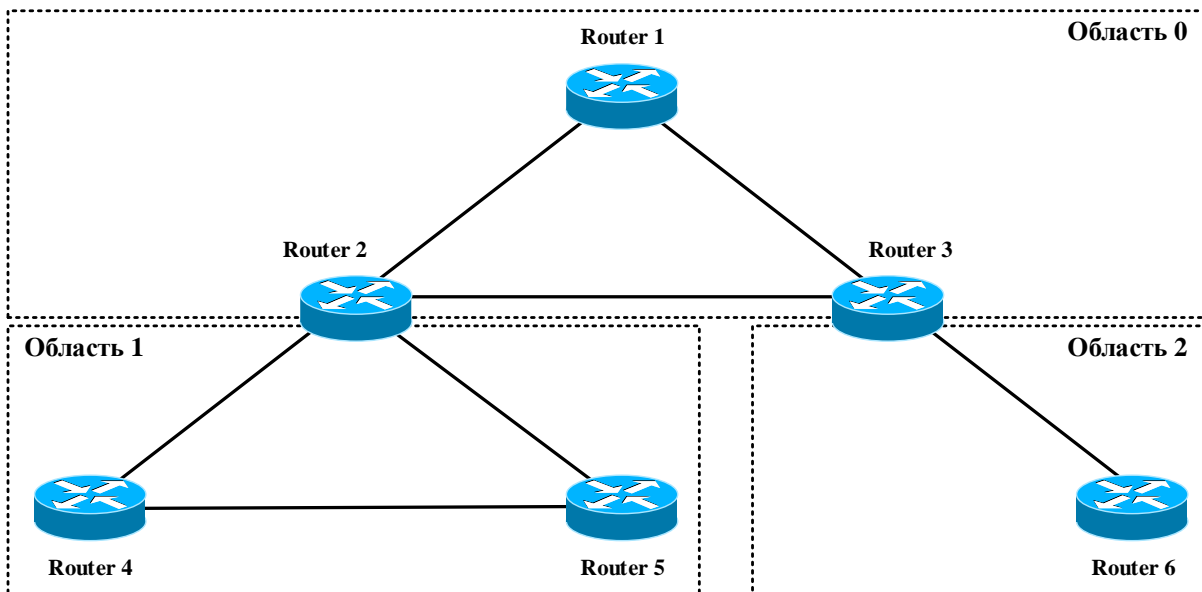
- V1) магістральний маршрутизатор BR;
- V2) граничний маршрутизатор області ABR;
- V3) граничний маршрутизатор автономної системи ASBR;
- V4) внутрішній маршрутизатор області IR.

Q63. Укажіть тип маршрутизатора протоколу OSPF Router 2:



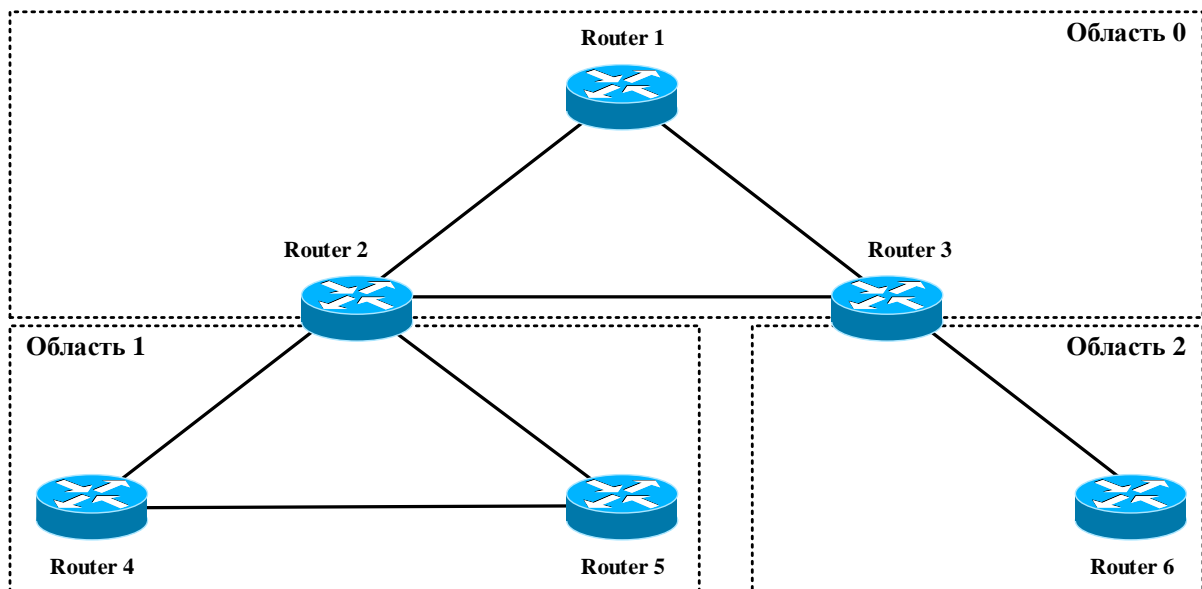
- V1) магістральний маршрутизатор BR;
- V2) граничний маршрутизатор області ABR;
- V3) граничний маршрутизатор автономної системи ASBR;
- V4) внутрішній маршрутизатор області IR.

Q64. Укажіть тип маршрутизатора протоколу OSPF Router 3:



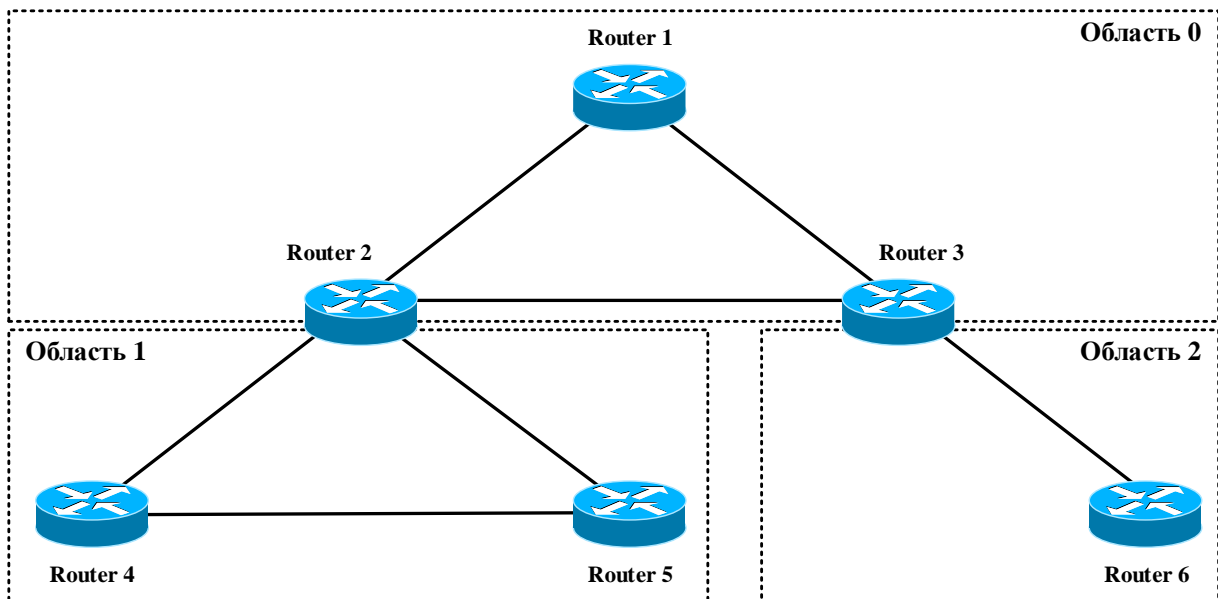
- V1) магістральний маршрутизатор BR;
- V2) граничний маршрутизатор області ABR;
- V3) граничний маршрутизатор автономної системи ASBR;
- V4) внутрішній маршрутизатор області IR.

Q65. Укажіть тип маршрутизатора протоколу OSPF Router 4:



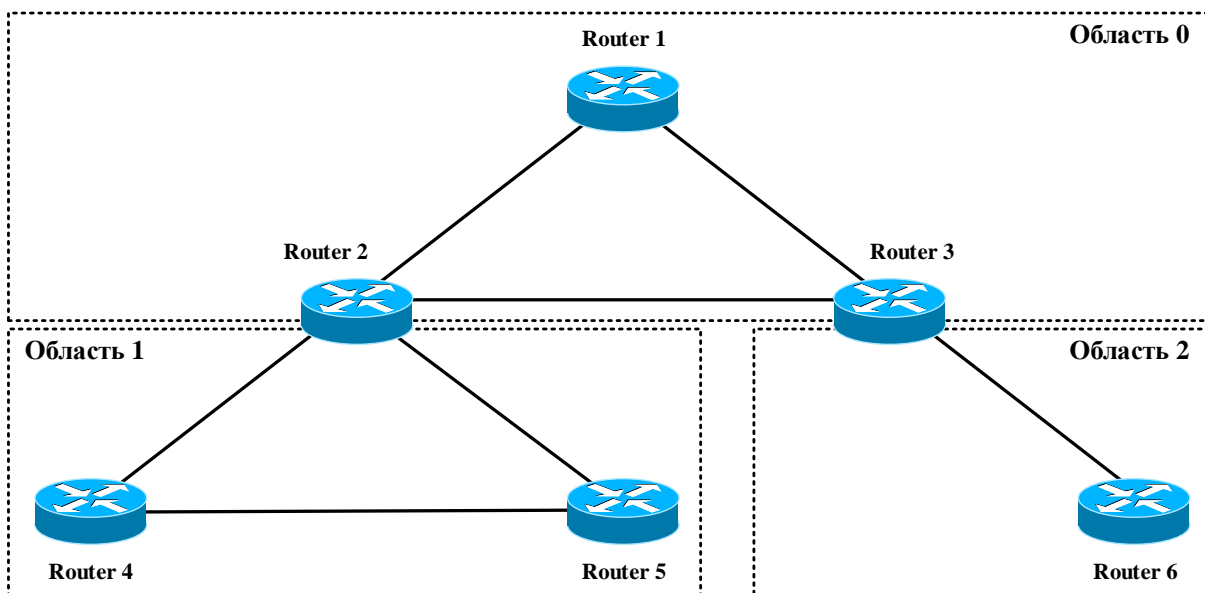
- V1) магістральний маршрутизатор BR;
- V2) граничний маршрутизатор області ABR;
- V3) граничний маршрутизатор автономної системи ASBR;
- V4) внутрішній маршрутизатор області IR.

Q66. Укажіть тип маршрутизатора протоколу OSPF Router 5:



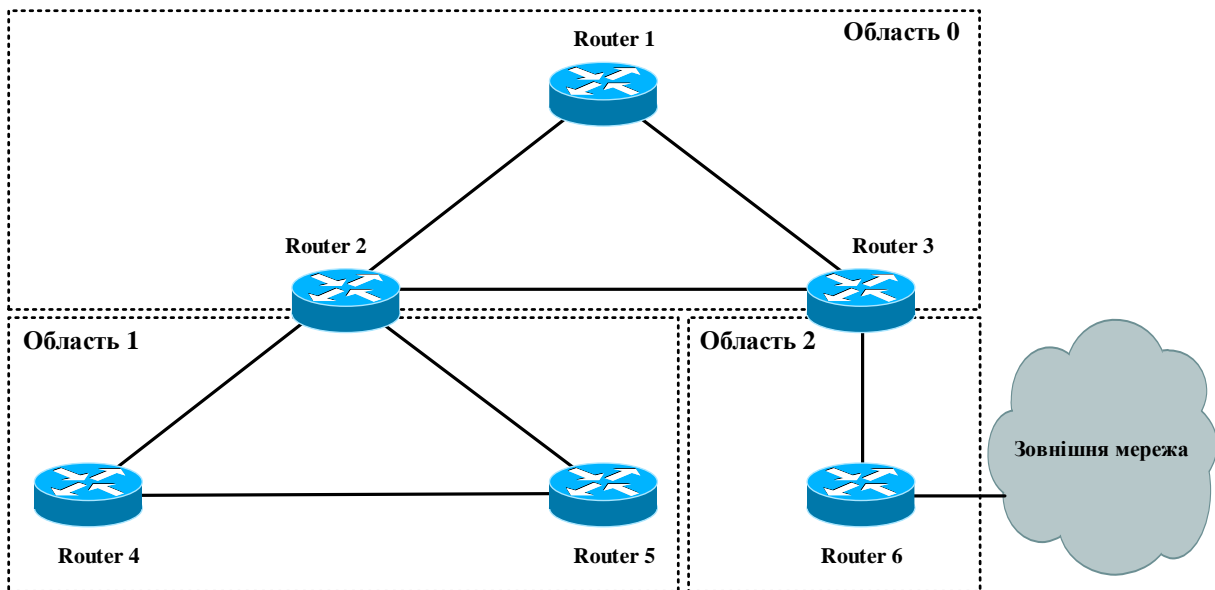
- V1) магістральний маршрутизатор BR;
- V2) граничний маршрутизатор області ABR;
- V3) граничний маршрутизатор автономної системи ASBR;
- V4) внутрішній маршрутизатор області IR.

Q67. Укажіть тип маршрутизатора протоколу OSPF Router 6:



- V1) магістральний маршрутизатор BR;
- V2) граничний маршрутизатор області ABR;
- V3) граничний маршрутизатор автономної системи ASBR;
- V4) внутрішній маршрутизатор області IR.

Q68. Укажіть тип маршрутизатора протоколу OSPF Router 6:



- V1) магістральний маршрутизатор BR;
- V2) граничний маршрутизатор області ABR;
- V3) граничний маршрутизатор автономної системи ASBR;
- V4) внутрішній маршрутизатор області IR.

11.7. Області протоколу OSPF

Q69. Увага! Питання з декількома правильними відповідями. Стандартна область протоколу OSPF характеризується тим, що:

V1) в області можуть розповсюджуватися оголошення про стан каналів зв'язку LSA довільного типу;

V2) відносно інших областей займає центральне розташування;

V3) до області обов'язково під'єднуються всі інші області домену маршрутизації OSPF;

V4) в область не передається інформація про зовнішні маршрути;

V5) маршрутизація з області в зовнішній мережі заснована на використанні стандартного маршруту (маршруту за замовчуванням);

V6) не може мати граничних маршрутизаторів автономної системи ASBR;

V7) маршрутизація з області в інші області домену маршрутизації OSPF заснована на використанні стандартного маршруту (маршруту за замовчуванням);

V8) в області можуть розповсюджуватися маршрути будь-яких типів (внутрішньообласні, міжобласні, зовнішні);

V9) в область не передається інформація про міжобласні маршрути.

Q70. Увага! Питання з декількома правильними відповідями. Опорна область протоколу OSPF характеризується тим, що:

V1) в області можуть розповсюджуватися оголошення про стан каналів зв'язку LSA довільного типу;

V2) відносно інших областей займає центральне розташування;

V3) до області обов'язково під'єднуються всі інші області домену маршрутизації OSPF;

V4) в область не передається інформація про зовнішні маршрути;

V5) маршрутизація з області в зовнішні мережі заснована на використанні стандартного маршруту (маршруту за замовчуванням);

V6) не може мати граничних маршрутизаторів автономної системи ASBR;

V7) маршрутизація з області в інші області домену маршрутизації OSPF заснована на використанні стандартного маршруту (маршруту за замовчуванням);

V8) в області можуть розповсюджуватися маршрути будь-яких типів (внутрішньообласні, міжобласні, зовнішні);

V9) в область не передається інформація про міжобласні маршрути.

Q71. Увага! Питання з декількома правильними відповідями. Магістральна область протоколу OSPF характеризується тим, що:

V1) в області можуть розповсюджуватися оголошення про стан каналів зв'язку LSA довільного типу;

V2) відносно інших областей займає центральне розташування;

V3) до області обов'язково під'єднуються всі інші області домену маршрутизації OSPF;

V4) в область не передається інформація про зовнішні маршрути;

V5) маршрутизація з області в зовнішні мережі заснована на використанні стандартного маршруту (маршруту за замовчуванням);

V6) не може мати граничних маршрутизаторів автономної системи ASBR;

V7) маршрутизація з області в інші області домену маршрутизації OSPF заснована на використанні стандартного маршруту (маршруту за замовчуванням);

V8) в області можуть розповсюджуватися маршрути будь-яких типів (внутрішньообласні, міжобласні, зовнішні);

V9) в область не передається інформація про міжобласні маршрути.

Q72. Увага! Питання з декількома правильними відповідями. Тупикова область протоколу OSPF характеризується тим, що:

V1) в області можуть розповсюджуватися оголошення про стан каналів зв'язку LSA довільного типу;

V2) відносно інших областей займає центральне розташування;

V3) до області обов'язково під'єднуються всі інші області домену маршрутизації OSPF;

V4) в область не передається інформація про зовнішні маршрути;

V5) маршрутизація з області в зовнішні мережі заснована на використанні стандартного маршруту (маршруту за замовчуванням);

V6) не може мати граничних маршрутизаторів автономної системи ASBR;

V7) маршрутизація з області в інші області домену маршрутизації OSPF заснована на використанні стандартного маршруту (маршруту за замовчуванням);

V8) в області можуть розповсюджуватися маршрути будь-яких типів (внутрішньообласні, міжобласні, зовнішні);

V9) в область не передається інформація про міжобласні маршрути.

Q73. Увага! Питання з декількома правильними відповідями. Повністю тупикова область протоколу OSPF характеризується тим, що:

V1) в області можуть розповсюджуватися оголошення про стан каналів зв'язку LSA довільного типу;

V2) відносно інших областей займає центральне розташування;

V3) до області обов'язково під'єднуються усі інші області домену маршрутизації OSPF;

V4) в область не передається інформація про зовнішні маршрути;

V5) маршрутизація з області в зовнішні мережі заснована на використанні стандартного маршруту (маршруту за замовчуванням);

V6) не може мати граничних маршрутизаторів автономної системи ASBR;

V7) маршрутизація з області в інші області домену маршрутизації OSPF заснована на використанні стандартного маршруту (маршруту за замовчуванням);

V8) в області можуть розповсюджуватися маршрути будь-яких типів (внутрішньообласні, міжобласні, зовнішні);

V9) в область не передається інформація про міжобласні маршрути.

11.8. Підсумовування IP-мереж, зворотні маски

Q74. Виконати підсумовування IP-мереж 172.16.0.0/16, 172.17.0.0/16, 172.18.0.0/16, 172.19.0.0/16:

V1) 172.16.0.0/14;

V2) 172.17.0.0/14;

V3) 172.18.0.0/14;

V4) 172.19.0.0/14;

V5) 172.17.0.0/15.

Q75. Виконати підсумовування IP-мереж 172.16.0.0/16, 172.17.0.0/16:

- V1) 172.16.0.0/15;
- V2) 172.17.0.0/15;
- V3) 172.16.0.0/16;
- V4) 172.17.0.0/14;
- V5) 172.17.0.0/16.

Q76. Увага! Питання з декількома правильними відповідями. Знайти зворотну маску (Wildcard Mask), якщо пряма (звичайна) маска (Subnet Mask) містить 24 одиниці:

- V1) 0.0.0.255;
- V2) 00000000.00000000.00000000.11111111;
- V3) 11111111.11111111.11111111.00000000;
- V4) 255.255.255.0;
- V5) 255.255.255.128;
- V6) 11111111.11111111.11111111.10000000.

Q77. Увага! Питання з декількома правильними відповідями. Знайти зворотну маску (Wildcard Mask), якщо пряма (звичайна) маска (Subnet Mask) містить 25 одиниць:

- V1) 0.0.0.127;
- V2) 00000000.00000000.00000000.01111111;
- V3) 255.255.255.128;
- V4) 11111111.11111111.11111111.10000000;
- V5) 0.0.0.63;
- V6) 00000000.00000000.00000000.00111111.

Q78. Увага! Питання з декількома правильними відповідями. Знайти пряму (звичайну) маску (Subnet Mask), якщо зворотна маска (Wildcard Mask) містить 8 одиниць:

- V1) 0.0.0.255;
- V2) 00000000.00000000.00000000.11111111;
- V3) 11111111.11111111.11111111.00000000;
- V4) 255.255.255.0;
- V5) 255.255.255.128;
- V6) 11111111.11111111.11111111.10000000.

Q79. Увага! Питання з декількома правильними відповідями. Знайти пряму (звичайну) маску (Subnet Mask), якщо зворотна маска (Wildcard Mask) містить 7 одиниць:

V1) 0.0.0.127;

V2) 00000000.00000000.00000000.01111111;

V3) 255.255.255.128;

V4) 11111111.11111111.11111111.10000000;

V5) 0.0.0.63;

V6) 00000000.00000000.00000000.00111111.

Q80. Увага! Питання з декількома правильними відповідями. Знайти пряму (звичайну) маску (Subnet Mask), якщо зворотна маска (Wildcard Mask) містить 3 одиниці:

V1) 0.0.0.7;

V2) 00000000.00000000.00000000.00000111;

V3) 255.255.255.248;

V4) 11111111.11111111.11111111.11111000;

V5) 0.0.0.3;

V6) 00000000.00000000.00000000.00000011.

Правильні відповіді до тестових завдань дивись у дод. 8.

Бібліографічний список

1. Олифер, В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы [Текст]: учебник для вузов / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. – 4-е изд. – СПб. : Питер, 2010. – 944 с.
2. Песин, И. Повесть об IP-адресации [Электронный ресурс] / И. Песин. – Режим доступа : http://ivanpesin.info/articles/povest_ob_ip.html.
3. Фильчагин, А. Ю. IP-маршрутизация в операционной системе Windows [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие. – Режим доступа : http://opds.sut.ru/old/electronic_manuals/ip_rout/up.doc.
4. Методичні вказівки до практичних занять з дисциплін «Телекомунікаційні та інформаційні мережі», «Інтегральні цифрові мережі зв'язку» (розподіл IP-адрес) [Текст] / С. І. Приходько, О. С. Жученко, К. А. Трубочанінова, С. С. Єременко. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – 42 с.
5. Паркер, Т. TCP/IP. Для профессионалов [Текст] / Т. Паркер, К. Сиян. – 3-е изд. – СПб. : Питер, 2004. – 859 с.
6. Семёнов, Ю. А. Телекоммуникационные технологии [Электронный ресурс] / Ю. А. Семенов. – Режим доступа : <http://book.itep.ru/1/intro1.htm>.
7. Сетевая математика. Суммирование маршрутов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://ccnastepbustep.blogspot.com/2011/04/blog-post.html>.
8. Васильев, М. Обратная маска [Электронный ресурс] / М. Васильев. – Режим доступа : <https://habrahabr.ru/post/131712/>.
9. Дибров, М. В. Маршрутизаторы [Текст]: учеб. пособие / М. В. Дибров. – Красноярск, 2008. – 389 с.
10. Павликевич, М. Телекомунікаційні мережі. Ч. 2 Мережі IP [Текст]: лекції для студентів спеціальності 7.092402 «Інформаційні мережі зв'язку» / М. Павликевич. – Львів: Національний університет «Львівська політехніка», 2009. – 216 с.
11. Томас, Том М. II Структура и реализация сетей на основе протокола OSPF [Текст]: пер. с англ. / Том М. Томас. – 2-е изд. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 816 с.

12. Мамаев, М. Технологии Интернет (общие сведения) [Электронный ресурс] / М. Мамаев. – Режим доступа : <http://telenetwork.narod.ru/index.html>.

13. Мамаев, М. Протокол OSPF [Электронный ресурс] / М. Мамаев. – Режим доступа : <http://telenetwork.narod.ru/books/cisco/Мамаев/telecomtech/ospf2.html>; <http://telenetwork.narod.ru/books/cisco/Мамаев/telecomtech/ospf1-plain.html>.

14. Сети для самых маленьких. Часть шестая. Динамическая маршрутизация [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://habrahabr.ru/post/156695/>.

15. Самойленко, Н. Использование протокола OSPF в корпоративной сети [Электронный ресурс] / Н. Самойленко. – Режим доступа : <https://www.slideshare.net/NatashaSamoylenko/ospf-44777742>.

16. Самойленко, Н. OSPF в Cisco [Электронный ресурс] / Н. Самойленко. – Режим доступа : http://xgu.ru/wiki/OSPF_%D0%B2_Cisco.

17. Руководство по проектированию OSPF [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.cisco.com/c/ru_ru/support/docs/ip/open-shortest-path-first-ospf/7039-1.html.

18. Пакет, К. Создание масштабируемых сетей CISCO [Текст] : [пер. с англ.] / К. Пакет, Д. Тир. – М. : Изд. дом “Вильямс”, 2002. – 792 с.

19. Арсенюк, І. Р. Комп’ютерні мережі [Электронный ресурс] : навч. посібник / І. Р. Арсенюк, А. А. Яровий. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – Ч. 2. – 145 с. – Режим доступа : http://posibnyku.vntu.edu.ua/kom_m/.

20. OSPF [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://ru.wikipedia.org/wiki/OSPF>.

21. Бугрименко, Д. Архитектура, принципы дизайна и оптимизация современных ЛВС [Электронный ресурс]. – К. : CiscoExpo, 2008. – 129 с. – Режим доступа : http://www.cisco.com/c/dam/global/ru_ua/assets/expo2008/download/pdf_pre/08.pdf.

22. Архитектура корпоративных сетей [Электронный ресурс] : краткое руководство. – Режим доступа : John Cooper netskills.ru, skill-admin.blogspot.ru, 2014, ver. 1.0, <http://blog.netskills.ru/p/blog-page.html>, <https://drive.google.com/file/d/0B-5kZl7ixcSKeXFvSjZheDRaSUk/view?usp=sharing>.

Аналіз роботи протоколу OSPF при розбитті домену маршрутизації на області

1. Зв'язна магістральна область

На рис. Д.1.1 показана схема домену маршрутизації протоколу OSPF (автономної системи OSPF), яка розподілена на області. Кругами позначені маршрутизатори, буквами – IP-мережі сегментів, до яких вони підключені.

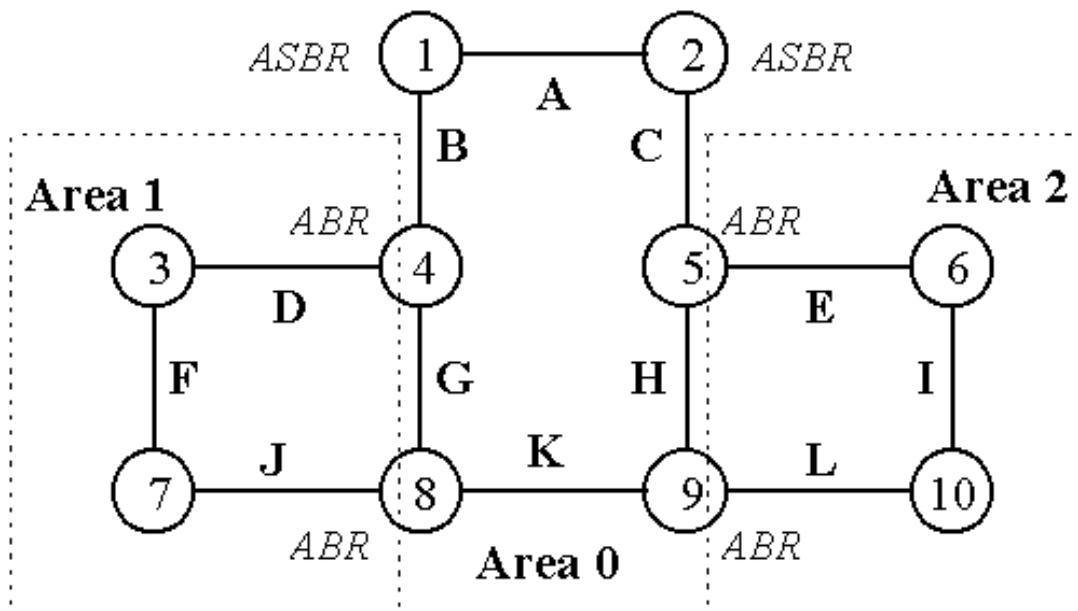


Рис. Д.1.1. Приклад розбиття домену маршрутизації OSPF на області

З рис. Д.1.1 випливає, що домен маршрутизації розбитий на три області, з яких область 0 (Area 0) є магістральною. Маршрутизатори M1 і M2 є граничними маршрутизаторами автономної системи ASBR. Маршрутизатори M4, M5, M8, M9 – граничними маршрутизаторами ABR. Мережі А, В, С, G, К, Н належать магістральній області. Будемо вважати, що метрики зв'язків з кожною мережею дорівнюють 1.

Розглянемо вміст бази даних стану каналів в області 1. У цій базі даних знаходяться такі записи.

1. Записи про зв'язки маршрутизаторів M3, M4, M7, M8 з мережами D, F, J, джерелами яких є ці самі маршрутизатори; на підставі цих записів розраховуються маршрути всередині області 1.

2. Записи про досяжність мереж магістральної області (A, B, C, G, K, H); вносяться граничними маршрутизаторами M4 і M8 на підставі обчислень за базою даних магістральної області, копію якої має кожний із граничних маршрутизаторів, тому що всі вони підключені до магістральної області безпосередньо. При цьому кожний із граничних маршрутизаторів (M4, M8) повідомляє в область 1 тільки найкоротшу відстань від себе до кожної мережі магістральної області (A, B, C, G, K, H) для того, щоб внутрішні маршрутизатори області 1 (M3, M7) змогли побудувати маршрути до мереж магістральної області відповідно до цих значень через той або інший граничний маршрутизатор ABR (M4, M8).

Наприклад, для мережі A граничний маршрутизатор M4 оголосить внутрішнім маршрутизаторам області 1 метрику 2, а граничний маршрутизатор M8 – метрику 3. Внутрішній маршрутизатор M3 не знає, яким маршрутом граничні маршрутизатори M4 або M8 будуть відправляти IP-пакети в мережу A, однак він знає, що від нього до граничного маршрутизатора M4 найкоротшим маршрутом є маршрут $\{M3 \rightarrow M4\}$ з метрикою 1, а до граничного маршрутизатора M8 – маршрут $\{M3 \rightarrow M7 \rightarrow M8\}$ з метрикою 2 (не маршрут $\{M3 \rightarrow M4 \rightarrow M8\}$, тому що мережа G не належить області 1). Отже, внутрішній маршрутизатор M3 зробить висновок, що найкоротший шлях у мережу A магістральної області має метрику 3 і проходить через граничний маршрутизатор M4, а маршрут до граничного маршрутизатора M4 йому відомий.

3. Записи про досяжність мереж області 2 (E, I, L); вносяться граничними маршрутизаторами M4 і M8 на підставі метрик відстаней до цих мереж, оголошених у магістральну мережу граничними маршрутизаторами області 2 M5 і M9. При цьому кожний із граничних маршрутизаторів області 1 (M4, M8) додає до цих метрик довжину найкоротшого шляху в магістральній

мережі від себе до граничних маршрутизаторів області 2 (M5, M9), після чого для кожної мережі області 2 (E, I, L) вибирає найменше значення й повідомляє його в область 1.

Наприклад, граничний маршрутизатор області 2 M5 повідомляє в магістральну мережу, що мережа E області 2 досяжна через нього з метрикою 1, а граничний маршрутизатор області 2 M9 – що та сама мережа (мережа E) досяжна через нього з метрикою 3 (маршрут {M9 → M5} знаходиться за межами області 2). Граничний маршрутизатор області 1 M8 одержує ці оголошення й обчислює за своєю копією бази даних магістральної мережі метрику найкоротшого шляху від нього до граничного маршрутизатора області 2 M5, яка дорівнює 2, а до граничного маршрутизатора області 2 M9 дорівнює 1. Отже, відстань до мережі E від граничного маршрутизатора області 1 M8 дорівнює 3, якщо йти через граничний маршрутизатор області 2 M5, і 4, якщо йти через граничний маршрутизатор області 2 M9. На підставі цього результату граничний маршрутизатор M8 повідомляє в область 1, що мережа E досяжна через нього з метрикою 3.

Для внутрішніх маршрутизаторів області 1 (M3, M7) оголошення граничних маршрутизаторів області 1 (M4, M8) про досяжність мереж магістральної мережі та про досяжність мереж області 2 не відрізняються за своїм виглядом. І ті й інші – суть оголошення про досяжність мереж автономної системи, що не входять у дану область (область 1).

4. Записи про досяжність мереж за межами автономної системи; вносяться граничними маршрутизаторами області 1 (M4, M8) і являють собою просто ретрансляцію повідомлень про зовнішні маршрути, розповсюджені граничними маршрутизаторами автономної системи ASBR (M1, M2).

5. Записи про досяжність граничних маршрутизаторів автономної системи ASBR (M1, M2); вносяться граничними маршрутизаторами області 1 (M4, M8) на підставі обчислень за базою даних магістральної мережі, до якої підключені граничні маршрутизатори автономної системи ASBR (M1, M2). Кожний граничний маршрутизатор області 1 (M4, M8) повідомляє найкоротшу відстань від себе до кожного граничного маршрутизатора автономної системи ASBR (M1, M2), якого він

може досягти. Такі оголошення необхідні, оскільки всередину області 1 не поширюється інформація про маршрути до маршрутизаторів інших областей.

Аналогічно утворюються бази даних станів в області 2 і в магістральній мережі.

2. Втрата зв'язності в магістральній області

Далі розглянемо випадок, коли магістральна мережа виявилася розділеною на дві незв'язні частини (наприклад у результаті пошкодження або відключення певних зв'язків між маршрутизаторами магістральної мережі). На прикладі розглянутої автономної системи припустимо, що мережі В і Н перестали функціонувати або відсутні. У цьому випадку досяжність мереж магістральної області А і С, з одного боку, і К і G, з іншого боку, виявляється неможливою, незважаючи на існування фізичного маршруту через область 2. Це пов'язано з тим, що граничний маршрутизатор області 2 М9 проводить пошук маршрутів до мереж магістральної області А і С за базою даних магістральної мережі. Однак граф магістральної мережі більше не є зв'язним, тому мережі А і С недосяжні. Зазначимо, що граничний маршрутизатор області 2 М5 повідомляє в область 2 дані про досяжність мереж А і С, але ці дані можуть бути використані тільки внутрішніми маршрутизаторами області 2 (М6, М10).

Відновити зв'язність магістральної мережі в цьому випадку можна шляхом організації віртуального каналу, який буде проходити через область 2 між її граничними маршрутизаторами М5 і М9. При цьому фактично в магістральну мережу додається резервний зв'язок, незважаючи на те, що фізично вона проходить через іншу область.

Приклад розподілу магістральної мережі на дві незв'язні частини подано на рис. Д.1.2.

Таким чином, можна зробити висновок, що досяжність усіх мереж із усіх областей протоколу OSPF можлива тільки в тому випадку, коли не буде порушена зв'язність графів у всіх областях протоколу OSPF.

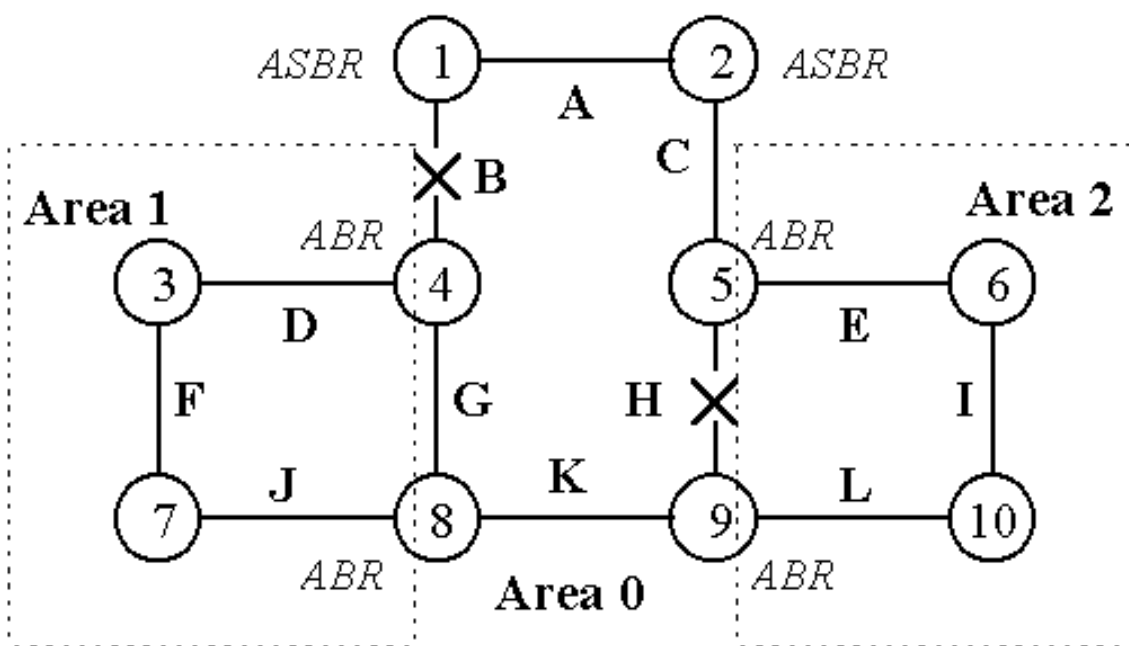


Рис. Д.1.2. Приклад розподілу магістральної мережі на дві незв'язні частини

Типова трирівнева ієрархічна модель побудови IP-мережі

Сучасні IP-мережі найчастіше будуються на основі типової трирівневої ієрархічної моделі (модель пропонується компанією Cisco). У моделі передбачаються три рівні: рівень ядра, рівень доступу і рівень розподілу (рис. Д.2.1).

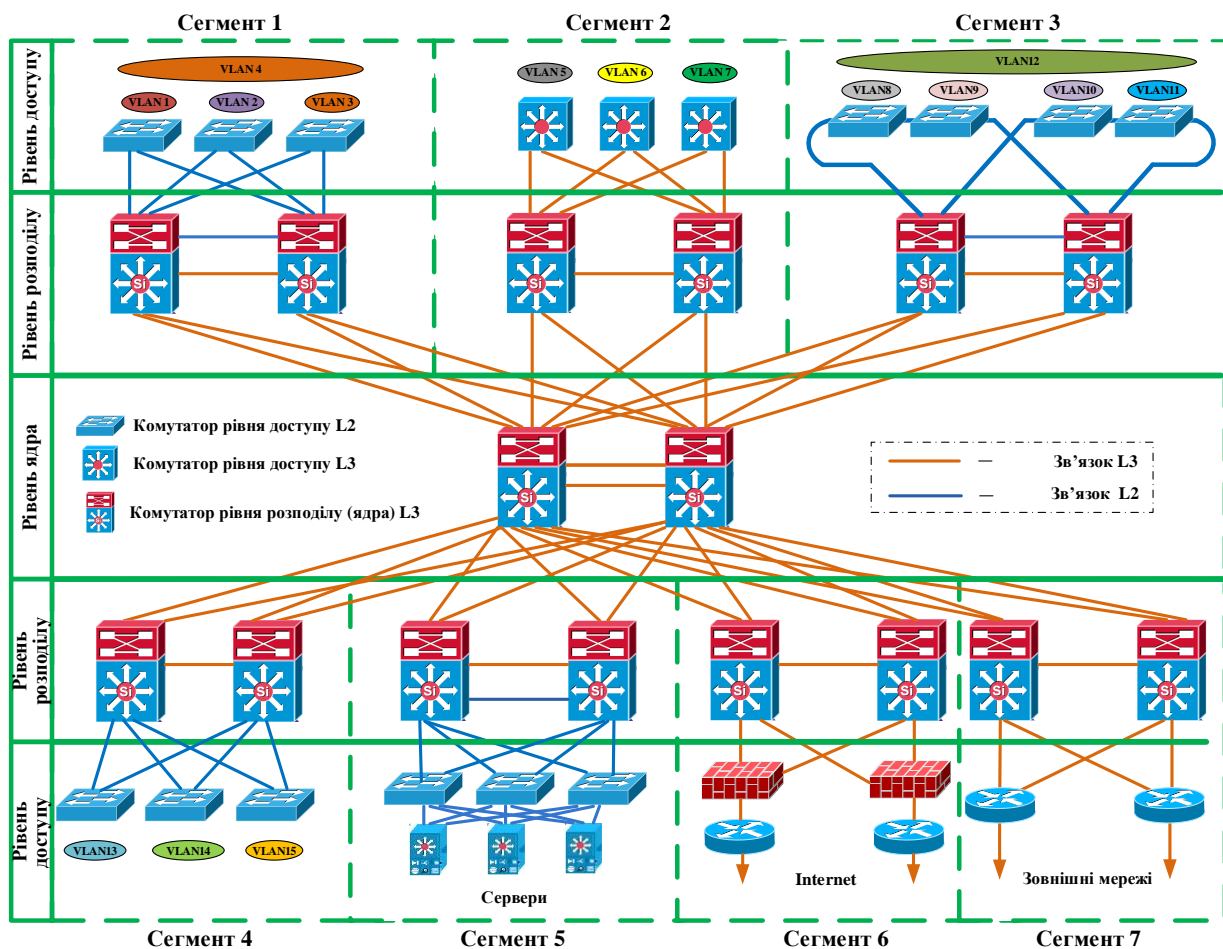


Рис. Д.2.1. Типова трирівнева ієрархічна модель побудови IP-мережі

У рамках кожного рівня ключовою задачею є забезпечення масштабованості, тобто можливості розширення потужності рівня без серйозних архітектурних змін. Кожний рівень відповідає за реалізацію певних функцій. Проте ці рівні є логічними і не обов'язково повинні бути узгоджені з фізичними пристроями.

Крім трьох рівнів, у даній моделі можна виділити функціональні модулі для підключення до зовнішніх корпоративних мереж (WAN), мережі Інтернет (відрізняється від модуля WAN наявністю окремих систем забезпечення інформаційної безпеки) і для підключення серверів з інформаційними ресурсами (центр обробки даних, інформаційно-обчислювальний центр).

1. Рівень доступу призначений для забезпечення як проводового, так і безпроводового доступу користувачів до мережі.

У загальному випадку на рівні доступу можуть здійснюватися такі основні функції:

- безпосереднє підключення обладнання користувачів до мережі;

- розподіл користувачів на певні групи (у тому числі на основі технології віртуальних локальних мереж (VLAN) відповідно до стандарту IEEE 802.1 q);

- забезпечення необхідного рівня якості обслуговування користувачів для кожної групи (у тому числі відповідно до стандарту IEEE 802.1 p);

- забезпечення захисту користувачів і мережі від несанкціонованих дій (функції інформаційної безпеки), а саме DHCP-snooping (захист користувачів від отримання IP-адреси від невідомого DHCP-сервера, заборона захоплення всіх IP-адрес мережі); IP Source guard (захист від атаки типу IP-spoofing, тобто від підміни IP-адреси джерела); Port security (захист від несанкціонованого підключення до мережі, підміни MAC-адреси, а також від атак, спрямованих на переповнення таблиці комутації; дозволяє встановити обмеження на кількість MAC-адрес, яким дозволено передавати кадри через певний порт комутатора); Dynamic ARP inspection (захист від атаки типу ARP-spoofing, тобто від перехоплення кадрів користувачів на каналному рівні з використанням хибних кадрів протоколу ARP).

На рівні доступу найчастіше застосовуються комутатори другого рівня, які здійснюють первинну сегментацію мережі на основі технології VLAN (сегменти 1, 3–5 на рис. Д.2.1). Але в разі необхідності можуть застосовуватися і комутатори третього рівня (сегмент 2 на рис. Д.1.1), що у свою чергу призведе до значного

збільшення вартості реалізації такого рішення. У сегментах 1, 2, 4, 5 на рис. Д.1.1 кожен комутатор рівня доступу має безпосередній зв'язок з кожним комутатором рівня розподілу, що підвищує надійність мережі.

Треба відмітити принципову різницю між сегментами 1 та 4: комутатори рівня розподілу сегмента 4 не мають, на відміну від сегмента 1, зв'язку другого рівня між собою. Стійкість до відмов трактів передачі за відсутності зв'язку другого рівня між комутаторами рівнів доступу та розподілу досягається за рахунок використання одного з протоколів підвищення надійності шлюзу (HSRP, VRRP, GLBP). Відмова тракту передачі між одним з комутаторів рівня розподілу, який у цей час виконує функції шлюзу, і комутатором рівня доступу призведе до виконання функцій шлюзу іншим (резервним) комутатором рівня розподілу. Перевагою цього варіанта є відсутність потреби в протоколі покривного дерева, оскільки відсутні цикли на другому рівні, і можливість одночасного використання обох трактів передавання від кожного комутатора рівня доступу.

Звернемо увагу на те, що в сегменті 1 доступ до віртуальної локальної мережі VLAN 4 можливий з довільного комутатора рівня доступу (аналогічно в сегменті 3 доступ до VLAN 2 можливий з довільного комутатора рівня доступу), на відміну від сегментів 2 та 4, у яких межа дії віртуальної локальної мережі обмежена одним комутатором доступу. Для забезпечення можливості доступу до певної віртуальної локальної мережі з довільного комутатора доступу необхідно, щоб було утворено з'єднання на другому рівні між комутаторами рівня розподілу, а також ввімкнено на комутаторах рівнів доступу та розподілу один з сімейства протоколів покривного дерева (STP, RSTP, MSTP, PVST, PVST+). З метою підвищення надійності шлюзу може бути застосований один з сімейства протоколів підвищення надійності шлюзу (HSRP, VRRP, GLBP).

Також є можливим застосування більш економічного, але й менш надійного варіанта – ланцюгів комутаторів доступу, які з'єднані своїми кінцями з кожним комутатором рівня розподілу (сегмент 3 на рис. Д.2.1). Слід зазначити, що застосування ланцюгів комутаторів доступу вимагає обов'язкової наявності з'єднання на другому рівні між комутаторами рівня розподілу (це

фактично призводить до утворення кільцевої топології на другому рівні) і ввімкнення одного з сімейства протоколів покривного дерева (STP, RSTP, MSTP, PVST, PVST+), що унеможлиблює втрату зв'язку при виникненні одиничного пошкодження тракту передачі в ланцюзі комутаторів. На рис. Д.2.2 показано, що за відсутності з'єднання на другому рівні між комутаторами рівня розподілу може бути втрачено зв'язок у випадку відмови тракту передачі між комутаторами другого рівня (відмова трактів, безпосередньо не з'єднаних з комутаторами рівня розподілу, не може бути виявлена протоколом підвищення надійності шлюзу, наприклад протоколом HSRP).

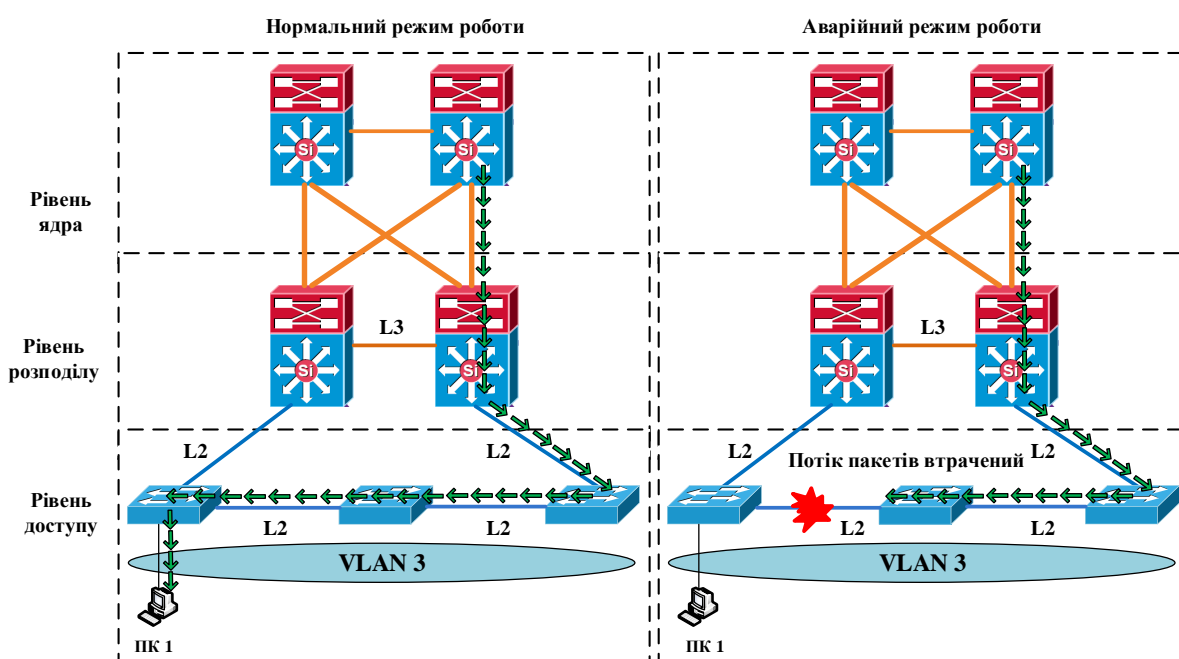


Рис. Д.2.2. Приклад втрати зв'язку за відсутності з'єднання на другому рівні між комутаторами рівня розподілу при використанні ланцюга комутаторів на рівні доступу

2. Рівень розподілу призначений для об'єднання у зв'язний сегмент мережі певної кількості окремих комутаторів рівня доступу та/або віртуальних локальних мереж, а також для забезпечення доступу користувачів до інформаційних ресурсів мережі.

У загальному випадку на рівні розподілу можуть здійснюватися такі функції:

– забезпечення взаємодії (інформаційного обміну) між користувачами, які підключені до окремих комутаторів рівня доступу та/або входять до утворених на рівні доступу за допомогою технології віртуальних локальних мереж груп користувачів;

– забезпечення доступу користувачів до інформаційних ресурсів мережі;

– обмеження розповсюдження широкомовних кадрів у межах однієї віртуальної локальної мережі;

– забезпечення політики інформаційної безпеки, яка регламентує правила взаємодії (інформаційного обміну) між користувачами з різних віртуальних локальних мереж і правила доступу користувачів до певних інформаційних ресурсів мережі, а також захисту від атак типу IP-spoofing (захисту від підміни IP-адреси джерела). Зазначимо, що функції інформаційної безпеки на рівні розподілу є другорядними.

На рівні розподілу найчастіше застосовуються комутатори третього рівня, які забезпечують взаємодію (інформаційний обмін) між користувачами, які належать до різних віртуальних локальних мереж. У кожному сегменті, як правило, застосовується по два комутатори рівня розподілу (основний і резервний) з метою підвищення надійності. Комутатори рівня розподілу повинні мати між собою зв'язок на третьому рівні з метою забезпечення можливості застосування підсумовування маршрутів.

Ефективне використання основного і резервного комутаторів рівня розподілу досягається за рахунок застосування таких протоколів, як MSTP, PVST, PVST+ HSRP, VRRP, GLBP, які дозволяють забезпечити балансування навантаження між комутаторами рівня розподілу та підвищити надійність шлюзу.

3. Рівень ядра призначений для об'єднання всіх сегментів, утворених комутаторами рівня розподілу, у єдину мережу.

Головною функцією рівня ядра є забезпечення взаємодії (інформаційного обміну) між різними сегментами мережі, утвореними комутаторами рівня розподілу.

На рівні ядра застосовуються комутатори третього рівня, основною вимогою до яких є висока продуктивність. Як правило,

на рівні ядра застосовуються два комутатори третього рівня з метою підвищення надійності. Взаємодія комутаторів рівня розподілу з комутаторами ядра здійснюється на третьому рівні.

Застосування рівня ядра з метою об'єднання всіх сегментів, утворених комутаторами рівня розподілу, у єдину мережу дозволяє суттєво зменшити кількість необхідних зв'язків між сегментами мережі (рис. Д.2.3) порівняно з випадком безпосереднього з'єднання комутаторів рівня розподілу (рис. Д.2.4).

Розглянута трирівнева модель IP-мережі є еталонною та передбачає дублювання всіх зв'язків та обладнання. Проте в реальних умовах мережа не завжди може бути повністю реалізована відповідно до таких принципів з економічних або технічних причин. Тому при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні можуть бути застосовані спрощені порівняно з типовою моделлю варіанти побудови IP-мереж.

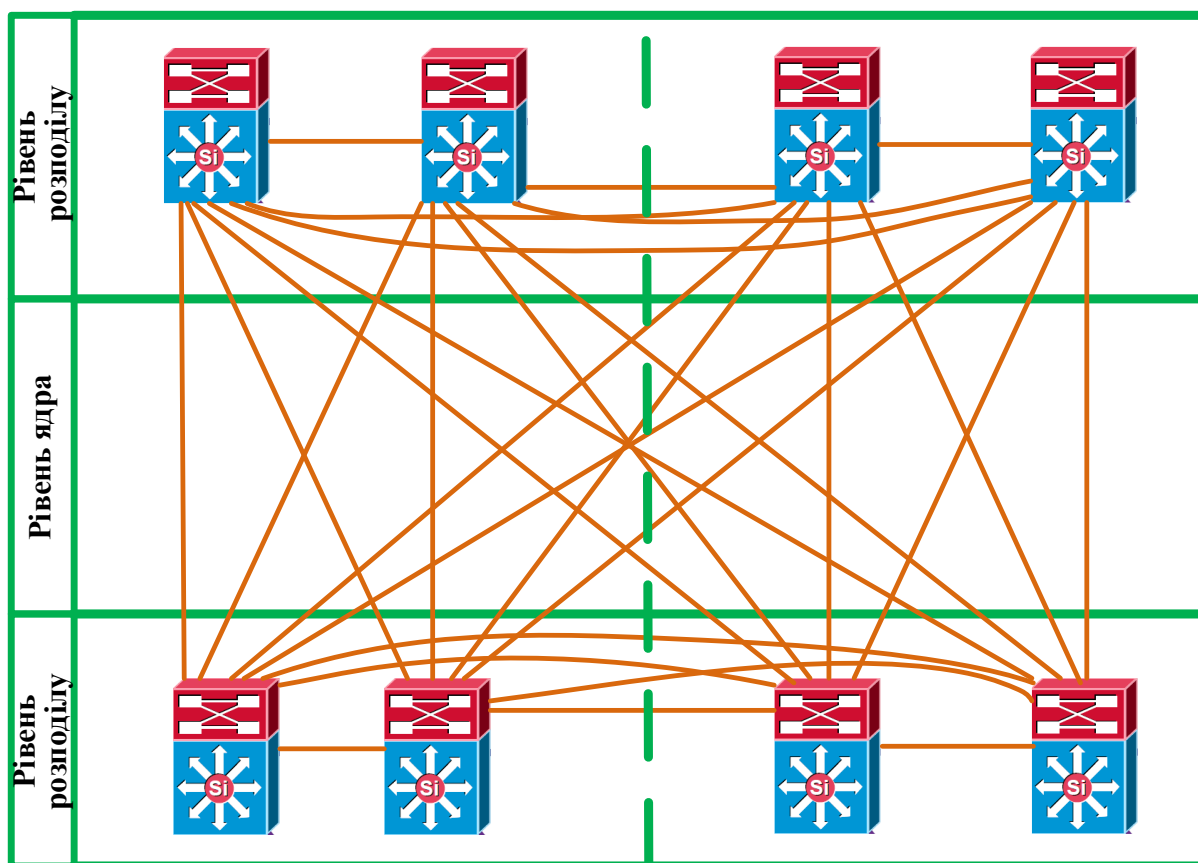


Рис. Д.2.3. Приклад схеми мережі з безпосереднім з'єднанням комутаторів рівня розподілу (необхідно 24 з'єднання для об'єднання всіх сегментів мережі, з'єднання між комутаторами одного сегмента не враховані)

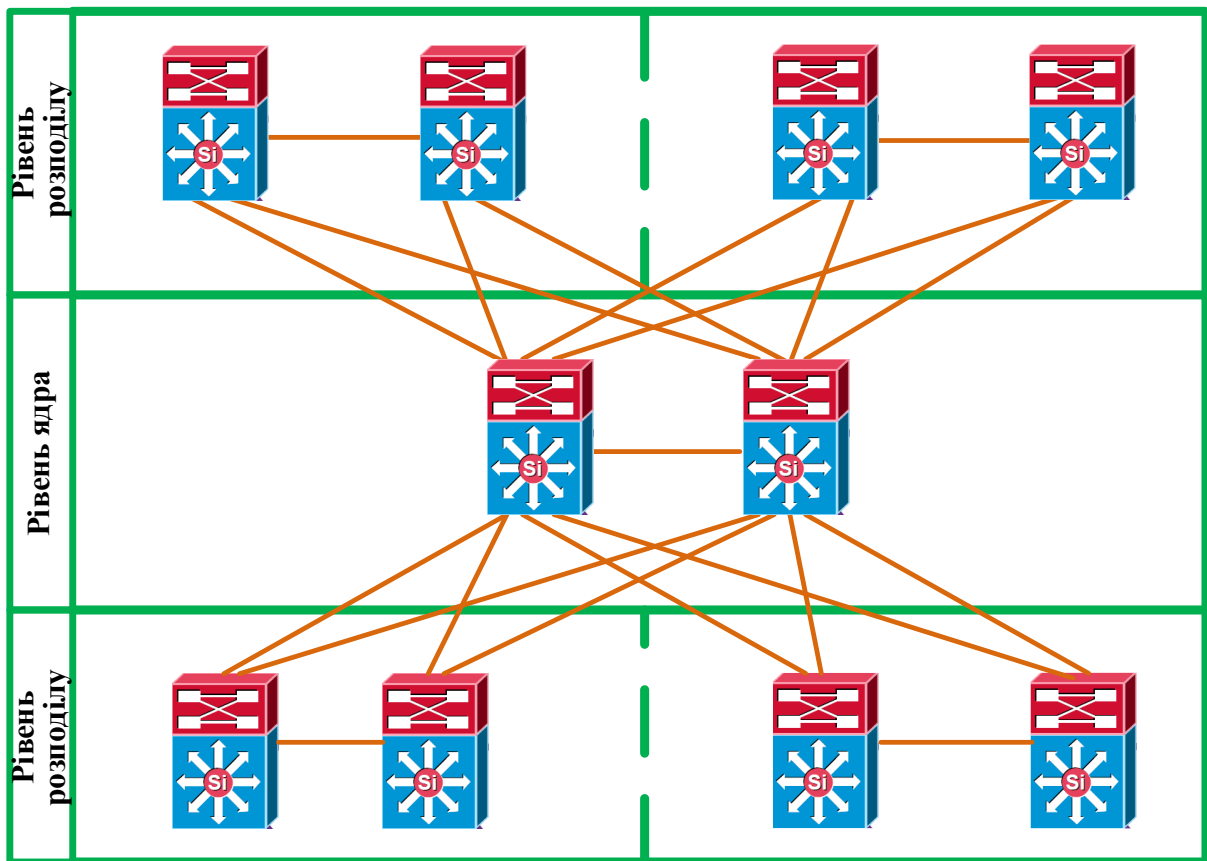


Рис. Д.2.4. Приклад схеми мережі з використанням комутаторів рівня ядра (необхідно тільки 16 з'єднань з ядром мережі)

На рис. Д.2.5 показано приклад схеми мережі, побудованої за трирівневою схемою, але без застосування дублюючих зв'язків і дублюючого обладнання.

Також на практиці можлива реалізація ще більш простих схем за рахунок використання тільки одного рівня – рівня доступу або тільки двох рівнів – рівнів доступу та розподілу (при цьому функції рівня ядра буде виконувати рівень розподілу). Наприклад, для мережі невеликого офісу буде доцільним застосування тільки рівня доступу (рис. Д.2.6), а для організації, яка займає кілька етажів однієї будівлі або усю будівлю, доцільно поєднати рівень розподілу та рівень ядра в єдиний рівень (рис. Д.2.7). Приклад побудови порівняно невеликої дворівневої мережі організації, яка займає кілька окремих будівель, показаний на рис. Д.2.8 (комутатори рівня розподілу можуть утворювати кільцеву топологію, як показано на цьому рисунку, або бути з'єднаними за принципом кожен з кожним).

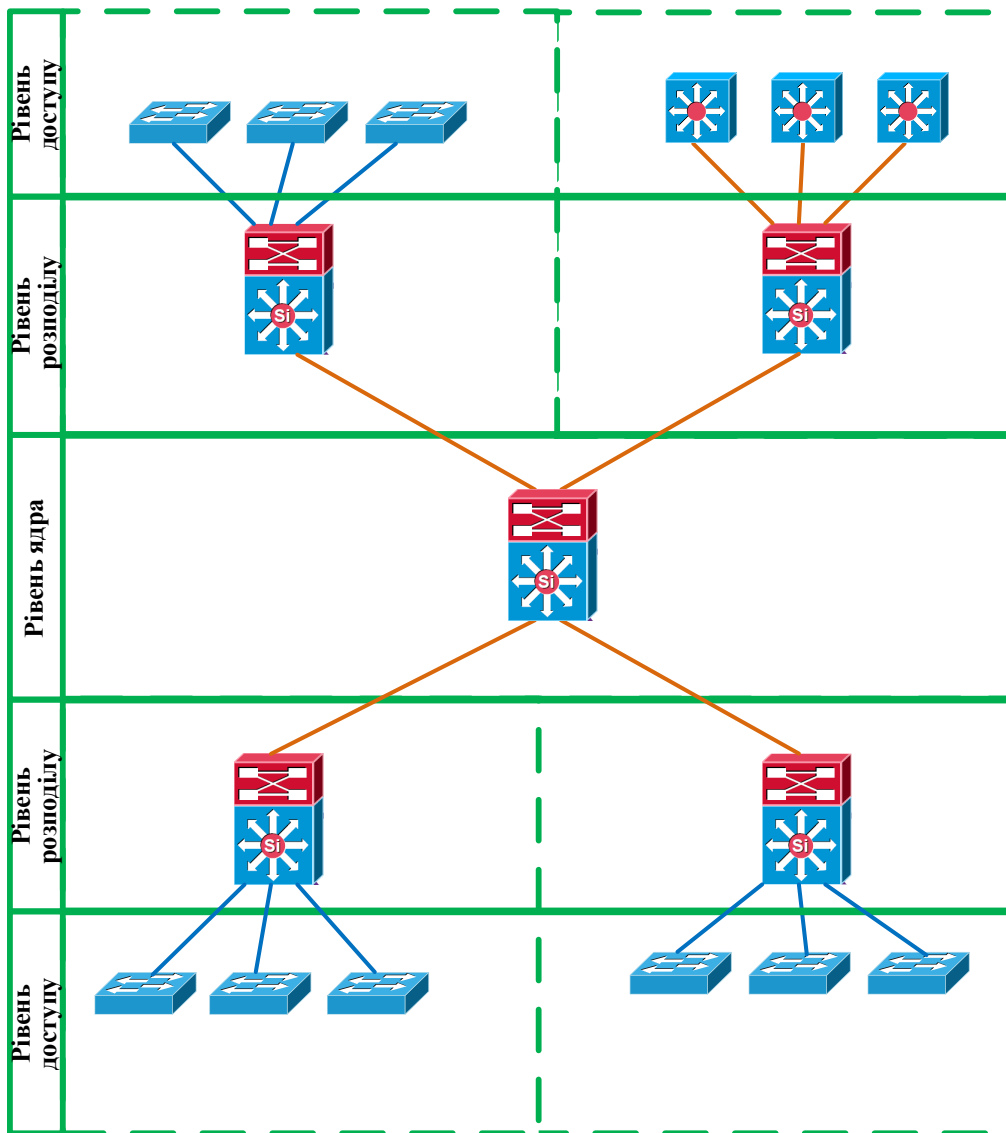


Рис. Д.2.5. Приклад тривірневої схеми IP-мережі без застосування дублюючих зв'язків і дублюючого обладнання

До мережі Internet

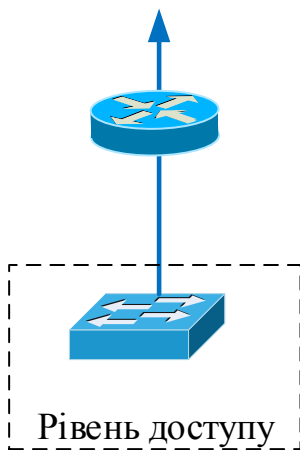


Рис. Д.2.6. Приклад однорівневої схеми мережі на основі рівня доступу

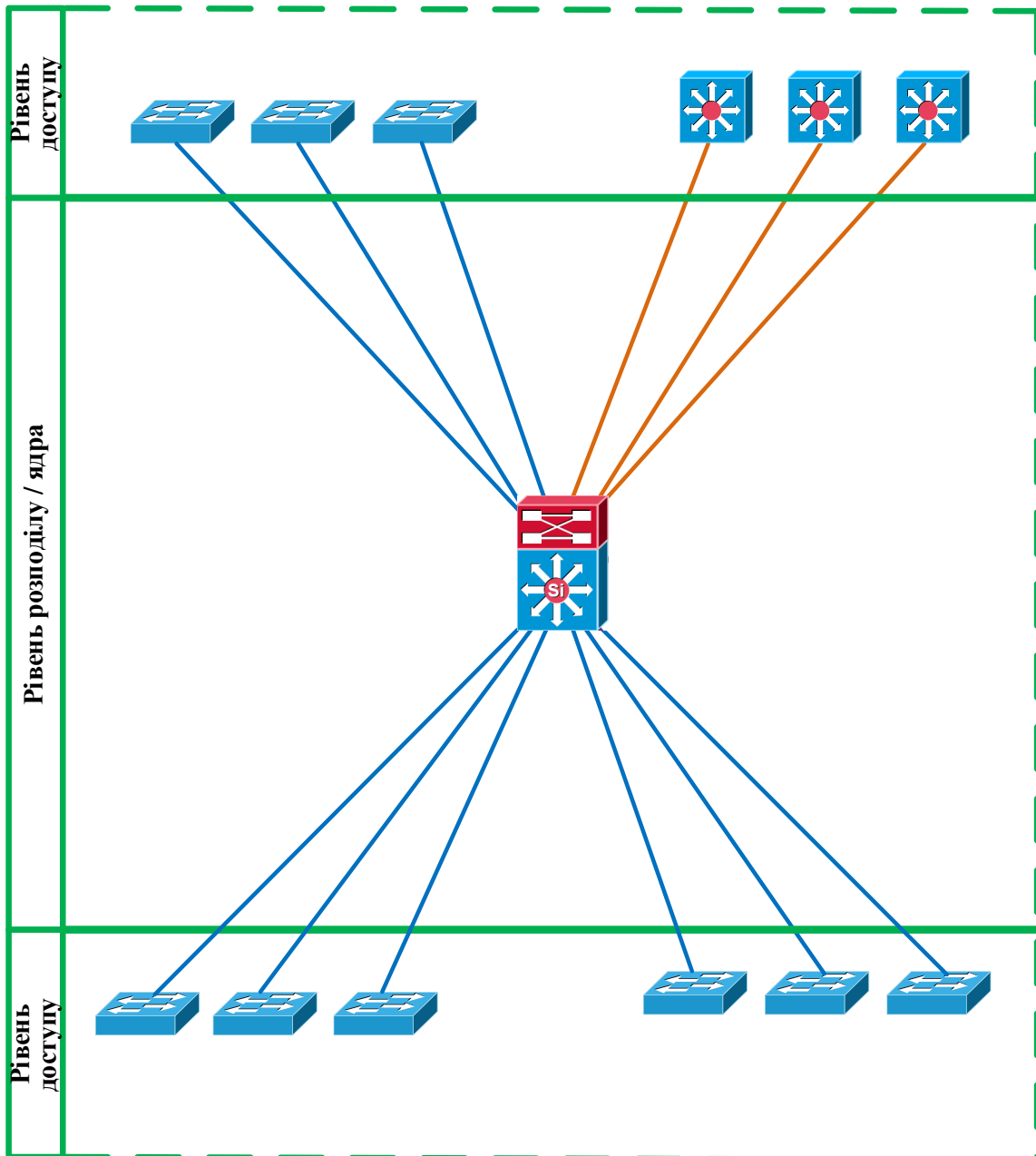


Рис. Д.2.7. Приклад дворівневої схеми мережі з одним комутатором на рівні розподілу/ядра

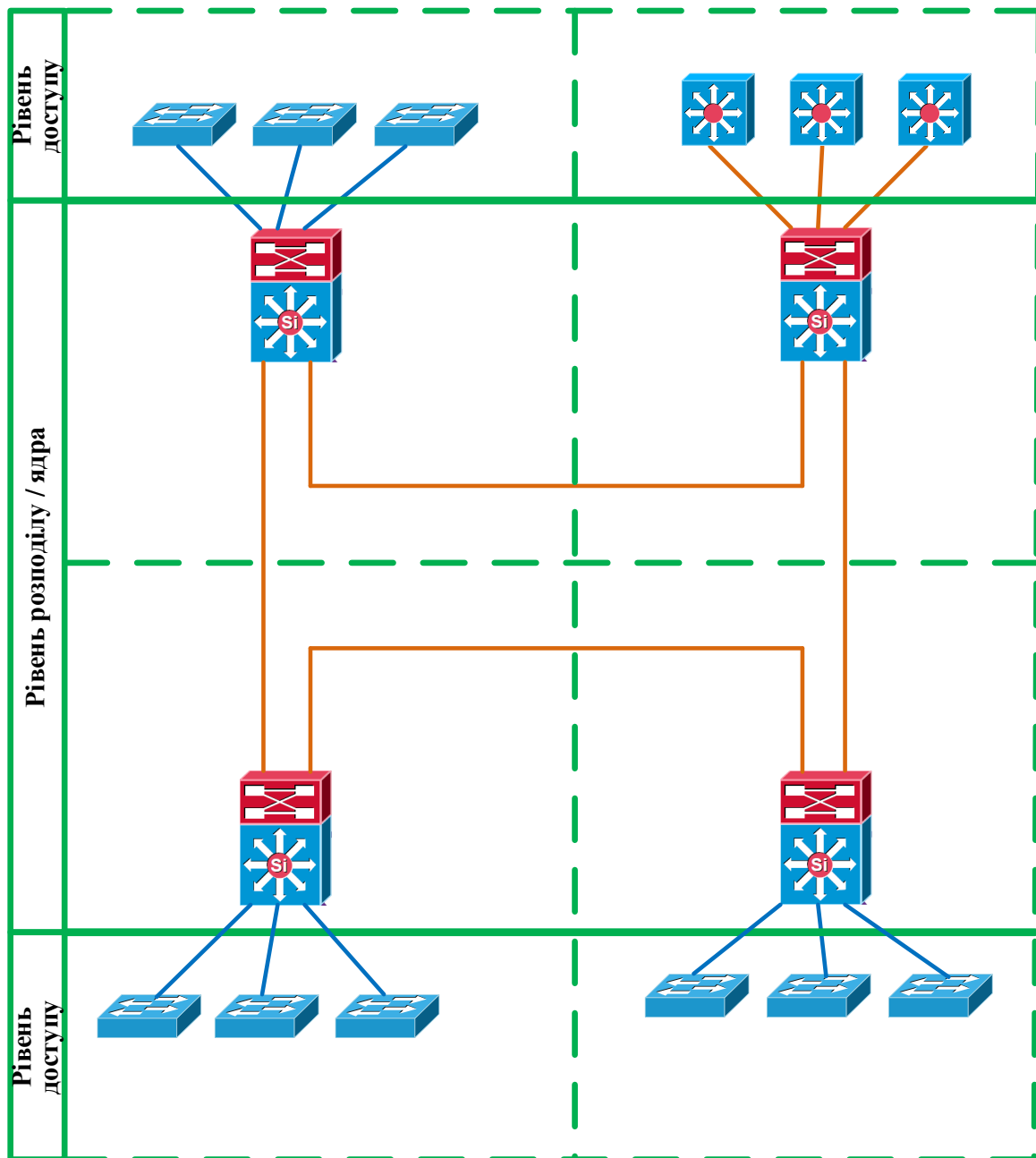


Рис. Д.2.8. Приклад дворівневої схеми мережі з декількома комутаторами на рівні розподілу/ядра

Загальні відомості про оголошення LSA (типи 1–5)

1. Оголошення LSA типу 1, Router LSA, – оголошення про стан каналів маршрутизатора. Розповсюджується всіма маршрутизаторами тільки в межах однієї зони.

В оголошенні LSA типу 1 міститься:

- опис усіх каналів маршрутизатора (безпосередньо підключених до нього);
- метрика кожного каналу;
- список сусідів на кожному інтерфейсі.

Значенням параметра Link-State ID, який входить до складу заголовку LSA типу 1, є ідентифікатор маршрутизатора Router ID, який відправляє дану LSA.

Значення параметра Link-id, який входить до складу опису каналу в LSA типу 1, залежить від типу зв'язку (каналу):

- двочкове з'єднання (Point-to-Point) з іншим (сусіднім) маршрутизатором – Router ID сусіда;
- з'єднання з тупиковою мережею (мережа, до якої приєднаний тільки один маршрутизатор – номер мережі/маска);
- з'єднання з транзитною мережею (мережа, у якій є, як мінімум, два безпосередньо з'єднані маршрутизатори) – IP-адреса призначеного маршрутизатора DR;
- Virtual link – ідентифікатор маршрутизатора Router ID сусіда.

2. Оголошення LSA типу 2, Network LSA або Network Links, – оголошення про стан каналів мережі. Розповсюджується виділеним маршрутизатором DR у ширококомовній мережі; не утворюється в мережах, у яких не відбувається вибору виділеного маршрутизатора DR. Розповсюджуються тільки в межах однієї зони.

Значенням параметра Link-State ID, який входить до складу заголовку LSA типу 2, є IP-адреса інтерфейсу виділеного маршрутизатора DR.

В LSA типу 2 міститься опис (у тому числі ідентифікатори) усіх маршрутизаторів, приєднаних до мережі, включаючи виділений маршрутизатор DR, а також маска мережі.

Якщо в широкомовному сегменті мережі всього два сусіди, то в оголошеннях LSA типу 2 і процедурі вибору призначеного маршрутизатора DR нема необхідності, тому в цьому випадку існує можливість переведення інтерфейсів у режим двоточкового з'єднання (point-to-point).

3. Оголошення LSA типу 3, Network Summary LSA, – сумарне оголошення про стан каналів мережі. Оголошення розповсюджується граничними маршрутизаторами ABR (у межах автономної системи OSPF). Оголошення описує тільки маршрути до мереж поза областю OSPF. Містить інформацію про мережі й вартість шляху (метрику) до цих мереж, але не містить інформацію про топологію мережі. За замовчуванням, граничний маршрутизатор відправляє окреме оголошення LSA типу 3 для кожної відомої йому мережі (не застосовуючи процедуру підсумовування мереж). За необхідності граничний маршрутизатор ABR може виконувати підсумовування мереж.

Значенням параметра Link-State ID, який входить до складу заголовка LSA типу 3, є номер мережі призначення та маска.

Коли маршрутизатор одержує оголошення LSA типу 3 від граничного маршрутизатора ABR, він не запускає алгоритм обчислення найкоротшого шляху (алгоритм Дейкстри). Маршрутизатор просто додає до вартості (метрики) маршруту, зазначеного в LSA типу 3, вартість (метрику) шляху до граничного маршрутизатора. Потім маршрут до мережі призначення через граничний маршрутизатор ABR поміщається в таблицю маршрутизації.

4. Оголошення LSA типу 4, ASBR Summary LSA, – сумарне оголошення про стан каналів граничного маршрутизатора автономної системи ASBR. Оголошення розповсюджується граничними маршрутизаторами ABR (у межах автономної системи OSPF).

Оголошення LSA типу 4 призначено для сповіщення всіх маршрутизаторів, які знаходяться в областях OSPF, відмінних від області, у якій знаходиться граничний маршрутизатор автономної системи ASBR, про місцезнаходження граничного маршрутизатора автономної системи ASBR. Формують оголошення LSA типу 4 граничні маршрутизатори ABR, які знаходяться в тій самій області OSPF, що й граничний маршрутизатор автономної системи ASBR.

Оголошення LSA типу 4 відрізняється від оголошення LSA типу 3 тим, що переносить інформацію не про мережу призначення, а про граничний маршрутизатор автономної системи ASBR.

Значенням параметра Link-State ID, який входить до складу заголовка оголошення LSA типу 4, є ідентифікатор граничного маршрутизатора автономної системи ASBR Router ID ASBR, інформацію про який містить дане оголошення.

5. Оголошення LSA типу 5, AS External LSA, – оголошення про стан зовнішніх каналів автономної системи. Оголошення розповсюджується граничним маршрутизатором автономної системи ASBR (у межах автономної системи OSPF). Оголошення описує зовнішні маршрути (у тому числі за замовчуванням) для автономної системи OSPF.

Значенням параметра Link-State ID, який входить до складу заголовка LSA типу 3, є номер зовнішньої мережі та маска.

Характеристика оголошень LSA (типи 1–5) наведена в табл. Д.3.1.

Таблиця Д.3.1

Характеристики оголошень LSA (типи 1–5)

Тип LSA	Назва LSA	Link-State ID	Відправник	Область розповсюдження
LSA1	Router LSA	Router ID відправника	Усі маршрутизатори	Усередені області (IntraArea)
LSA 2	Network LSA	IP-адрес інтерфейса DR	DR (у широко-мовному сегменті мережі)	Усередені області (IntraArea)
LSA 3	Network Summary LSA	Мережа призначення, маска	ABR	Автономна система OSPF AS (InterArea)
LSA4	ASBR Summary LSA	Router ID ASBR	ABR	Автономна система OSPF AS (InterArea)
LSA 5	AS External LSA	Зовнішня мережа, маска	ASBR	Автономна система OSPF AS (InterArea)

Підсумовування IP-мереж (маршрутів)

Поява безкласової міждоменної маршрутизації CIDR (Classless Inter-Domain Routing) була викликана різким збільшенням кількості мереж в Інтернет і, як наслідок, збільшенням кількості маршрутів на магістральних маршрутизаторах, що призводило до підвищення вимог до їх продуктивності та об'єму пам'яті.

Технологія CIDR передбачає, що кожному постачальнику послуг Інтернет або, для корпоративних мереж, якому-небудь територіально відокремленому структурному підрозділу буде призначено безперервний діапазон IP-адрес (мережевий простір), а розподіл IP-адреси на номер мережі і номер вузла буде здійснюватись не на основі декількох старших бітів, що визначають клас мережі, а на основі масок змінної довжини VLSM (Variable Length Subnet Mask). Останнє дозволяє реалізувати маршрутизацію на основі узагальненого мережевого префікса, який визначає номер мережі та підмережі.

Застосування безкласової міждоменної маршрутизації CIDR надає можливість підсумовування маршрутних записів. У результаті одним записом у таблиці маршрутизації (сумарним маршрутом) можуть бути визначені шляхи до багатьох мереж (рис. Д.4.1), що призводить до зменшення розміру таблиць маршрутизації, збільшення швидкості обробки пакетів.

З рис. Д.4.1 видно, що маршрутизатор R2 містить у своїй таблиці маршрутизації тільки один запис для всіх мереж, що мають узагальнений мережевий префікс В, а маршрутизатор R4 містить у своїй таблиці маршрутизації тільки один запис для всіх мереж з узагальненим мережевим префіксом А. Якщо, наприклад, В1 – 172.16.0.0/16, В2 – 172.17.0.0/16, В3 – 172.18.0.0/16, В4 – 172.19.0.0/16, то В – 172.16.0.0/14 (приклад підсумовування IP-мереж наведено на рис. Д.4.2). Зазначимо, що в маршрутизаторі R1 підсумовування даних маршрутів не здійснюється, оскільки він є граничним, і в його таблиці маршрутизації мережа В1 позначена як безпосередньо підключена.

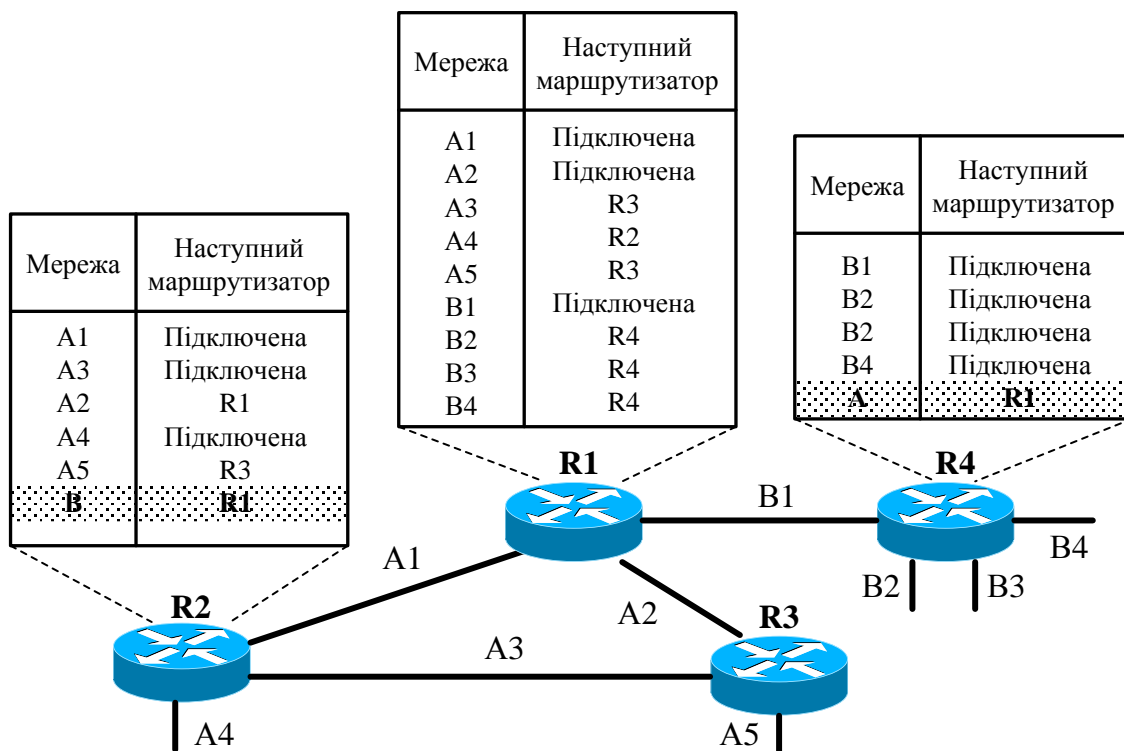


Рис. Д.4.1. Приклад підсумовування маршрутів

Таким чином, використання CIDR дозволяє поділяти великі мережі на домени з безперервним адресним простором, усередині яких передається інформація виключно про внутрішні мережі. Поза доменом використовується тільки загальний префікс мережі. У результаті багатьом мережам відповідає один запис у таблиці маршрутизації.

Недоліком розглянутого на рис. Д.4.2 способу підсумовування IP-мереж є необхідність представлення всіх IP-адрес у двійковому вигляді. Тому розглянемо на прикладі спрощений спосіб підсумовування, який не вимагає перетворення всіх IP-адрес у двійковий вигляд.

Приклад. Представити сумарною мережею групу мереж: 10.40.0.0/13, 10.48.0.0/13, 10.56.0.4/30.

Розв'язання:

1. Знаходимо найменшу і найбільшу IP-адреси в групі. Для цього порівнюємо однойменні октети різних IP-адрес між собою, починаючи зі старшого (першого зліва) октету:

10.**40**.0.0,
 10.48.0.0,
 10.**56**.0.4.

Група IP-мереж					
IP-адрес у двійковому вигляді					IP-адрес або маска у десятковому вигляді
1-й октет	2-й октет		3-й октет	4-й октет	
8 біт	6 біт	2 біта	8 біт	8 біт	
10101100	000100	00	00000000	00000000	172.16.0.0
10101100	000100	01	00000000	00000000	172.17.0.0
10101100	000100	10	00000000	00000000	172.18.0.0
10101100	000100	11	00000000	00000000	172.19.0.0
Сумарна IP-мережа					
10101100	000100	00	00000000	00000000	172.16.0.0
Маска сумарної IP-мережі					
11111111	111111	00	00000000	00000000	255.252.0.0 («/14»)

Рис. Д.4.2. Приклад підсумовування IP-мереж
 В1 – 172.16.0.0/16, В2 – 172.17.0.0/16, В3 – 172.18.0.0/16,
 В4 – 172.19.0.0/16 (у якості узагальненого мережевого префікса сумарної IP-мережі використовується спільна старша частина всіх IP-адрес)

Інші IP-адреси в групі в подальшому до уваги не беремо.

У результаті порівняння октетів визначасмо, що найменшою IP-адресою буде 10.**40**.0.0, а найбільшою – 10.**56**.0.4. При цьому найменша IP-адреса буде містити найменший другий зліва октет (**40**), а найбільша IP-адреса – найбільший другий зліва октет (**56**):

10.**40**.0.0,
 10.**56**.0.4.

2. Переводимо значення других октетів обох IP-адрес у двійковий вигляд. Далі знаходимо послідовність бітів, значення яких співпадають, починаючи зліва (виділено жирним шрифтом):

$\{40\}_{10}\{\mathbf{00101000}\}_2$,
 $\{56\}_{10}\{\mathbf{00111000}\}_2$.

Зазначимо, що останній біт цієї послідовності буде визначати границю маски сумарної IP-мережі, у зв'язку з чим виконуємо наступні кроки.

3. Значення всіх бітів, які розміщені після знайденої послідовності однакових бітів (вище ці біти були підкреслені), замінюємо на нульові, після цього переводимо модифікований октет у десятковий вигляд:

$$\{00100000\}_2\{32\}_{10}.$$

4. Знаходимо кількість одиниць у масці сумарної IP-мережі як суму бітів, які містить перший зліва октет (8 бітів), і визначену вище послідовність співпадаючих у розглядуваних IP-адрес бітів (3 біти):

$$10.\{00100000\}_2.0.0, \\ 8 + 311 \text{ бітів.}$$

І наприкінці, використовуючи отримане значення модифікованого октету і кількість одиниць у масці сумарної IP-мережі, можна безпосередньо визначити сумарну адресу IP-мережі:

$$10.32.0.0/11.$$

Приклад розв'язання цієї задачі повністю у двійковому вигляді показано на рис. Д.4.3.

Група IP-мереж					
IP-адрес у двійковому вигляді					IP-адрес або маска у десятковому вигляді
1-й октет	2-й октет		3-й октет	4-й октет	
8 біт	3 біта	5 біт	8 біт	8 біт	
00001010	001	01000	00000000	00000000	10.40.0.0
00001010	001	10000	00000000	00000000	10.48.0.0
00001010	001	11000	00000000	00000100	10.56.0.4
Сумарна IP-мережа					
00001010	001	00000	00000000	00000000	10.32.0.0
Маска сумарної IP-мережі					
11111111	111	00000	00000000	00000000	255.248.0.0 («/11»)

Рис. Д.4.3. Приклад підсумовування IP-мереж 10.40.0.0/13, 10.48.0.0/13, 10.56.0.4/30 у двійковому вигляді (отримання сумарного адресного простору)

Основні режими конфігурування пристроїв з операційною системою Cisco IOS

Таблиця Д.5.1.

Основні режими конфігурування пристроїв з операційною системою Cisco IOS

Режим	Символи запрошення в командному рядку	Команда входу в режим	Команда виходу з режиму
Користувачський 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 конфігуруванню, 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, відповідні об'єкту конфігурації	exit (ex)

Контекстна довідка в 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 в 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 нема 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
```

Зворотна маска

Зворотна маска (Wildcard Mask) визначає в IP-адресі за допомогою послідовності одиниць біти, які відповідають номеру вузла IP-мережі (рис. 2.7.1). Зрозуміло, що послідовність нулів зворотної маски буде визначати в IP-адресі біти, які відповідають номеру IP-мережі.

Пряма маска (Subnet Mask): 11111111.11111000.00000000.00000000

Зворотна маска (Wildcard Mask): 00000000.00000111.11111111.11111111

Рис. Д.7.1. Пряма та зворотна маски у двійковому вигляді

Від звичайної прямої маски (Subnet Mask) зворотна маска відрізняється тим, що замість послідовності одиниць прямої маски зворотна маска має послідовність нулів, а замість послідовності нулів – послідовність одиниць. Отримання зворотної маски з прямої, представлені у двійковому вигляді, полягає в застосуванні операції інверсії до кожного біта прямої маски. Але тут слід зазначити, що отримання зворотної маски вручну зручніше за все виконувати, застосовуючи представлення прямої маски в десятковому вигляді, оскільки сума в десятковому вигляді октетів прямої та зворотної масок становить 255 (рис. Д.7.2).

Пряма маска (Subnet Mask): 255.248. 0 . 0

Зворотна маска (Wildcard Mask): 0 . 7 . 255.255

Рис. Д.7.2. Пряма та зворотна маски у десятковому вигляді (результат підсумовування кожного октету прямої та зворотної масок становить 255)

Таким чином, октет зворотної маски в десятковому вигляді буде результатом різниці між числом 255 і октетом прямої маски у десятковому вигляді, наприклад:

$$\begin{array}{r} 255.255.255.255 \\ - 255.255.255.252 \\ \hline 0.0.0.3 \end{array},$$

$$\begin{array}{r} 255.255.255.255 \\ - 255.248. 0. 0 \\ \hline 0 . 7 .255.255 \end{array}.$$

Порядок отримання прямої маски зі зворотної аналогічний розглянутому вище, за винятком того, що віднімати від числа 255 треба октети зворотної маски, представлені в десятковому вигляді, наприклад:

$$\begin{array}{r} 255.255.255.255 \\ - 0. 0 . 0 . 3 \\ \hline 255.255.255.252 \end{array}.$$

Відповіді на тестові питання

Номер тестового питання	Правильна відповідь
1	V1, V2, V3
2	V4, V5
3	V1, V2
4	V1
5	V1, V2, V3
6	V4, V5
7	V1
8	V2
9	V1, V2
10	V3, V4, V5
11	V1
12	V2, V3
13	V2
14	V1, V2, V3
15	V1
16	V2
17	V1
18	V1
19	V1
20	V1, V2, V3, V4
21	V1
22	V5
23	V1

Номер тестового питання	Правильна відповідь
24	V1
25	V3
26	V1
27	V1
28	V1
29	V1
30	V1
31	V1
32	V1
33	V1
34	V1, V2, V3
35	V1
36	V1
37	V1, V2, V3
38	V1
39	V1
40	V1
41	V1
42	V1
43	V2
44	V2
45	V1
46	V3
47	V3
48	V4
49	V1

Номер тестового питання	Правильна відповідь
50	V1
51	V1, V2, V3
52	V1
53	V1, V2
54	V1, V2, V3
55	V1, V2
56	V1
57	V2
58	V3
59	V1
60	V2
61	V3
62	V1
63	V2
64	V2
65	V4
66	V4
67	V4
68	V3
69	V1, V8
70	V1, V2, V3, V8
71	V1, V2, V3, V8
72	V4, V5, V6
73	V4, V5, V6, V7, V9
74	V1
75	V1

Номер тестового питання	Правильна відповідь
76	V1, V2
77	V1, V2
78	V3, V4
79	V3, V4
80	V3, V4

