

Міністерство освіти і науки України
Державний університет «Житомирська політехніка»
Факультет інформаційно-комп'ютерних технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії та кібербезпеки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до випускної кваліфікаційної роботи бакалавра
на тему: «Проект підсистеми аутентифікації користувачів
комп'ютерної мережі підприємства на базі рішення
FreeRadius»

Виконав студент 4-го курсу групи КІ-4
спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

 Нікіта Білявський

Керівник зав. кафедри КІ та КБ, к.т.н., доцент

 Андрій Єфіменко

Рецензент проф. кафедри КІ та КБ, д.т.н., доцент

 Володимир Воротніков

Житомир – 2022

Державний університет «Житомирська політехніка»
Факультет інформаційно-комп'ютерних технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії та кібербезпеки
Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»
Освітня програма «Комп'ютерна інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач

кафедри комп'ютерної
інженерії та кібербезпеки

 Андрій Єфіменко

1 березня 2022 р.

ЗАВДАННЯ

на випускню кваліфікаційну роботу бакалавра

Студент: Білявський Нікіта Андрійович

Тема роботи: «Проект підсистеми аутентифікації користувачів комп'ютерної мережі підприємства на базі рішення FreeRadius»

затверджена Наказом університету від 1 березня 2022 р. № 127/с

Термін здачі студентом закінченої роботи 10 червня 2022 р.

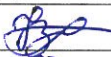
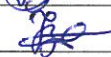
Вихідні дані роботи:

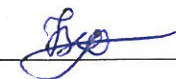
Об'єктом дослідження є процеси адміністрування та забезпечення безпеки пристроїв комп'ютерної мережі з використанням спеціальних протоколів та серверів; предметом дослідження є дослідження та використання спеціально-призначеного AAA протоколу RADIUS на базі серверного рішення FreeRadius.

Обладнання та програмне забезпечення:

1. GNS
2. GNS VM
3. Virtual Box
4. Ubuntu Server/Desktop 22.04
5. FreeRADIUS Server
6. NGINX Server
7. MySQL
8. PhpMyAdmin
9. Docker
10. Docker-compose

Консультанти з випускної кваліфікаційної роботи із зазначенням розділів, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Єфіменко А.А.	 10.03.22	 01.03.22
2	Єфіменко А.А.	 10.03.22	 01.03.22
3	Єфіменко А.А.	 10.03.22	 01.03.22

Студент  Нікіта Білявський

Керівник _____ Андрій Єфіменко

Календарний план

№ з/п	Назви етапів випускної кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Дослідження теоретичних відомостей моделі AAA	01.03.2022 – 16.03.2022	
2	Теоретичні відомості про протокол RADIUS	17.03.2022 – 27.03.2022	
3	Розробка топології	28.03.2022 – 11.04.2022	
4	Розробка схеми адресації	12.04.2022 - 19.04.2022	
5	Вибір середовищ та обладнання	20.04.2022 – 01.05.2022	
6	Розробка системи аутентифікації та авторизації	02.05.2022 – 11.05.2022	
7	Налагодження обладнання мережі	12.05.2022 – 16.05.2022	
8	Розробка системи на базі Docker	17.05.2022 – 25.05.2022	
9	Розробка системи AAA	26.05.2022 – 04.06.2022	
10	Тестування роботи схеми	05.06.2022 – 14.06.2022	
11	Написання пояснювальної записки	15.06.2022 – 21.06.2022	
12	Захист	22.06.2022	

Студент  Нікіта Білявський

Керівник  Андрій Єфіменко

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська кваліфікаційна робота складається з проекту локальної корпоративної мережі та підсистеми аутентифікації користувачів мережі на базі моделі AAA, а також пояснювальної записки до нього. Пояснювальна записка випускної кваліфікаційної роботи бакалавра нараховує 105 сторінок друкованого тексту, містить 47 ілюстрацій, 5 таблиць та 24 джерела.

Метою кваліфікаційної роботи є дослідження процесів аутентифікації, авторизації та аудиту для вирішення питань адміністрування пристроїв локальної мережі на базі використання протоколу RADIUS та серверу FreeRADIUS.

Результати роботи: досліджено теоретичні відомості моделі AAA, порівняно протоколи RADIUS, TACACS+ та DIAMETER, розроблено та налаштовано локальну корпоративну мережу на базі використання різних типів маршрутизації, створено та налаштовану систему, яка містить основні інструменти для проведення AAA процесів, їх керування та обробки.

Ключові слова: AAA, МЕРЕЖА, RADIUS, FREERADIUS, NGINX, PHP, DOCKER, DOCKER-COMPOSE.

					KIK.KP.B – 123 – 05 – ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Білявський Н.А.		10.06	Проект підсистеми аутентифікації користувачів комп'ютерної мережі та адміністрування на базі рішення FreeRadius	Лім.	Арк.
Керівник		Сфіменко А.А.		20.06.22			4
Реценз.		Воротніков В.В.		20.06.22			105
Н. контр.		Сфіменко А.А.		20.06.22		ФІКТ, Гр. КІ-4	
Затверд.		Сфіменко А.А.		20.06.22			

ANNOTATION

The bachelor's thesis consists of a project of the local corporate network and the subsystem of authentication of network users based on the AAA model, as well as an explanatory note to it. The explanatory note of the bachelor's thesis has 105 pages of printed text, contains 47 illustrations, 5 tables and 24 sources.

The purpose of the qualification work is to study the processes of authentication, authorization and audit to address the administration of LAN devices based on the use of RADIUS and FreeRADIUS server.

Results: AAA theoretical data were studied, RADIUS, TACACS + and DIAMETER protocols were compared, a local corporate network based on different types of routing was developed and configured, and a system was created and configured that contains basic tools for AAA processes, their management and processing.

Keywords: AAA, NETWORK, RADIUS, FREERADIUS, NGINX, PHP, DOCKER, DOCKER-COMPOSE.

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ПОБУДОВИ СИСТЕМ АУТЕНТИФІКАЦІЇ, АВТОРИЗАЦІЇ ТА АУДИТУ	10
1.1 Теоретичні аспекти організації аутентифікації, авторизації та аудиту в сучасних комп'ютерних мережах	10
1.2 Порівняльний аналіз сучасних протоколів аутентифікації, авторизації та аудиту.....	12
1.3 Порівняльний аналіз можливостей серверних рішень аутентифікації на базі протоколу RADIUS.....	18
1.4 Вирішення питань розгортання AAA сервера	22
Висновки до першого розділу	24
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА ПРОЕКТУ ПІДСИСТЕМИ АУТЕНТИФІКАЦІЇ КОРИСТУВАЧІВ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ.....	25
2.1 Розробка узагальненого проекту комп'ютерної мережі	25
2.2 Розробка схеми адресації мережі	30
2.3 Розробка системи аутентифікації та авторизації.....	33
Висновки до другого розділу.....	35
РОЗДІЛ 3 ПОБУДОВА ТА НАЛАГОДЖЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ..	36
3.1 Вибір обладнання для організації роботи мережі	36
3.2 Налаштування обладнання мережі.....	37
3.3 Налаштування AAA з використанням протоколу RADIUS	42
3.4 Тестування роботи схеми та систем AAA.....	50
Висновки до третього розділу	52
ВИСНОВКИ.....	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	54
ДОДАТКИ.....	56

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

AAA – Аутентифікація, авторизація, аудит

ІКС – Інформаційно-комунікаційна система

ЛКМ – Локальна комп'ютерна мережа

ГКМ – Глобальна комп'ютерна мережа

СУБД – Система управління базами даних

OSPF – OpenShortestPathFirst

E – Ethernet

FE – Fast Ethernet

GE – Gigabit Ethernet

RADIUS – Remote Authentication in Dial-In User Service

TACACS – Terminal Access Controller Access Control System

IP – Internet Protocol

HTTP – HyperText Transfer Protocol

SSH – Secure Shell

SSO – Single sign-on

SAML – Security assertion markup language

PAP – Password Authentication Protocol

EAP – Extensible Authentication Protocol

LDAP – Lightweight Directory Access Protocol

TCP – Transmission Control Protocol

UDP – User Datagram Protocol

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Актуальність теми обумовлена її важливістю, багатофункціональністю та важливим місцем в сучасному житті та роботою з інформацією в цілому. В сучасному світі не обійтися без інформації, так потрібним нам найрізноманітнішим відомостям, повідомленням, звісткам та знанням. Усе це повинно якимось чином діставатися від відправника до споживача у цілісності та схоронності.

Для обміну інформації локально можливе використання локальних мереж - об'єднання певного числа комп'ютерів на відносно невеликій території, яке завдяки невеликим відстанням між комп'ютерами надає змогу використовувати звичайні проводові лінії як лінії зв'язку. Дана мережа може бути широко використана для роботи певних підприємств на яких потрібно реалізувати обмін необхідними даними.

Розробка власної мережі складається з великої кількості нюансів: від визначення потрібної моделі певного пристрою, розробки плану їх з'єднання та роботи до вирішення проблеми оптимального маршруту та питань обслуговування мережі. Не менш важливим питання постає проблема вирішення адміністрування користувачів мережі, процесу їх аутентифікації, авторизації та аудиту. Дана проблема вирішується за допомогою використання спеціального протоколу RADIUS на базі FreeRADIUS-сервера.

Метою кваліфікаційної роботи є побудова проекту підсистеми аутентифікації користувачів мережі на базі протоколу RADIUS та серверу FreeRADIUS.

Визначена мета обумовлює наступні завдання:

- дослідження методів налаштування та використання процесів AAA;
- розгляд та порівняння протоколів на базі використання процесів AAA ;
- вирішення питань встановлення та налаштування серверів з використанням спеціальних AAA протоколів;
- підключення та налаштування пристроїв.

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Об’єктом дослідження є процеси адміністрування та забезпечення безпеки пристроїв комп’ютерної мережі з використанням спеціальних протоколів та серверів.

Предметом дослідження є дослідження та використання спеціально-призначеного AAA протоколу RADIUS на базі серверного рішення FreeRADIUS.

У процесі виконання кваліфікаційної роботи було розроблено проект локальної комп’ютерної мережі з використанням моделі AAA для забезпечення адміністрування мережі.

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ПОБУДОВИ СИСТЕМ АУТЕНТИФІКАЦІЇ, АВТОРИЗАЦІЇ ТА АУДИТУ

1.1 Теоретичні аспекти організації аутентифікації, авторизації та аудиту в сучасних комп'ютерних мережах

Аутентифікація, авторизація та аудит, які часто називають AAA або Triple-A, - це набори служб і протоколів, які дозволяють детально контролювати доступ до комп'ютерних мереж. До популярності основних протоколів аутентифікації на основі HTTP, таких як OAuth і SAML, протоколи AAA були основним способом аутентифікації користувачів або машин для мережевих служб. Протоколи AAA як і раніше часто зустрічаються в корпоративних мережах LAN і WAN, провайдерах, стільникових мережах і мережевих пристроях, таких як брандмауери, маршрутизатори і комутатори.

Аутентифікація відноситься до процесу, в якому аутентифікується особу суб'єкта, як правило, шляхом надання доказів того, що він володіє певною цифровою ідентифікацією, наприклад ідентифікатором і відповідними обліковими даними. Прикладами типів облікових даних є паролі, одноразові маркери, цифрові сертифікати та цифрові підписи. Функція авторизації визначає, чи уповноважений певний об'єкт виконувати певну дію, яка зазвичай успадковується від аутентифікації під час входу в програму або службу. Авторизація може бути визначена на основі ряду обмежень, наприклад: обмеження часу, обмеження фізичного розташування або обмеження для множинного доступу одного і того ж об'єкта або користувача. Типовою авторизацією в повсякденному комп'ютерному житті може бути, наприклад, надання доступу для читання до певного файлу для аутентифікованого користувача. Приклади типів послуг включають, але не обмежуються ними: фільтрацію IP-адреси, призначення адреси, призначення маршруту, якість обслуговування/диференціальних послуг, контроль пропускну здатності/керування трафіком, обов'язкове тунелювання до певної кінцевої точки та шифрування. Процес аудиту відноситься до відстеження споживання мережевих

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

ресурсів користувачами з метою аналізу потужності та тенденцій, розподілу витрат та виставлення рахунків. Крім того, він може записувати такі події, як помилки аутентифікації та авторизації, а також функції аудиту, перевіряючи, чи були виконані правильні процедури на основі даних обліку. Облік у режимі реального часу відноситься до облікової інформації, яка надається одночасно зі споживанням ресурсів.

Частина аутентифікації AAA відповідає за реалізацію методу ідентифікації користувачів. Це може включати доступ до входу та інші типи доступу, такі як доступ до мережі PPP. За допомогою аутентифікації AAA визначається один або кілька методів аутентифікації, які маршрутизатор повинен використовувати під час аутентифікації користувача.

Коли аутентифікація користувача успішно завершена, авторизація AAA використовується для перешкоджання тому, які дії користувачі можуть виконувати або до яких послуг користувачі можуть отримати доступ. Наприклад, може з'явитися необхідність, щоб адміністратор мережі мав секретний доступ EXEC, але щоб він використовував лише команду `debug`. З авторизацією AAA ви можете встановити це обмеження.

Компонент AAA аудит відповідає за збереження списку подій аутентифікації та авторизації. Це може бути так само просто, як відстеження того, хто отримує доступ до маршрутизатора та будь-яких змін статусу на маршрутизаторі, або щось таке ж інтенсивне, як відстеження кожного елемента керування, який користувач виконує на маршрутизаторі. Аудит AAA веде перелік цих подій. Однією з обмежень облікового компонента є те, що для запису фактичних облікових записів йому потрібен зовнішній сервер безпеки AAA.

Протоколи AAA в основному використовуються для контролю доступу до мережі (ресурси LAN, WAN) та адміністрування мережевих пристроїв (брандмауер, комутатори, маршрутизатори). Протоколи AAA були розроблені як централізований спосіб реалізації контролю доступу, що охоплює можливості аутентифікації, авторизації та аудиту. Нижче наведені способи надання можливостей для адміністраторів, користувачів та постачальників.

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Для постачальників мережевих послуг: багатофункціональні методи контролю доступу можуть бути поза межами постачальників мережевих послуг або виробників мережевих пристроїв. Підтримка стандартизованих протоколів передає функціональність і безпеку добре визначеним і відомим протоколам.

Для адміністраторів: може бути складно розробити відповідні рішення для контролю доступу в мережі, яка містить пристрої різних виробників. Впровадження контролю доступу на основі стандартних протоколів допомагає інтегрувати найкращі в своєму роді продукти від різних постачальників.

Для користувачів: користувачам може швидко стати недоцільним мати індивідуальний обліковий запис для кожної окремої служби мережі та пристрою. У централізованій мережі з реалізацією AAA адміністратори зазвичай впроваджують єдиний вхід (SSO), що дозволяє користувачам отримувати доступ до мережевих ресурсів за допомогою єдиної особистості та облікових даних.

1.2 Порівняльний аналіз сучасних протоколів аутентифікації, авторизації та аудиту

Мережа має бути спроектована так, щоб була можливість контролювати, кому і коли дозволено до неї підключатися і що їм дозволено робити. Ці специфікації дизайну мережі визначені у політиці безпеки мережі. Політика визначає доступ до мережевих ресурсів мережевих адміністраторів, корпоративних користувачів, віддалених користувачів, ділових партнерів та клієнтів. Політика мережної безпеки також може визначати систему звітності, де реєструється, хто і коли входив до мережі та що вони у ній робили.

Система керування доступом до мережі з використанням лише режиму користувача або тільки команд паролів привілейованого режиму обмежена і не дуже добре масштабується. Використання протоколу аутентифікації, авторизації та обліку (AAA) створює необхідну структуру для масштабованого захисту доступу.

Маршрутизатори та комутатори Cisco IOS можна налаштувати так, щоб вони використовували AAA для доступу до локальної бази даних імен користувачів та

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

паролів для підвищення рівня захисту, ніж простий пароль. Протоколи AAA допомагають реалізувати безпечний і однорідний контроль доступу до мережеских ресурсів і пристроїв у масштабі. RADIUS, TACACS+ і Diameter є трьома найпопулярнішими та широко реалізованими протоколами AAA. Ці протоколи також часто називають серверами AAA.

Нижче наведено порівняння AAA протоколів з протоколами аутентифікації та службами каталогів:

1) Порівняння AAA протоколів та протоколів аутентифікації;

Існують широко використовувані протоколи аутентифікації мережі, які часто плутають з протоколами AAA. Ці протоколи аутентифікації включають протокол аутентифікації паролем (PAP), протокол аутентифікації виклику (CHAP), протокол розширеної аутентифікації (EAP), Kerberos тощо. Хоча протоколи аутентифікації популярні серед багатьох сучасних протоколів аутентифікації «точка-точка» (PPP), протоколи спільно використовують або отримують схеми з цих протоколів аутентифікації.

На відміну від протоколів AAA, протоколи аутентифікації зосереджені лише на наданні механізмів аутентифікації клієнтам і серверам. Їх навіть можна використовувати як метод аутентифікації для протоколів AAA.

2) Порівняння AAA протоколів та служб каталогів.

Складно каталогізувати мережескі ресурси та їхні відносини з користувачами, машинами та службами в комп'ютерній мережі. Служби каталогів дозволяють легко керувати цією інформацією, що допомагає структурно реалізувати аутентифікацію та авторизацію в корпоративній мережі. Lightweight Directory Access Protocol (LDAP) є найбільш широко використовуваним протоколом для служб каталогів, а OpenLDAP і Microsoft Active Directory є популярними службами на основі LDAP. Сервери AAA можуть використовувати сервери LDAP для зберігання даних користувачів і мережеских ресурсів, які можна використовувати для аутентифікації та інформації про авторизацію.

Нижче коротко розглянемо застосування таких протоколів AAA, як RADIUS, TACACS+ та DIAMETER:

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1) Протокол RADIUS;

Служба Remote Authentication in Dial-In User Service, або RADIUS, є широко використовуваним протоколом AAA. RADIUS забезпечує централізовану аутентифікацію для віддалених підключень. Зазвичай він використовується, коли організація має більше одного сервера доступу до мережі або сервера віддаленого доступу. Користувач може підключитися до будь-якого сервера доступу до мережі, який потім передає облікові дані користувача серверу RADIUS для перевірки аутентифікації та авторизації та відстеження обліку. У цьому контексті сервер доступу до мережі є клієнтом RADIUS, а сервер RADIUS діє як сервер аутентифікації.

Сервер RADIUS також надає послуги AAA для кількох серверів RAS. RADIUS може використовувати безпеку зворотного виклику для додаткового рівня захисту. Якщо облікові дані користувача скомпрометовані, захист зворотного виклику запобігає зловмисникові від їх використання. RADIUS використовує UDP і шифрує лише обмін паролем. Він не шифрує весь сеанс, але для шифрування сеансу даних можна використовувати додаткові протоколи. RADIUS шифрує лише пароль, а не ім'я користувача.

Переваги використання:

- широко підтримується. RADIUS — це безпечна ставка для інтеграції та централізації контролю доступу до мережевих пристроїв різних виробників;
- досить просто для багатьох випадків використання доступу до мережі.

Недоліки використання:

- відсутнє шифрування пакетів. У пакетах запитів доступу шифруються лише паролі;
- ненадійний, оскільки протокол заснований на UDP. UDP також може вплинути на функціональність обліку, оскільки втрата пакетів без функції повторної передачі означає постійну втрату облікових даних;
- процеси аутентифікації та авторизації об'єднані, що ускладнює реалізацію детальної авторизації.

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

2) Протокол TACACS+;

Terminal Access Controller Access-Control System Plus, або TACACS+, є одним з найбільш потужних і гнучких протоколів AAA і пропонує переваги безпеки в порівнянні з RADIUS — наприклад, шифрування пакетів — і підтримує більш широкий діапазон розширюваності. TACACS+ спочатку був розроблений Cisco і з часом випущений у відкритий доступ. Але, будучи запатентованим протоколом, він не так широко підтримується за межами мережевої екосистеми Cisco з бай-інами лише кількох інших постачальників, таких як Juniper Networks. TACACS+ є найновішою та покращеною версією порівняно з TACACS і XTACACS. TACACS+ розділяє аутентифікацію, авторизацію та облік на окремі процеси, які за бажанням можна розмістити на трьох окремих серверах. TACACS+ шифрує всю інформацію для аутентифікації, а не тільки пароль. TACACS+ використовує порт TCP 49 і забезпечує більшу надійність для пакетної передачі.

Переваги використання:

- надійне з'єднання на основі TCP;
- підтримка керування привілеями в командах конфігурації означає, що TACACS+ найкраще підходить для адміністрування пристрою;
- підтримує зашифровану передачу пакетів;
- розділення функцій аутентифікації, авторизації та обліку спрощує інтеграцію із зовнішніми системами аутентифікації, авторизації або обліку.

Недоліки використання:

- запатентована та не підтримується за межами екосистеми Cisco.

3) Протокол DIAMETER.

Діаметр — це протокол AAA, розроблений для заміни протоколу RADIUS. Це розширена версія RADIUS і підтримує широкий спектр протоколів, таких як IP, Mobile IP і VOIP. Він підтримує додаткові команди, бажано в ситуації, коли потрібна підтримка роумінгу, наприклад, з бездротовими пристроями та смартфонами. Хоча Diameter є оновленням RADIUS, він не має зворотної сумісності з RADIUS. Diameter використовує порт 3868 TCP або порт 3868

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

протоколу керування потоком (SCTP), що забезпечує кращу надійність, ніж UDP, який використовується RADIUS і TLS для шифрування. Diameter також підтримує IPSec.

Переваги використання:

- надійне з'єднання (підтримує TCP і SCTP) і має вбудований механізм відмовлення;
- підтримує TLS;
- підтримка роумінгу через ланцюжок проксі;
- підтримка контролю доступу до мереж LTE;
- узгодження можливостей між клієнтом і серверами.

Недоліки використання:

- не такий популярний і широко підтримуваний, як RADIUS і TACACS+.

Порівняльна таблиця приведених вище протоколів приведена далі:

Таблиця 1.1 – Порівняльна таблиця

	RADIUS	TACACS+	DIAMETER
Транспортний протокол	UDP	TCP	TCP або SCTP
Порт	1645/1646 або 1812/1813	49	3868
Зв'язок і шифрування	Шифрується лише пароль	Шифрується уся інформація	Шифрується уся інформація
Чи можна аутентифікуватися?	Ні	Так	Так
Мережевий пристрій/Основне призначення	Доступ до мережі	Адміністрування пристрою	Адміністрування пристрою
Використання	Користувачі / Клієнти AAA	Адміністратори AAA	Адміністратори AAA

Проаналізувавши теоретичні відомості про кожен з протоколів AAA можна зробити наступні висновки: опираючись на отримані результати досліджень та порівнянь трьох протоколів AAA (RADIUS, TACACS+, DIAMETER) прийнято рішення про доцільне використання протоколу RADIUS, як протоколу який підходить для адміністрування простих локальних мереж.

Протокол RADIUS, розроблений компанією Livingston Enterprises, заснований на відкритому стандарті IETF. Протокол RADIUS розроблений для забезпечення доступу до мережі або мобільної IP-адресації. RADIUS працює в локальних мережах та роумінгу і зазвичай використовується для цілей обліку.

Протокол RADIUS приховує паролі під час передачі навіть із протоколом аутентифікації з паролем (PAP). Для цього використовується досить складна операція, що включає хешування дайджесту 5 повідомлень (MD5) і загальний секрет. Проте решта пакета передається у простому текстовому форматі.

RADIUS поєднує аутентифікацію та авторизацію в один процес. При аутентифікації користувача проводиться його авторизація. RADIUS використовує порт UDP 1645 або 1812 для аутентифікації та порт UDP 1646 або 1813 для обліку.

RADIUS широко використовується постачальниками послуг VoIP. Він передає облікові дані кінцевих пристроїв SIP, наприклад широкосмугових телефонів, до реєстру SIP за допомогою аутентифікації дайджесту, а потім на сервер RADIUS за допомогою RADIUS. Протокол аутентифікації RADIUS зазвичай використовується у стандарті безпеки 802.1X.

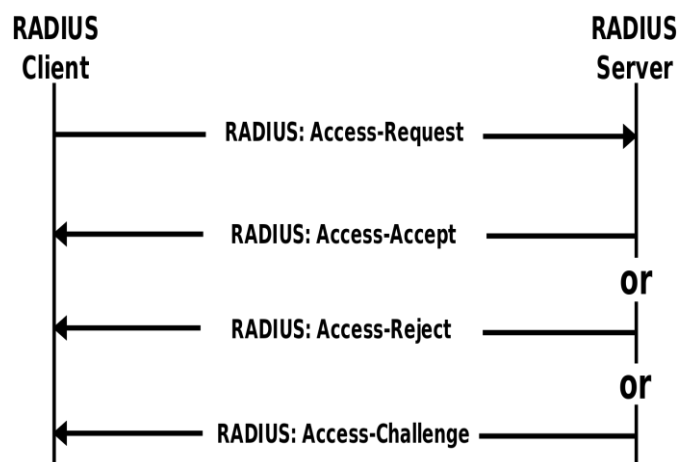


Рисунок 1.1 – Аутентифікація та авторизація через RADIUS-сервер

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

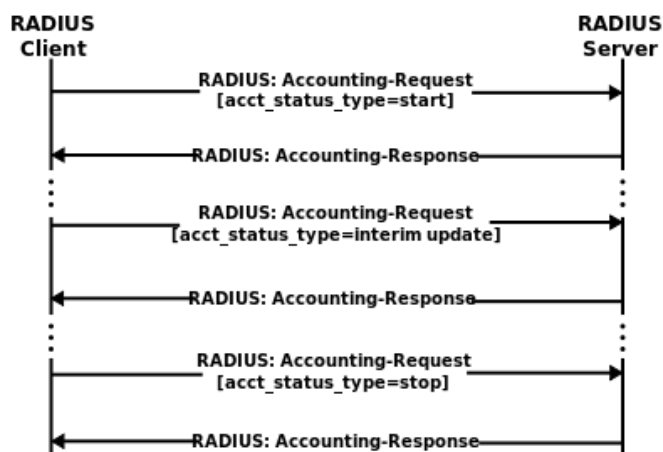


Рисунок 1.2 – Процес обліку через RADIUS-сервер

Для визначення принципу роботи протоколу RADIUS необхідно розглянути рис.1.1 та рис.1.2. Ноутбуки та IP-телефони представляють пристрої користувача, з яких необхідно виконати аутентифікацію та авторизацію на мережевих серверах доступу (NAS): точці Wi-Fi доступу, маршрутизаторі, VPN-сервері та IP АТС.

RADIUS реалізується у вигляді інтерфейсу між NAS (RADIUS-клієнт) та RADIUS-сервером — програмним забезпеченням, яке встановлюється на комп'ютері (сервері) або іншому спеціалізованому пристрої. Сервер взаємодіє з пристроєм користувача не напряму, а лише через мережевий сервер доступу.

Користувач надсилає запит на мережевий сервер для отримання доступу до певного мережного ресурсу за допомогою сертифіката доступу. Сертифікат надсилається на сервер через мережевий протокол канального рівня (наприклад, PPP у разі комутованого доступу, DSL у разі використання відповідних модемів тощо). NAS, своєю чергою, посилає повідомлення запиту доступу на RADIUS-сервер (RADIUS Access Request).

1.3 Порівняльний аналіз можливостей серверних рішень аутентифікації на базі протоколу RADIUS

Протокол RADIUS особливо цінний для тих, хто працює в організаціях, які мають справу з багатьма різними мережевими та інфраструктурними пристроями або не мають центрального механізму аутентифікації для забезпечення доступу до

мережі. Він підключає та аутентифікує ідентифікатори користувачів у мережі або VPN. Ці ідентифікатори можуть зберігатися в Microsoft Active Directory (AD), OpenLDAP, хмарному каталозі або на сервері RADIUS. Це не тільки покращує безпеку мережі, але й заощаджує багато ручної праці IT.

Далі представлений список доступних серверних рішень протоколу RADIUS, таких як FreeRADIUS, Jumpcloud, TekRADIUS, RouterOS та AuthenticateMyWiFi:

1) Сервіс FreeRADIUS;

Це безкоштовне програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом є одним із найпопулярніших серверів RADIUS. FreeRADIUS можна налаштувати на достатньо невимогливі машини для обслуговування від десятка до кількох сотень користувачів. Крім того, його можна встановити на відповідних серверах для підтримки мільйонів користувачів і запитів. FreeRADIUS розроблено для роботи на Unix, Linux та інших Unix-подібних операційних системах.

FreeRADIUS можна знайти у сховищах більшості дистрибутивів Linux, які легко встановлюються або скомпільовані вручну на більшості інших. За замовчуванням FreeRADIUS має інтерфейс командного рядка, а зміни налаштувань вносяться за допомогою редагування файлів конфігурації. Він найкраще підходить для IT-фахівців із досвідом Unix/Linux. Оскільки це відкритий вихідний код, ви навіть можете вносити зміни в код програмного забезпечення.

Ключові відмінності:

- підтримка більшої кількості типів аутентифікації, ніж будь-який інший сервер із відкритим кодом;
- обслуговує організації з кількістю користувачів від десяти до понад мільйона користувачів;
- використовується щодня понад 50 тисячами сайтів;
- повідомляється, що він відповідає за аутентифікацію більше однієї третини користувачів в Інтернеті;
- інші продукти, пов'язані з RADIUS, включають клієнтську бібліотеку, модуль для Apache і модуль аутентифікації (PAM) для аутентифікації та обліку.

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

2) Сервіс Jumpcloud;

Cloud RADIUS від Jumpcloud — це спосіб розгортання хмарних серверів RADIUS для надання та скасування доступу користувачів до мереж VPN та WiFi із браузера. Він використовує хмарний підхід до впровадження протоколу RADIUS без необхідності створення, підтримки або моніторингу фізичних серверів. Це дає змогу ІТ швидко розгорнути керований RADIUS в організації та безпечно аутентифікувати користувачів Wi-Fi, VPN, комутаторів та мережевих пристроях.

Ключові відмінності:

- безпечний завдяки багатофакторної аутентифікації та шифрування;
- можна налаштувати на використання EAP-TTLS, PAP або PEAP, а також підтримку режимів шифрування WPA2 Enterprise і RADIUS;
- підтримує доступ до VPN, включаючи Meraki, Palo Alto і OpenVPN;
- сегментування доступу користувачів за допомогою динамічних тегів VLAN і використання VLAN для ізоляції мережевих пристроїв;
- дозволяє користувачам отримувати доступ до мереж з тими ж основними ідентифікаторами, які вони використовують для доступу до інших ресурсів;
- автоматично генерує складні паролі для аутентифікації між WAP і RADIUS-серверами.

3) Сервіс TekRADIUS;

TekRADIUS від KaplanSoft працює на Windows. Основні функції пропонуються безкоштовно, але можна придбати додаткові функції. Версія TekRADIUS Enterprise додає підтримку EAP-TLS, динамічне створення самопідписаних сертифікатів для сеансів PEAP, аутентифікацію NTLM для методів аутентифікації MS-CHAP і відповідність атрибутів на основі регулярних виразів.

Ключові відмінності:

- вбудований DHCP-сервер для призначення IP-адрес дротовим або бездротовим пристроям;
- перевірено на серверах Microsoft Windows Vista, Windows 7-10 і Windows 2008-2019;

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

- відповідає RFC 2865 і RFC 2866;
- підтримує транспорти TCP і TLS;
- TekRADIUS підтримує Microsoft SQL Server, а TekRADIUS LT підтримує SQLite;
- працює як служба Windows і має інтерфейс керування Windows;
- реєструє системні повідомлення, помилки та інформацію про сеанс у щоденний ротаційний файл журналу та журнал подій Windows;
- створення бази даних та таблиць SQL за допомогою TekRADIUS Manager;
- може проксувати запити RADIUS на інші сервери RADIUS;
- підтримка атрибутів IPv6;
- аутентифікація користувачів у домені Windows або Active Directory.

4) Сервіс RouterOS;

RouterOS — це операційна система, яку MikroTik використовує для своїх продуктів RouterBOARD. Він включає в себе вбудований сервер RADIUS.

Оскільки він пропонує всі основні функції маршрутизатора, його можна навіть використовувати як основний мережевий маршрутизатор. Його можна встановити на ПК, перетворивши його в роутер.

Ключові відмінності:

- такі функції, як маршрутизація, керування пропускною здатністю, бездротова точка доступу, зворотний зв'язок;
- Cloud Hosted Router — це підхід, створений для віртуальних машин, доступний у вигляді спеціального інсталяційного образу безкоштовно;
- надає такі функції, як брандмауер NAT, сервер VPN і шлюз точки доступу;
- ОС можна завантажити як образ ISO, який можна записати на компакт-диск для встановлення;
- зміни конфігурації можна внести за допомогою командного рядка, веб-браузера та утиліти Windows WinBox;
- утиліта Windows також пропонується для запису RouterOS на додатковий диск, який був підключений, і диск можна перемістити на виділений ПК або сервер.

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

5) Сервіс AuthenticateMyWiFi.

AuthenticateMyWiFi від NoWiresSecurity — це розміщена або хмарна послуга, яка пропонує доступ до спеціально розміщеного сервера для аутентифікації.

Це дозволяє малим і середнім організаціям легко використовувати корпоративний режим безпеки WPA або WPA2 для своєї мережі WiFi. Оскільки сервера для налаштування немає, це чудово підходить для організацій без IT-персоналу. Оскільки AuthenticateMyWiFi працює в хмарі, це також полегшує захист мереж WiFi у кількох офісах.

Ключові відмінності:

- використовуйте режим Enterprise для захисту захищеного доступу Wi-Fi (WPA або WP2) для приватної мережі Wi-Fi;
- надає доступ до сервера RADIUS, який виконує необхідну аутентифікацію 802.1X;
- аутентифікація на основі пароля за допомогою протоколу PEAP;
- працює для дротових з'єднань, коли використовується з комутаторами бізнес або корпоративного рівня;
- використовуйте хмарну службу на маршрутизаторах і точках доступу в кількох місцях;
- обмежте доступ користувачів у встановлений час або дні тижня;
- підтримуються Windows, Mac OS X і Linux.

За результатами дослідження різних RADIUS-серверів був обраний сервер FreeRADIUS за такими критеріями: обслуговування організацій з кількістю користувачів від десяти до понад мільйона користувачів, розповсюдженість у більшості дистрибутивів Linux, відкритий вихідний код, безкоштовне використання.

1.4 Вирішення питань розгортання AAA сервера

Для вирішення питань розміщення та налаштування сервера Freeradius та допоміжних сервісів, можливе використання образу Ubuntu Server 22.04 з встановленим інструментом для управління ізольованими контейнерами – Docker.

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Docker — це відкрита платформа для розробки, доставки та запуску програм. Docker дає змогу відокремити програми від інфраструктури системи, що надає змогу швидко постачати програмне забезпечення. За допомогою Docker можна здійснювати керування своєю інфраструктурою так само, як і своїми програмами. Використовуючи переваги методологій Docker для швидкої доставки, тестування та розгортання коду, можливе значне скорочення затримки між написанням коду та його запуском у виробництві.

Docker надає можливість пакувати та запускати програму в слабо ізольованому середовищі, яке називається контейнером. Ізоляція та безпека дозволяють запускати багато контейнерів одночасно на одному хості. Контейнери легкі та містять все необхідне для створення та запуску програми, тому зникає необхідність покладатися на те, що в даний момент встановлено на хості. При використанні Docker, легко ділитися контейнерами під час роботи, і залишатися впевненим, що всі, хто його отримає, зможе використовувати такий самий робочий контейнер.

Docker використовує архітектуру клієнт-сервер. Клієнт Docker спілкується з демоном Docker, який займається створенням, запуском та розповсюдженням ваших контейнерів Docker. Клієнт і демон Docker можуть працювати в одній системі, або віддаленно. Клієнт Docker і демон спілкуються за допомогою REST API, через сокети UNIX або мережевий інтерфейс. Іншим клієнтом Docker є Docker Compose, який дозволяє працювати з додатками, що складаються з набору контейнерів.

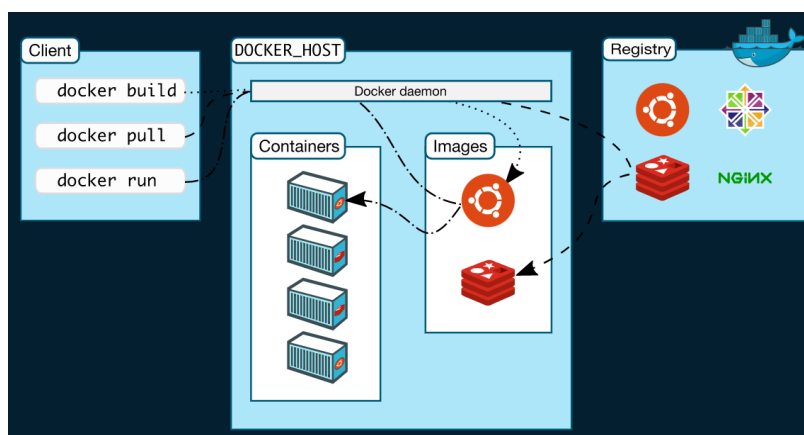


Рисунок 2.10 – Принцип роботи Docker

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Docker image (образ) - це шаблон лише для читання з інструкціями щодо створення контейнера Docker. Часто образ заснований на іншому зображенні з деякими додатковими налаштуваннями. Наприклад, можна створити образ, який базується на образі ubuntu, але встановлює веб-сервер Apache і потрібну програму, а також деталі конфігурації, необхідні для запуску даної програми.

Docker container (контейнер) - це екземпляр зображення, який можна виконувати. Користувачу надається можливість створювати, запускати, зупиняти, переміщувати або видаляти контейнер за допомогою Docker API або CLI. Також можна підключити контейнер до однієї або кількох мереж, приєднувати до нього сховище або навіть створити нове зображення на основі його поточного стану.

Висновки до першого розділу

Після проведення аналізу поставленої задачі та шляхів її розв’язання можна зробити висновки щодо її проблематики. Для реалізації поставленої задачі було опрацьовано матеріал, який стосується даної теми та порівняно інші протоколи та сервери для кращого розуміння та уявлення майбутньої схеми. Проаналізувавши теоретичні відомості про кожен з протоколів AAA (RADIUS, TACACS+, DIAMETER) прийнято рішення про доцільне використання протоколу RADIUS, як протоколу для адміністрування простих локальних мереж. За результатами дослідження RADIUS-серверів був обраний сервер FreeRADIUS за такими критеріями: обслуговування організацій з кількістю користувачів від десяти до понад мільйона користувачів, розповсюдженість у більшості дистрибутивів Linux, відкритий вихідний код, безкоштовне використання.

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА ПРОЕКТУ ПІДСИСТЕМИ АУТЕНТИФІКАЦІЇ КОРИСТУВАЧІВ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ

2.1 Розробка узагальненого проекту комп'ютерної мережі

Комп'ютерні мережі (також відомі під назвою «обчислювальні мережі») являють собою систему, яка складається як з машин, які розташовані в одній будівлі або приміщенні, так і з комп'ютерів, віддалених на достатній відстані. Між собою, всі комп'ютери можуть бути пов'язані бездротовим способом, або при використанні кабелів. На сьогоднішній день ефективність створення мережі компанії ні в кого не викликає сумніву, оскільки побудова локальної мережі супроводжується рядом переваг:

- спільний доступ до всіх корпоративних файлів;
- загальний доступ до використання дорогої оргтехніки (факси, сканери, принтери і т.п.);
- ефективне і швидке додавання / переміщення обладнання і нових робочих місць;
- гарантія додаткової безпеки корпоративних даних конфіденційного характеру і т.д.

Для виконання даного завдання була обрана трирівнева ієрархічна модель мереж, яка визначає підхід до проектування мереж і включає в себе три логічних рівня: рівень доступу (access layer); рівень розподілу / агрегації (distribution layer); рівень ядра (core layer).

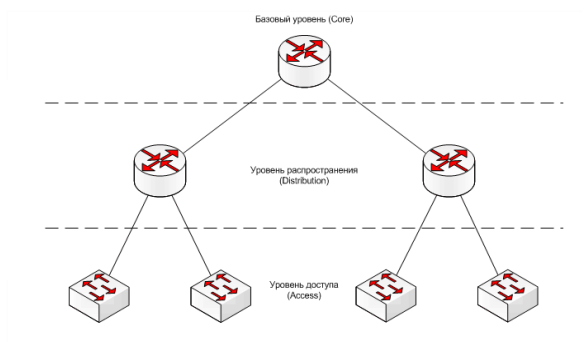


Рисунок 2.1 - Трирівнева ієрархічна модель мережі

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проект мережі показано на рис.2.2. Дана мережа являє собою об'єднання двох корпоративних мереж після об'єднання самих компаній. Для корелювання використання різних методів маршрутизації буде використана редистрибуція маршрутів.

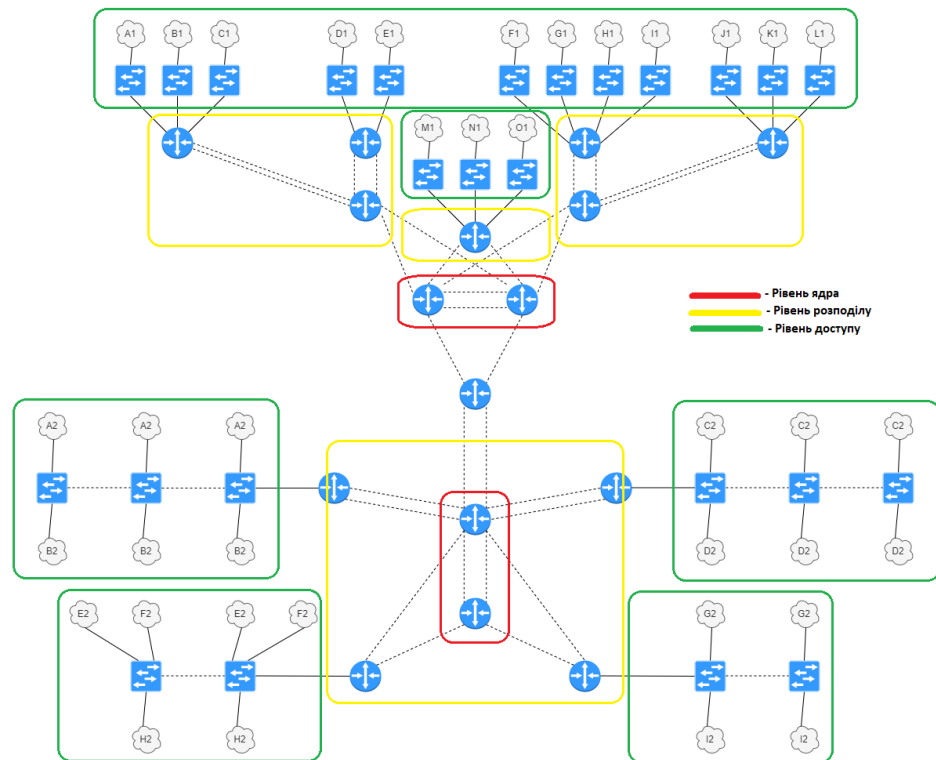


Рисунок 2.2 - Проект корпоративної мережі

Розглянемо кожен з мереж окремо:

1) Мережа №1 (тип маршрутизації - плаваюча статична маршрутизація, тип адресації - статична)

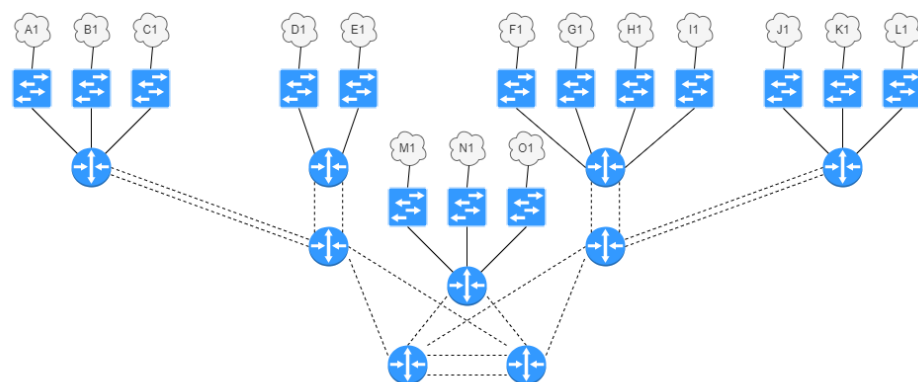


Рисунок 2.3 - Проект мережі №1

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Використання обладнання на різних рівнях:

- рівень ядра: 2 маршрутизатора з'єднані між собою за допомогою витої пари Gigabit Ethernet;
- рівень розподілу: 7 маршрутизаторів які з'єднані з ядром мережі та між собою за допомогою витої пари Gigabit Ethernet;
- рівень доступу: 15 комутаторів які з'єднані з рівнем розподілу та кінцевими пристроями за допомогою витої пари Ethernet.

Розглянемо окремо частини даної мережі:

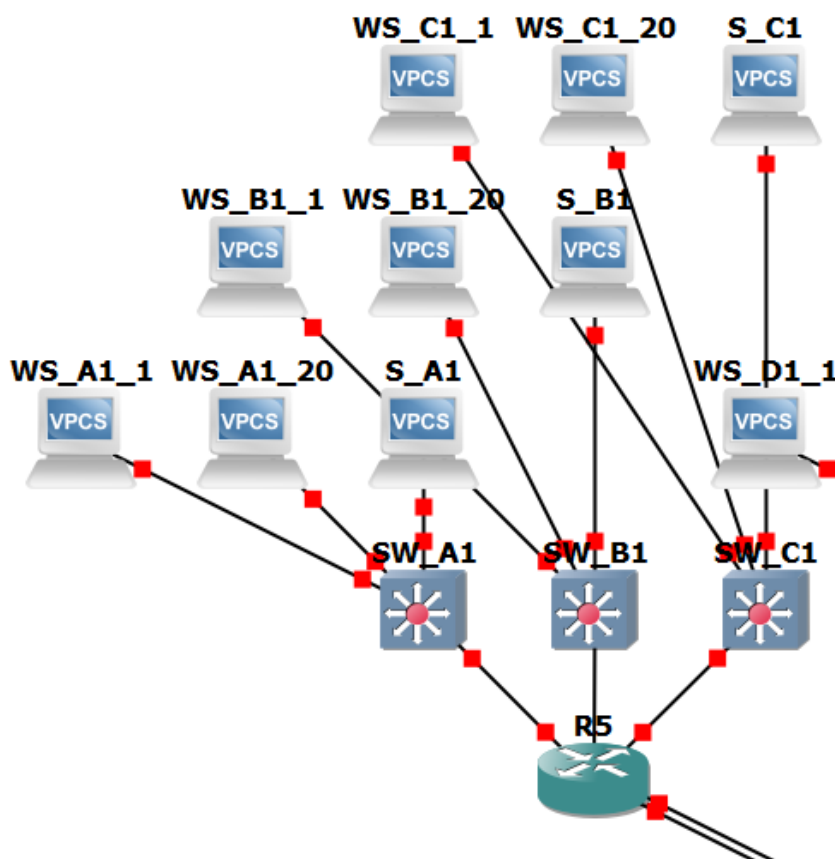


Рисунок 2.4 - Підмережі A1, B1, та C1

Дана група підмереж складається з комутаторів з'єднаних з загальним маршрутизатором. До кожного комутатора також під'днана певна кількість робочих станцій та серверів, що виконують роль кінцевих пристроїв та здійснюють інформаційний обмін як з сусідніми пристроями так і з пристроями інших мереж.

Подібно з даним прикладом побудовані інші підмережі даної мережі.

Детальний опис пристроїв мережі подано у табл.2.1.

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 - Пристрої мережі

Мережа	Кількість комутаторів	Кількість робочих станцій	Кількість серверів	Підключення до маршрутизатора
A1	1	20	1	R5
B1	1	20	1	R5
C1	1	20	1	R5
D1	1	20	1	R6
E1	1	20	1	R6
F1	2	35	1	R7
G1	2	35	1	R7
H1	2	35	1	R7
I1	2	35	1	R7
J1	1	20	1	R8
K1	1	20	1	R8
L1	1	20	1	R8
M1	3	50	1	R9
N1	3	50	1	R9
O1	3	50	1	R9

2) Мережа №2 (тип маршрутизації – протокол динамічної маршрутизації OSPF, тип адресації - статична)

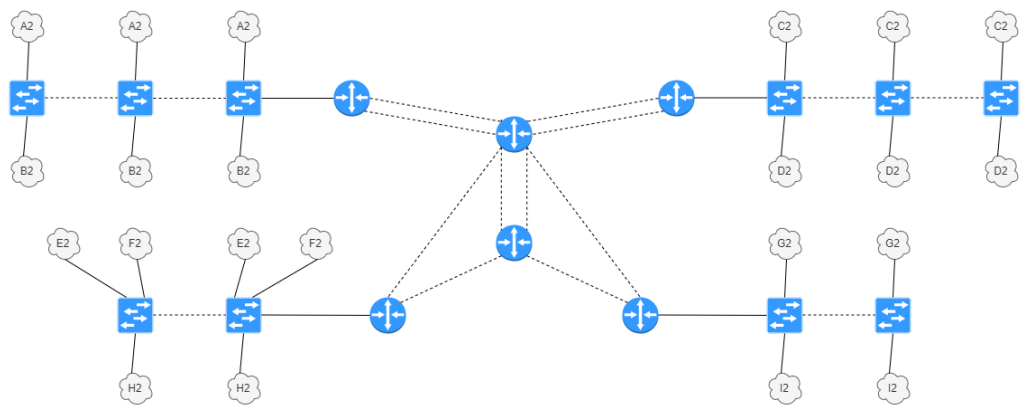


Рисунок 2.5 - Проект мережі №2

Використання обладнання на різних рівнях:

- рівень ядра: 2 маршрутизатора з'єднані між собою за допомогою витої пари Gigabit Ethernet;
- рівень розподілу: 4 маршрутизаторів які з'єднані з ядром мережі за допомогою витої пари Gigabit Ethernet;
- рівень доступу: 10 комутаторів які з'єднані з рівнем розподілу та кінцевими пристроями за допомогою витої пари Ethernet.

Розглянемо окремо частини даної мережі:

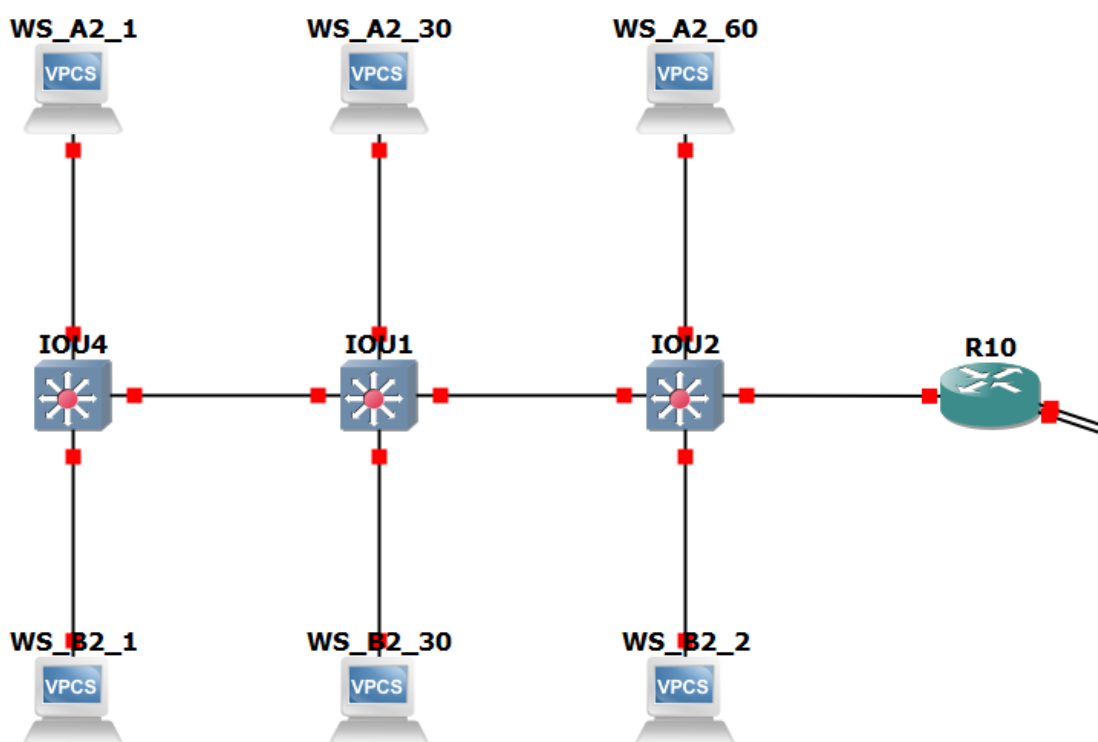


Рисунок 2.6 - Підмережі A2 та B2

Дана група підмереж складається з комутаторів з'єднаних між собою та з загальним маршрутизатором. До кожного комутатора також під'єднана певна кількість робочих станцій та серверів, що виконують роль кінцевих пристроїв та здійснюють інформаційний обмін як з сусідніми пристроями так і з пристроями інших мереж. Дана підмережа побудована на принципі транкування каналів.

Подібно з даним прикладом побудовані інші підмережі даної мережі.

Детальний опис пристроїв мережі подано у табл.2.2.

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Таблиця 2.2 - Пристрої мережі

Мережа	Кількість комутаторів	Кількість робочих станцій	Кількість серверів	Підключення до маршрутизатора
A2	3	60	0	R10
B2	0	60	0	R10
C2	3	60	0	R12
D2	0	60	0	R12
E2	2	20	0	R13
F2	0	20	0	R13
G2	2	40	0	R15
H2	0	0	10	R13
I2	0	0	10	R15

2.2 Розробка схеми адресації мережі

Адреса складається із двох логічних частин — номера мережі й номери вузла в мережі. Яка частина адреси відноситься до номера мережі, а яка — до номера вузла, визначається значеннями перших біт адреси.

Для налаштування IP-адресації даних мереж буде використана безкласова адресація - метод IP-адресації, що дозволяє гнучко керувати простором IP-адрес, не використовуючи жорсткі рамки класової адресації. Використання цього методу дозволяє економно використовувати обмежений ресурс IP-адрес, оскільки можливе застосування різних масок підмереж до різних підмереж.

В табл.2.3 наведено кінцевий розрахунок вузлів мережі.

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3 - Кінцева кількість вузлів мережі

Підмережа	Кількість вузлів	Кінцева кількість вузлів
A1	23	30
B1	23	30
C1	23	30
D1	23	30
E1	23	30
F1	39	45
G1	39	45
H1	39	45
I1	39	45
J1	23	30
K1	23	30
L1	23	30
M1	55	60
N1	55	60
O1	55	60
A2	64	70
B2	61	70
C2	64	70
D2	61	70
E2	23	30
F2	21	30
G2	43	50
H2	12	20
I2	12	20

Також необхідно врахувати підмережі, які з'єднують маршрутизатори:

- AA1 – R5 - R3: кількість вузлів 2
- BB1 – R6 - R3: кількість вузлів 2
- CC1 – R7 - R4: кількість вузлів 2

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

- DD1 – R8 - R4: кількість вузлів 2
- EE1 – R3 - R1: кількість вузлів 2
- FF1 – R3 - R2: кількість вузлів 2
- GG1 – R4 - R1: кількість вузлів 2
- HH1 – R4 - R2: кількість вузлів 2
- II1 – R1 - R2: кількість вузлів 2
- JJ1 – R9 - R1: кількість вузлів 2
- KK1 – R9 - R2: кількість вузлів 2
- Додаткові мережі: LL1, MM1, NN1, OO1.
- AA2 – R10 - R11: кількість вузлів 2
- BB2 – R12 - R11: кількість вузлів 2
- CC2 – R13 - R11: кількість вузлів 2
- DD2 – R13 - R14: кількість вузлів 2
- EE2 – R15 - R11: кількість вузлів 2
- FF2 – R15 - R14: кількість вузлів 2
- GG2 – R11 - R14: кількість вузлів 2
- Додаткові мережі: HH2, II2, JJ2, KK2

На основі цих даних почнемо розподіл підмереж. Результат виконання поділу першої мережі відображений у (Додатку А), а другої - у (Додатку Б).

В результаті отримуємо необхідні префікси для вибору IP-мереж:

- Мережа №1: оптимальний префікс – 22, обрана IP-мережа – 191.240.0.0;
- Мережа №2: оптимальний префікс – 22, обрана IP-мережа – 192.240.0.0.

Результат побудови таблиці розподілу підмереж першої мережі відображений у (Додатку В), а другої - у (Додатку Г).

Далі розрахуємо параметри IP-адрес мереж №1 та №2. Результат розрахунку параметрів IP-адрес першої мережі відображений у (Додатку Г), а другої - у (Додатку Д). Також заповнимо описові таблиці розподілу мереж між пристроями. Результат розподілу IP-адрес першої мережі відображений у (Додатку Е), а другої - у (Додатку Є).

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

2.3 Розробка системи аутентифікації та авторизації

AAA (Authentication Authorization and Accounting) — система аутентифікації авторизації та обліку подій, вбудована в операційну систему Cisco IOS, служить для надання користувачам безпечного віддаленого доступу до мережного обладнання Cisco. Вона пропонує різні методи ідентифікації користувача, авторизації, а також збору та надсилання інформації на сервер.

Сервер AAA — це мережевий пристрій, який використовується для контролю доступу. Аутентифікація ідентифікує користувача. Авторизація реалізує політики, які визначають, які ресурси та послуги аутентифікований користувач може отримати доступ. Облік відстежує час і ресурси даних, які використовуються для процесів аутентифікації та авторизації.

За допомогою команди `aaa authentication login` можна виконати аутентифікацію користувачів, яким потрібний доступ до сервера:

Router(config)# aaa authentication login default group radius local

Всі користувачі, які хочуть увійти на сервер доступу, повинні авторизуватися за допомогою сервера Radius або локальної бази даних:

Router(config)# aaa authorization exec default group radius local

Для підключення до віддаленого сервера використовується команда:

Router(config)# radius-server host 192.168.0.1 key secretkey

Для авторизування користувачів на сервері використовується параметр - **shell:priv-lvl=***, який визначає рівень привілеїв аутентифікованого користувача.

У Cisco всього є 16 рівнів привілеїв - по нумерації від 0 до 15.

Рівень “0” – доступ нульового рівня дозволяє лише п’ять команд: `logout`, `enable`, `disable`, `help`, `exit`;

Рівень “1” – доступ на рівні користувача дозволяє увійти в режим `Exec`, який надає дуже обмежений доступ лише для читання деяких команд;

Рівні “2-14” – неналаштовані рівні привілеїв;

Рівень “15” – доступ на рівні привілеїв дозволяє увійти в режим `Privileged Exec` і забезпечує повний контроль над маршрутизатором.

Далі представлена таблиця налаштувань рівнів 2-14:

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Таблиця 2.4 - Налаштування рівнів привілеїв

Privilege level	exec > clock set	exec > clock read-calendar	exec > clock update-calendar	exec > configure terminal	configure > hostname	configure > banner	configure > interface	interface > description	interface > shutdown	interface > ip address	exec > copy run start	configure > ip route	configure > router	router > network	router > redistribute	configure > line aux	configure > line console	configure > line vty
2	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
6	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
7	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
8	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
9	Невикористаний рівень (повторює права рівня 8)																	
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		

CLI (Command Line Interface) Cisco має кілька режимів роботи:

- User EXEC - режим користувача; сюди ми потрапляємо, коли логінимось на Cisco; за дефолтом має «1» рівень привілеїв;

- Privileged EXEC – привілейований режим; переходимо до нього з User EXEC режиму за допомогою команди enable; має найвищий — «15» рівень привілеїв, відповідно, та повний контроль над залізкою;

- Global configuration – режим глобальної конфігурації; переходимо в нього з

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

режиму Privileged EXEC за допомогою команди `configure terminal`;

- Далі з режиму глобальної конфігурації можемо переходити в режим конфігурації інтерфейсу, лінії, вланів і т.д.

Установка привілеїв для лишившихся необхідних рівнів має такий вигляд:

privilege <режим CLI> level <номер рівня> <дозволена команда>

Процес звітності (accounting) спроб аутентифікації буде зберігатися у таблиці `radpostauth` бази даних `radius`.

Висновки до другого розділу

Після виконання досліджень щодо побудови локальних мереж були зроблені наступні висновки: для побудови локальної мережі використовуватиметься об'єднання двох локальних підмереж з трирівневими ієрархічними моделями. Для економного використання IP-простору було обрано дві мережі для подальшого їх розбиття на підмережі з використанням безкласового підходу, VLSM та CIDR. Після побудови схеми мережі та розрахунку адресації було виконане дослідження обладнання, систем та інструментів для задоволення потреб. Останнім пунктом в розробці схеми стала побудова моделі AAA, результатом якої є описана матриця доступу різних користувачів з різними рівнями привілеїв.

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

РОЗДІЛ 3 ПОБУДОВА ТА НАЛАГОДЖЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ

3.1 Вибір обладнання для організації роботи мережі

Вибір обладнання для організації роботи мережі займає провідну роль у побудові КМ, адже саме від нього залежить коректність функціонування мережі, її швидкість, можливості, а також, підтримка необхідних параметрів для налаштування. Обладнання від компанії Cisco широко представлене для створення мереж, тому розпочнемо пошуки обладнання від виробників Cisco.

На рівні розподілу для функціонування необхідно обирати маршрутизатор, який підтримує технології Ethernet, FastEthernet та GigabitEthernet. Окрім цього він повинен підтримувати протокол маршрутизації OSPF, а також статичну маршрутизацію, оскільки мережа складається з багатьох підмереж він також повинен підтримувати створення транкових та агрегованих каналів. Найбільш оптимальним рішенням став знайдений маршрутизатор – ISR4221 (K9). Окрім того, що він підтримує всі необхідні технології, протоколи маршрутизації та інші параметри, він також має ряд додаткових параметрів, що нададуть змогу розвивати та масштабувати мережу за потреби. Детальні параметри про даний маршрутизатор наведені у Додатку Ж. Даний маршрутизатор продемонстрований на рис. 3.1.



Рисунок 3.1 - Модель маршрутизатора ISR4221 (K9)

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Схема була побудована і розрахована на досить велику кількість підмереж. Оскільки, не використовувались безпроводні точки доступу, тому виникла необхідність у комутаторах на достатньо велику кількість портів. Окрім цього, необхідно було, щоб вони підтримували відповідні параметри.

Проаналізувавши за відповідними даними комутатори, вдалося обрати модель – Cisco SG350X, він має 24 порти GigabitEthernet, що дозволяє підключити до нього досить велику кількість робочих станцій. Детальні параметри про даний комутатор наведені у Додатку 3. Вигляд комутатора продемонстрований на рис.3.2.



Рисунок 3.2 - Модель комутатора SG112-24-EU

Оскільки, моделювання мережі відбувалось у емуляторі GNS3, образи даних пристрої завантажити не вдалося, тому для роботи було використано інші пристрої, які виконують аналогічні функції та мають схожі параметри зі знайденими пристроями.

3.2 Налагодження обладнання мережі

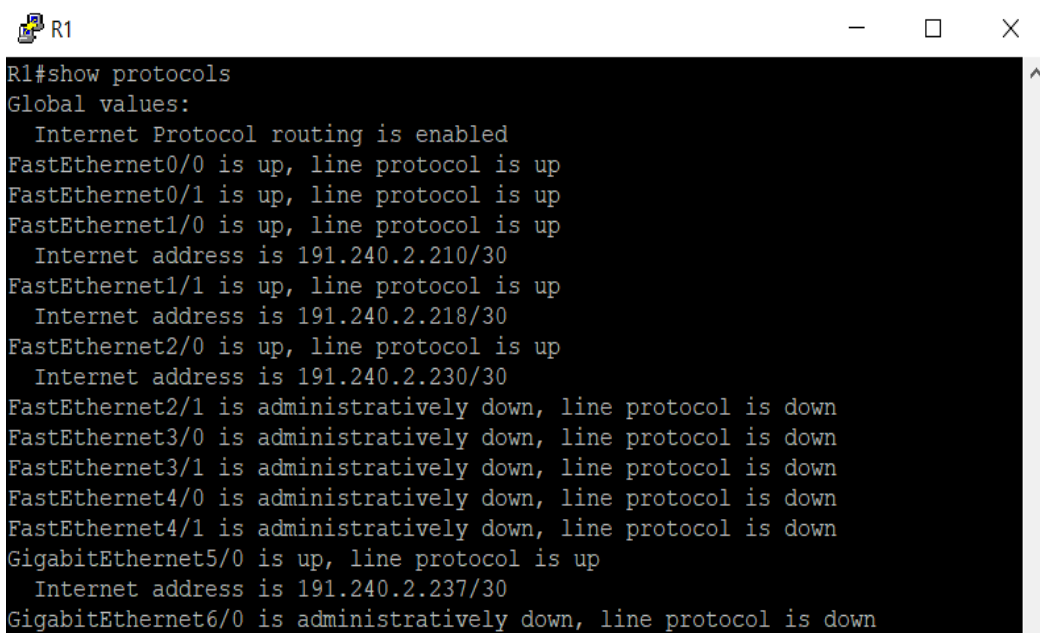
Налагодження обладнання – один із найважливіших етапів розробки мережі. Саме від даного пункту залежить правильна роботи побудованої мережі.

Далі буде представлений набір деяких команд для налаштування схеми згідно раніше описаної структури та адресації локальної мережі. Процес

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

налаштування буде виконуватися на кожному пристрої окремо за допомогою консольного підключення. Базове налагоджування включає в себе налагодження таких об'єктів як: інтерфейсів мережі та їх адресація, транкування та агрегування каналів зв'язку, протоколів маршрутизації та редистрибуції маршрутів, протоколів віддаленого підключення та керування, тощо.

На рис.3.3 зображено результат налаштування IP-адресації на маршрутизаторі R1:

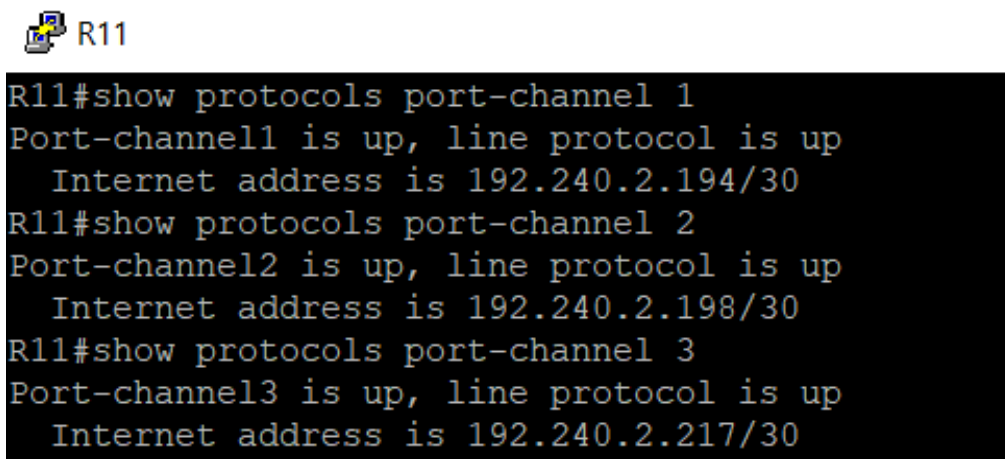


```

R1#show protocols
Global values:
  Internet Protocol routing is enabled
FastEthernet0/0 is up, line protocol is up
FastEthernet0/1 is up, line protocol is up
FastEthernet1/0 is up, line protocol is up
  Internet address is 191.240.2.210/30
FastEthernet1/1 is up, line protocol is up
  Internet address is 191.240.2.218/30
FastEthernet2/0 is up, line protocol is up
  Internet address is 191.240.2.230/30
FastEthernet2/1 is administratively down, line protocol is down
FastEthernet3/0 is administratively down, line protocol is down
FastEthernet3/1 is administratively down, line protocol is down
FastEthernet4/0 is administratively down, line protocol is down
FastEthernet4/1 is administratively down, line protocol is down
GigabitEthernet5/0 is up, line protocol is up
  Internet address is 191.240.2.237/30
GigabitEthernet6/0 is administratively down, line protocol is down
  
```

Рисунок 3.3 - Результат налаштування IP-адресації

На рис.3.4 зображено результат налаштування агрегації каналів на маршрутизаторі R11:



```

R11#show protocols port-channel 1
Port-channel1 is up, line protocol is up
  Internet address is 192.240.2.194/30
R11#show protocols port-channel 2
Port-channel2 is up, line protocol is up
  Internet address is 192.240.2.198/30
R11#show protocols port-channel 3
Port-channel3 is up, line protocol is up
  Internet address is 192.240.2.217/30
  
```

Рисунок 3.4 - Результат налаштування ашрегації каналів

На рис.3.5 зображено результат налаштування інтерфейсів VLAN на комутаторі SW_A2B2_1:

```

IOU1#show vlan

VLAN Name                Status    Ports
-----
1    default                active    Et0/2, Et0/3, Et1/2, Et1/3
              Et2/0, Et2/1, Et2/2, Et2/3
              Et3/0, Et3/1, Et3/2, Et3/3
              Et4/0, Et4/1, Et4/2, Et4/3
              Et5/0, Et5/1, Et5/2, Et5/3
              Et6/0, Et6/1, Et6/2, Et6/3
              Et7/0, Et7/1, Et7/2, Et7/3
10   VLAN0010                active    Et1/0
20   VLAN0020                active    Et1/1
1002 fddi-default          act/unsup
1003 token-ring-default    act/unsup
1004 fddinet-default       act/unsup
1005 trnet-default         act/unsup

VLAN Type  SAID      MTU   Parent RingNo BridgeNo Stp  BrdgMode Trans1 Trans2
-----
1    enet   100001    1500  -      -      -      -   -        0      0
10   enet   100010    1500  -      -      -      -   -        0      0
20   enet   100020    1500  -      -      -      -   -        0      0
1002 fddi   101002    1500  -      -      -      -   -        0      0
1003 tr    101003    1500  -      -      -      -   -        0      0
1004 fdnet 101004    1500  -      -      -      -   ieee     0      0
1005 trnet 101005    1500  -      -      -      -   ibm      0      0
  
```

Рисунок 3.5 - Результат налаштування інтерфейсів VLAN

На рис.3.6 зображено результат налаштування транкування інтерфейсу на маршрутизаторі R10:

```

R10
FastEthernet1/0.10 is up, line protocol is up
  Internet address is 192.240.0.126/25
FastEthernet1/0.20 is up, line protocol is up
  Internet address is 192.240.0.254/25
  
```

Рисунок 3.6 - Результат налаштування транкування інтерфейсу

На рис.3.7 зображено результат налаштування протоколу динамічної маршрутизації OSPF на маршрутизаторі R11:

```

R11#show ip protocols
*** IP Routing is NSF aware ***

Routing Protocol is "ospf 1"
  Outgoing update filter list for all interfaces is not set
  Incoming update filter list for all interfaces is not set
  Router ID 192.240.2.222
  Number of areas in this router is 1. 1 normal 0 stub 0 nssa
  Maximum path: 4
  Routing for Networks:
    192.240.2.192 0.0.0.3 area 0
    192.240.2.196 0.0.0.3 area 0
    192.240.2.200 0.0.0.3 area 0
    192.240.2.208 0.0.0.3 area 0
    192.240.2.216 0.0.0.3 area 0
    192.240.2.220 0.0.0.3 area 0
  
```

Рисунок 3.7 - Результат налаштування динамічної маршрутизації OSPF

На рис.3.8 зображено результат налаштування статичної маршрутизації на маршрутизаторі R1:

```

R1
Static local RIB for default
M 191.240.0.0/24 [1/0] via 191.240.2.217 [A]
M [5/0] via 191.240.2.226 [N]
M [6/0] via 191.240.2.229 [N]
M [7/0] via 191.240.2.209 [N]
M 191.240.1.0/25 [1/0] via 191.240.2.229 [A]
M [5/0] via 191.240.2.226 [N]
M [6/0] via 191.240.2.209 [N]
M [7/0] via 191.240.2.217 [N]
M 191.240.1.128/26 [1/0] via 191.240.2.229 [A]
M [5/0] via 191.240.2.226 [N]
M [6/0] via 191.240.2.209 [N]
M [7/0] via 191.240.2.217 [N]
M 191.240.1.192/26 [1/0] via 191.240.2.209 [A]
M [5/0] via 191.240.2.229 [N]
M [6/0] via 191.240.2.217 [N]
M [7/0] via 191.240.2.226 [N]
M 191.240.2.0/27 [1/0] via 191.240.2.209 [A]
M [5/0] via 191.240.2.229 [N]
M [6/0] via 191.240.2.217 [N]
M [7/0] via 191.240.2.226 [N]

```

Рисунок 3.8 - Результат налаштування статичної маршрутизації

На рис.3.9 зображено результат перевірки зв'язку між пристроями різних підмереж (цілісність схеми не порушена).

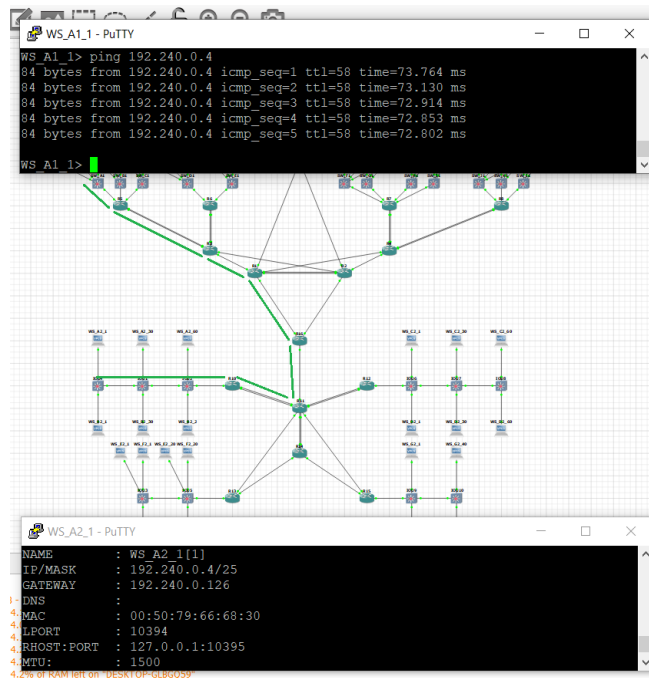


Рисунок 3.9 - Перевірка зв'язку

На рис.3.10 зображено результат перевірки зв'язку між пристроями різних підмереж (цілісність схеми порушена).

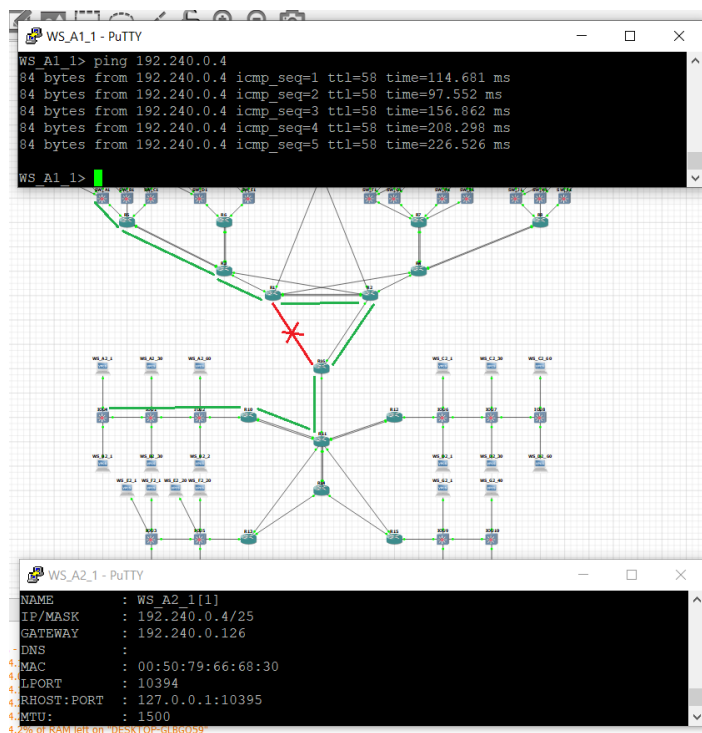


Рисунок 3.10 - Перевірка зв'язку

На рис.3.11 та рис.3.12 зображено результат побудови таблиці маршрутизації на маршрутизаторі R11 (на R16 ввімкнено редистрибуцію маршрутів).

R11	
191.240.0.0/16 is variably subnetted, 22 subnets, 5 masks	
O E1	191.240.0.0/24
	[110/12] via 192.240.2.221, 00:03:01, GigabitEthernet5/0
O E1	191.240.1.0/25
	[110/12] via 192.240.2.221, 00:03:01, GigabitEthernet5/0
O E1	191.240.1.128/26
	[110/12] via 192.240.2.221, 00:03:01, GigabitEthernet5/0
O E1	191.240.1.192/26
	[110/12] via 192.240.2.221, 00:03:01, GigabitEthernet5/0
O E1	191.240.2.0/27
	[110/12] via 192.240.2.221, 00:03:01, GigabitEthernet5/0
O E1	191.240.2.32/27
	[110/12] via 192.240.2.221, 00:03:01, GigabitEthernet5/0
O E1	191.240.2.64/27
	[110/12] via 192.240.2.221, 00:03:02, GigabitEthernet5/0
O E1	191.240.2.96/27
	[110/12] via 192.240.2.221, 00:03:07, GigabitEthernet5/0
O E1	191.240.2.128/26
	[110/12] via 192.240.2.221, 00:03:07, GigabitEthernet5/0
O E1	191.240.2.192/30
	[110/12] via 192.240.2.221, 00:03:07, GigabitEthernet5/0
O E1	191.240.2.196/30
	[110/12] via 192.240.2.221, 00:03:07, GigabitEthernet5/0
O E1	191.240.2.200/30
	[110/12] via 192.240.2.221, 00:03:07, GigabitEthernet5/0
O E1	191.240.2.204/30
	[110/12] via 192.240.2.221, 00:03:07, GigabitEthernet5/0
O E1	191.240.2.208/30
	[110/12] via 192.240.2.221, 00:03:07, GigabitEthernet5/0
O E1	191.240.2.212/30
	[110/12] via 192.240.2.221, 00:03:07, GigabitEthernet5/0
O E1	191.240.2.216/30
	[110/12] via 192.240.2.221, 00:03:08, GigabitEthernet5/0
O E1	191.240.2.220/30
	[110/12] via 192.240.2.221, 00:03:08, GigabitEthernet5/0
O E1	191.240.2.224/30
	[110/12] via 192.240.2.221, 00:03:08, GigabitEthernet5/0
O E1	191.240.2.228/30
	[110/12] via 192.240.2.221, 00:03:08, GigabitEthernet5/0
O E1	191.240.2.232/30

Рисунок 3.11 - Таблиця маршрутизації (частина 1)

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

R11

```

[110/12] via 192.240.2.221, 00:03:08, GigabitEthernet5/0
O    191.240.2.236/30
[110/2] via 192.240.2.221, 00:03:08, GigabitEthernet5/0
O    191.240.2.240/30
[110/2] via 192.240.2.221, 00:05:13, GigabitEthernet5/0
192.240.0.0/25 is subnetted, 2 subnets
O    192.240.0.0 [110/2] via 192.240.2.193, 00:11:42, Port-channel1
O    192.240.0.128 [110/2] via 192.240.2.193, 00:11:42, Port-channel1
192.240.1.0/25 is subnetted, 2 subnets
O    192.240.1.0 [110/2] via 192.240.2.197, 00:11:45, Port-channel2
O    192.240.1.128 [110/2] via 192.240.2.197, 00:11:46, Port-channel2
192.240.2.0/24 is variably subnetted, 19 subnets, 4 masks
O    192.240.2.0/26 [110/2] via 192.240.2.210, 00:11:46, FastEthernet3/1
O    192.240.2.64/27 [110/2] via 192.240.2.202, 00:11:56, FastEthernet3/0
O    192.240.2.96/27 [110/2] via 192.240.2.202, 00:11:56, FastEthernet3/0
O    192.240.2.128/27 [110/2] via 192.240.2.202, 00:11:56, FastEthernet3/0
O    192.240.2.160/27 [110/2] via 192.240.2.210, 00:11:46, FastEthernet3/1
C    192.240.2.192/30 is directly connected, Port-channel1
L    192.240.2.194/32 is directly connected, Port-channel1
C    192.240.2.196/30 is directly connected, Port-channel2
L    192.240.2.198/32 is directly connected, Port-channel2
C    192.240.2.200/30 is directly connected, FastEthernet3/0
L    192.240.2.201/32 is directly connected, FastEthernet3/0
O    192.240.2.204/30 [110/2] via 192.240.2.218, 00:11:46, Port-channel3
[110/2] via 192.240.2.202, 00:11:46, FastEthernet3/0
C    192.240.2.208/30 is directly connected, FastEthernet3/1
L    192.240.2.209/32 is directly connected, FastEthernet3/1
O    192.240.2.212/30 [110/2] via 192.240.2.218, 00:11:46, Port-channel3
[110/2] via 192.240.2.210, 00:11:46, FastEthernet3/1
C    192.240.2.216/30 is directly connected, Port-channel3
L    192.240.2.217/32 is directly connected, Port-channel3
C    192.240.2.220/30 is directly connected, GigabitEthernet5/0
L    192.240.2.222/32 is directly connected, GigabitEthernet5/0
R11#

```

Рисунок 3.12 - Таблиця маршрутизації (частина 2)

3.3 Налаштування AAA з використанням протоколу RADIUS

Налагодження системи аутентифікації згідно за розробленою схемою передбачає налагодження роботи сервера аутентифікації, створення клієнтів, користувачів та надавання їм певних привілеїв. Також цей процес передбачає налагодження окремих комунікаційних пристроїв.

Для налаштування системи AAA для пристроїв локальної мережі була використана архітектура, побудована на базі використання Docker та Docker-compose, як включає в себе такі контейнери як study_main_freeradius (FreeRADIUS), study_main_mysql (MySQL), study_main_nginx (NGINX), study_main_php (PHP) та study_main_phpmyadmin (PhpMyAdmin).

1) Контейнер study_main_freeradius - основний робочий сервер для надання можливостей AAA. Базовий образ - Ubuntu:22.04.

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Dockerfile (збирання нового образу):

```
FROM ubuntu:22.04

RUN apt-get update
RUN apt-get install freeradius freeradius-mysql freeradius-utils -y
RUN apt-get install openssh-server -y
RUN apt-get install sudo -y
RUN useradd -rm -d /home/ubuntu -s /bin/bash -g root -G sudo -u 1000 test
RUN echo 'test:test' | chpasswd
RUN service ssh start
RUN ln -s /etc/freeradius/3.0/mods-available/sql /etc/freeradius/3.0/mods-enabled/sql

COPY ./docker/freeradius/config/sites-available/default /etc/freeradius/3.0/sites-available/default
COPY ./docker/freeradius/config/mods-available/sql /etc/freeradius/3.0/mods-available/sql

CMD ["/usr/sbin/sshd", "-D"]
```

Рисунок 3.13 – Dockerfile для study_main_freeradius

2) Контейнер study_main_mysql - СУБД MySQL для зберігання інформації з Freeradius сервера. Базовий образ - mysql:latest.

Dockerfile (збирання нового образу):

```
FROM mysql:latest

COPY ./docker/mysql/query/db_schema.sql /srv

CMD [ "mysqld", "--init-file=/srv/db_schema.sql" ]
```

Рисунок 3.14 – Dockerfile для study_main_mysql

3) Контейнер study_main_nginx - веб-сервер для надання можливості віддаленого керування інформацією в MySQL. Базовий образ - nginx:latest.

Dockerfile (збирання нового образу):

```
FROM nginx:latest

COPY ./docker/nginx/conf.d/default.conf /etc/nginx/conf.d/default.conf
```

Рисунок 3.15 – Dockerfile для study_main_nginx

4) Контейнер study_main_php - інтерпритатор php7.4 (Fast Process Manager). Базовий образ - php:7.4-fpm.

Dockerfile (збирання нового образу):

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```
FROM php:7.4-fpm

RUN apt-get update
RUN docker-php-ext-install pdo pdo_mysql
RUN apt-get install openssh-client -y
RUN apt-get install sshpass -y
```

Рисунок 3.16 – Dockerfile для study_main_php

5) Контейнер study_main_phpmyadmin - веб-додаток для адміністрування СУБД MySQL. Базовий образ - phpmyadmin/phpmyadmin:latest.

Кінцева структура файлів для налаштування образів:

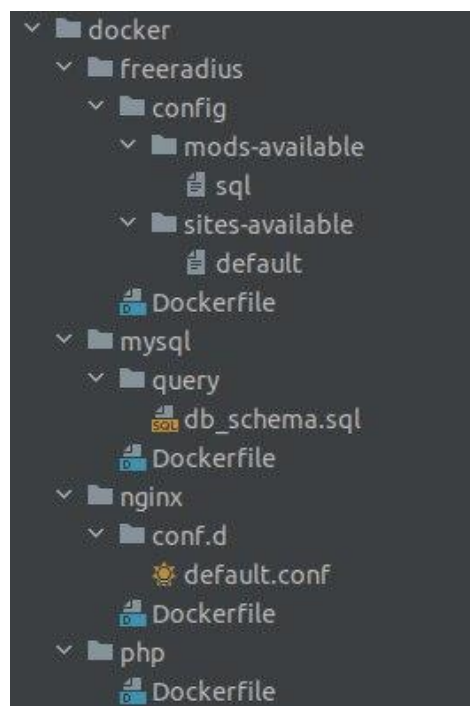


Рисунок 3.17 – Структура файлів налаштування

Структура файла docker-compose.yaml (файл ініціювання системи):

```
version: "3"
volumes:
  study_main_mysql_data:
services:
  php:
    container_name: study_main_php
    build:
      context: .
      dockerfile: docker/php/Dockerfile
    volumes:
      - ./src:/var/www/main
    depends_on:
      - mysql
```

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

nginx:
  container_name: study_main_nginx
  build:
    context: .
    dockerfile: docker/nginx/Dockerfile
  volumes:
    - ./src:/var/www/main
  ports:
    - "3000:80"
  depends_on:
    - php
mysql:
  container_name: study_main_mysql
  build:
    context: .
    dockerfile: docker/mysql/Dockerfile
  volumes:
    - study_main_mysql_data:/var/lib/mysql
  environment:
    MYSQL_ROOT_PASSWORD: root
freeradius:
  tty: true
  container_name: study_main_freeradius
  build:
    context: .
    dockerfile: docker/freeradius/Dockerfile
  ports:
    - "1812-1813:1812-1813/udp"
  depends_on:
    - mysql
phpmyadmin:
  container_name: study_main_phpmyadmin
  image: phpmyadmin/phpmyadmin
  ports:
    - "3001:80"
  environment:
    - PMA_HOST=study_main_mysql
  depends_on:
    - mysql

```

Після налаштування необхідних файлів запускаємо docker-compose файл за допомогою команди `sudo docker-compose up -d`. В результаті отримуємо робочі 5 контейнерів, з налаштованими системами:

```

nikita@nikita-server:~/work/graduate-work/project$ sudo docker-compose up -d
[sudo] password for nikita:
Starting study_main_mysql ... done
Starting study_main_php ... done
Starting study_main_freeradius ... done
Starting study_main_phpmyadmin ... done
Starting study_main_nginx ... done
nikita@nikita-server:~/work/graduate-work/project$ sudo docker-compose ps

```

Name	Command	State	Ports
study_main_freeradius	/usr/sbin/sshd -D	Up	191.240.1.194:1812->1812/udp, 191.240.1.194:1813->1813/udp
study_main_mysql	docker-entrypoint.sh mysql ...	Up	3306/tcp, 33060/tcp
study_main_nginx	/docker-entrypoint.sh nginx ...	Up	191.240.1.194:3000->80/tcp
study_main_php	docker-php-entrypoint php-fpm ...	Up	9000/tcp
study_main_phpmyadmin	/docker-entrypoint.sh apache ...	Up	191.240.1.194:3001->80/tcp

Рисунок 3.18 – Результат запуску контейнерів

Для комфортної роботи з даними сервера Freeradius в MySQL був створений спеціальний веб-додаток:



Рисунок 3.19 – Сторінка аутентифікації в веб-додаток

На рис.3.20 зображений вигляд головної панель для запуску, зупинки та перезавантаження сервера Freeradius.

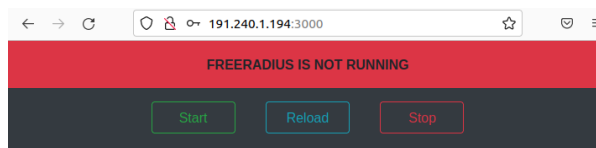


Рисунок 3.20 – Головна панель сервера Freeradius

Наступний рисунок (рис.3.21) показує вигляд головної сторінки веб-додатку, яка містить деяку інформацію, а саме: кількість користувачів в системі, кількість клієнтів в системі та інформацію про вдалі та невдалі спроби аутентифікації на сервері Freeradius.

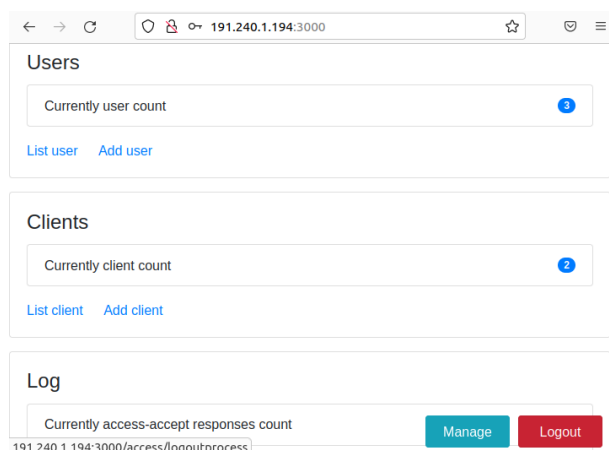


Рисунок 3.21 – Вигляд головної сторінки

На рис.3.22 показано сторінку створення нового користувача на сервері. Користувачу надається можливість обрати один з типів шифрування паролю. Також можна обрати рівень привілеїв для данного користувача.

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Рисунок 3.22 – Сторінка створення користувача

На рис.3.23 показано сторінку створення нового клієнта на сервері.

Рисунок 3.23 – Сторінка створення клієнта

Веб-додаток також має сторінку логування, де відображаються останні спроби входу у систему (рис.3.24).

ID	Username	Reply	Authdate
33	admin	Access-Accept	2022-06-14 17:46:35.688175
34	admin	Access-Accept	2022-06-14 17:46:46.256253
35	admin	Access-Accept	2022-06-14 17:46:58.832610
36	admin	Access-Accept	2022-06-14 17:47:10.359082
37	admin	Access-Accept	2022-06-14 17:47:33.434310
38	admin	Access-Accept	2022-06-14 17:47:46.849472
39	admin	Access-Accept	2022-06-14 17:47:59.314543

Рисунок 3.24 - Сторінка логування

На рис.3.25 показана сторінка з інформацією про налаштовані права для кожного з рівнів привілеїв.

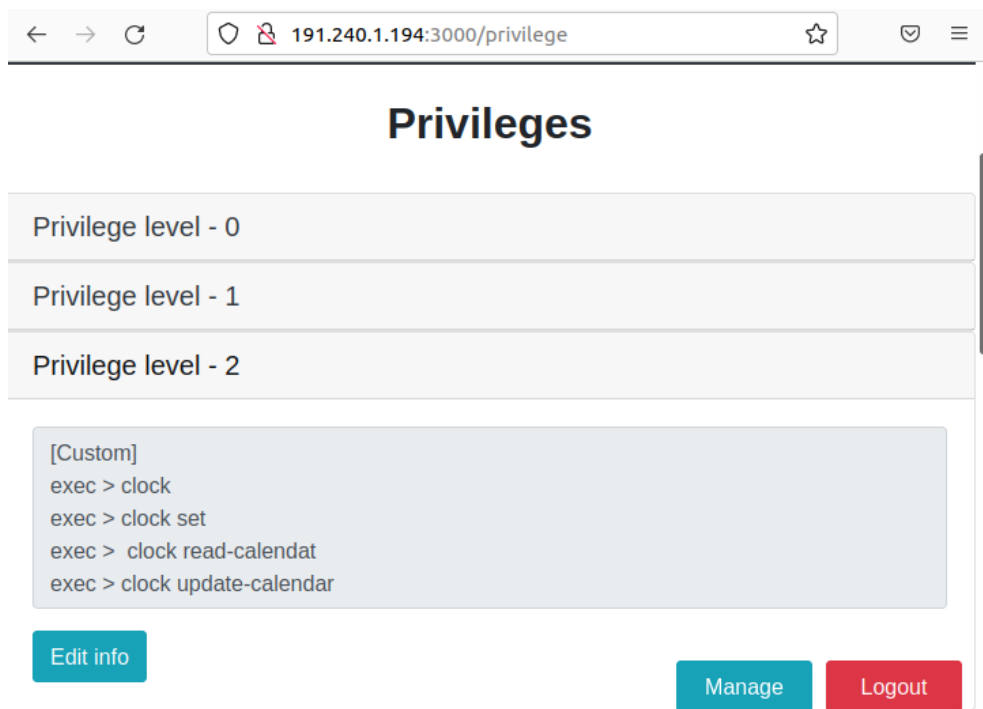


Рисунок 3.25 Сторінка інформації про налаштовані рівні привілеїв

Також побудована система містить в собі контейнер з налаштованим веб-інтерфейсом налаштування СУБД MySQL – PhpMyAdmin.

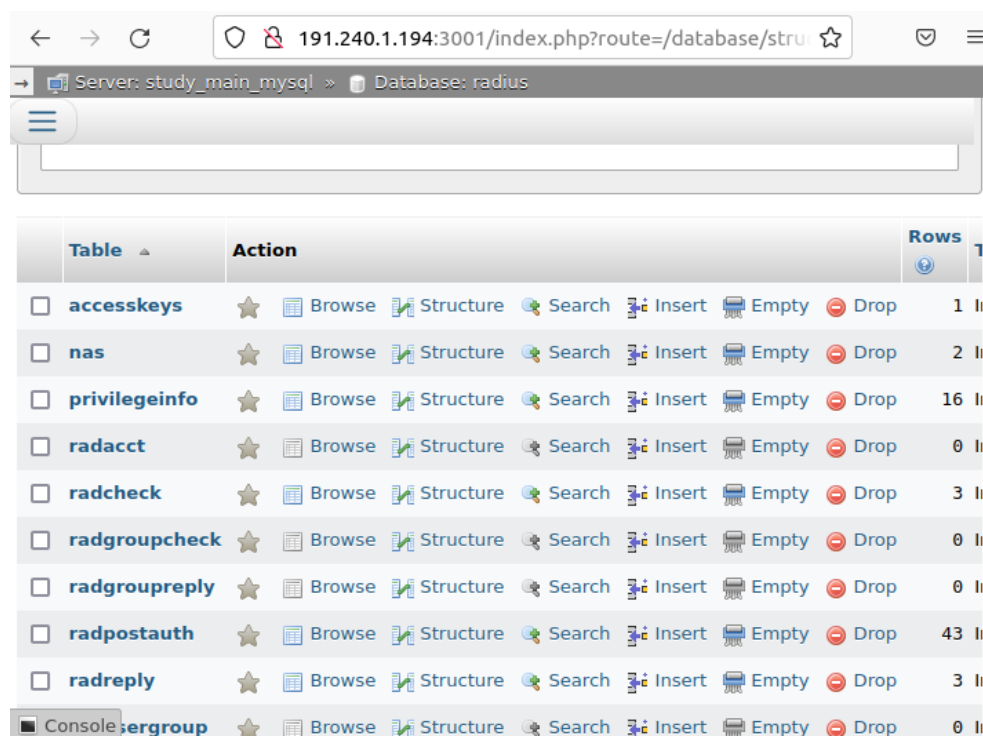


Рисунок 3.26 Веб-інтерфейсу додатку PhpMyAdmin

Приклад налаштування AAA на пристроях мережі:

```

R5
aaa new-model
!
!
aaa authentication login default group radius local
aaa authorization console
aaa authorization exec default group radius local

R5
radius-server host 191.240.1.194 auth-port 1812 acct-port 1813 key 7 111A1C06051
71F1F012939213C

R5
privilege router level 7 redistribute
privilege router level 6 network
privilege interface level 5 shutdown
privilege interface level 5 ip
privilege interface level 4 description
privilege configure level 6 line
privilege configure level 3 banner
privilege configure level 6 ip route
privilege configure level 6 router
privilege configure level 4 interface
privilege configure level 6 ip
privilege configure level 3 hostname
privilege exec level 5 copy running-config startup-config
privilege exec level 5 copy running-config
privilege exec level 5 copy
privilege exec level 2 clock update-calendar
privilege exec level 2 clock read-calendar
privilege exec level 2 clock set
privilege exec level 2 clock
privilege exec level 3 configure terminal
privilege exec level 3 configure
banner motd ^CYou Are Welcome!^C
  
```

Рисунок 3.27 – Налаштування AAA

Також для віддаленого підключення до пристроїв мережі, на них був налаштований SSHv2. Для підключення до даних пристроїв використовується Ubuntu Desktop 22.04 з налаштованим файлом `~.ssh/config`.

```

nikita@nikita-desktop: ~
GNU nano 6.2 .ssh/config
Host ctR1
  HostName 191.240.2.225
  KexAlgorithms=+diffie-hellman-group1-sha1
  HostKeyAlgorithms=+ssh-rsa
  Ciphers aes128-cbc
Host ctR2
  HostName 191.240.2.226
  KexAlgorithms=+diffie-hellman-group1-sha1
  HostKeyAlgorithms=+ssh-rsa
  Ciphers aes128-cbc
Host ctR3
  HostName 191.240.2.194
  KexAlgorithms=+diffie-hellman-group1-sha1
  HostKeyAlgorithms=+ssh-rsa
  Ciphers aes128-cbc
Host ctR4
  HostName 191.240.2.202
  KexAlgorithms=+diffie-hellman-group1-sha1
  HostKeyAlgorithms=+ssh-rsa
  Ciphers aes128-cbc
Host ctR5
  HostName 191.240.1.222
  KexAlgorithms=+diffie-hellman-group1-sha1
  HostKeyAlgorithms=+ssh-rsa
  Ciphers aes128-cbc
  
```

Рисунок 3.28 – Налаштування SSH

3.4 Тестування роботи схеми та систем AAA

Після налаштування AAA на пристроях мережі, перейдемо до перевірки роботи налаштованих команд та сервісів.

Для початку створимо нових клієнтів мережі:

- 1) Клієнт А – 191.240.0.0/22 (Усі пристрої даної мережі)
- 2) Клієнт Б – 192.240.0.0/22 (Усі пристрої даної мережі)

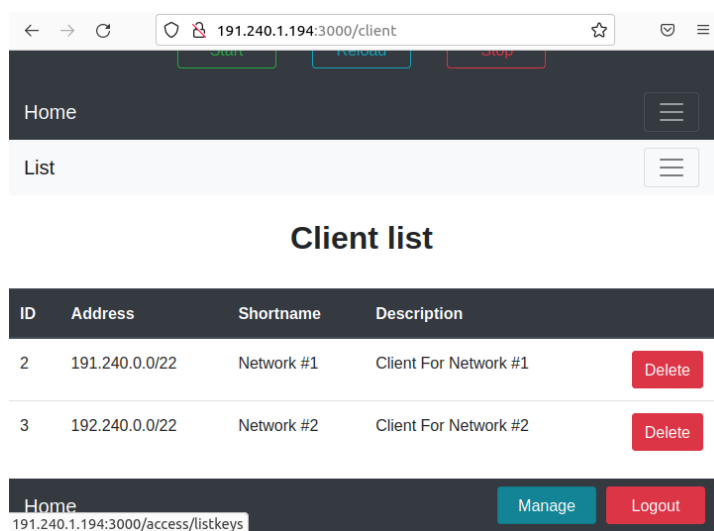


Рисунок 3.29 – Результат додавання клієтів

Далі додамо декілька користувачів:

- 1) Користувач admin – рівень привілеїв 15
- 2) Користувач medium – рівень привілеїв 6
- 3) Користувач user – рівень привілеїв 0

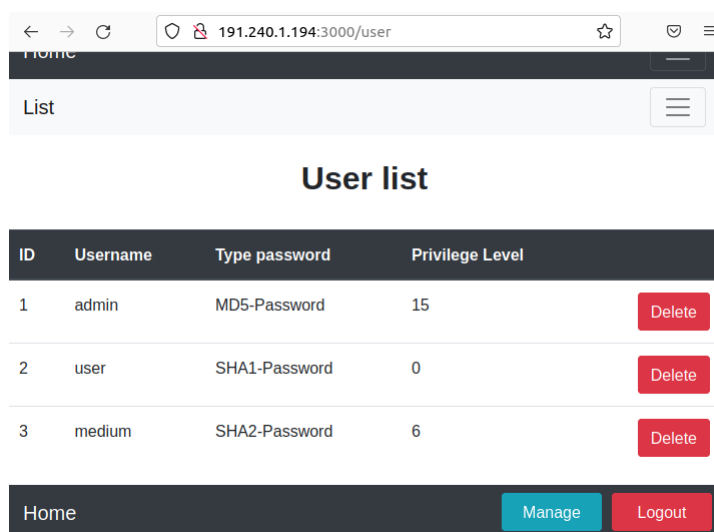


Рисунок 3.30 – Результат додавання клієтів

Перевіримо процес аутентифікації та авторизації на одному з пристроїв мережі (підключення через SSH):

```

nikita@nikita-desktop: ~
nikita@nikita-desktop:~$ ssh ctr5 -l medium
(medium@191.240.1.222) Password:
You Are Welcome!
R5#

```

Рисунок 3.31 – Результат аутентифікації

```

nikita@nikita-desktop: ~
nikita@nikita-desktop:~$ ssh ctr5 -l medium
(medium@191.240.1.222) Password:
You Are Welcome!
R5#show priv
Current privilege level is 6
R5#

```

Рисунок 3.32 – Результат авторизації

Далі перевіримо роботу налаштованих команд для зазначених рівнів привілеїв:

```

nikita@nikita-desktop: ~
nikita@nikita-desktop:~$ ssh ctr5 -l medium
(medium@191.240.1.222) Password:
You Are Welcome!
R5#show priv
Current privilege level is 6
R5#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R5(config)#int fa0/0
R5(config-if)#exit
R5(config)#

```

Рисунок 3.33 – Введення дозволених команд (коректно)

```

nikita@nikita-desktop: ~
nikita@nikita-desktop:~$ ssh ctr5 -l medium
(medium@191.240.1.222) Password:
You Are Welcome!
R5#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R5(config)#line vty 0 4
^
% Invalid input detected at '^' marker.
R5(config)#line console 0
^
% Invalid input detected at '^' marker.
R5(config)#line aux 0
^
% Invalid input detected at '^' marker.
R5(config)#

```

Рисунок 3.34 – Введення заборонених команд (коректно)

Після цього перевіримо роботу логування вдалих та невдалих спроб аутентифікації:

```

nikita@nikita-desktop: ~
nikita@nikita-desktop:~$ ssh ctr5 -l medium
(medium@191.240.1.222) Password:
(medium@191.240.1.222) Password:
(medium@191.240.1.222) Password:
You Are Welcome!
R5#
  
```

Рисунок 3.35 – Вдалі та невдалі спроби аутентифікації

42	admin	Access-Accept	2022-06-14 10:19:19.399007
43	admin	Access-Accept	2022-06-15 08:50:31.923234
44	medium	Access-Accept	2022-06-15 10:19:50.295806
45	medium	Access-Accept	2022-06-15 10:26:18.521681
46	admin	Access-Accept	2022-06-15 10:27:35.138766
47	medium	Access-Accept	2022-06-15 10:31:36.797250
48	medium	Access-Reject	2022-06-15 10:33:42.968150
49	medium	Access-Reject	2022-06-15 10:33:49.579427
50	medium	Access-Accept	2022-06-15 10:33:59.550914

[Home](#)
[Manage](#)
[Logout](#)

Рисунок 3.36 – Виведення результатів спроб аутентифікації

Висновки до третього розділу

В результаті виконання третього роздуло було протестовано виконану роботу, а саме було перевірено: коректність роботи необхідних контейнерів, зв'язок між контейнерами та зовнішніми пристроями, коректну роботу MySQL, правильну та керовану роботу FreeRadius-сервера, роботу створеного веб-додатку, створення користувачів та клієнтів для подальшого використання в пристроях мережі, процеси логування спроб аутентифікації, SSH зв'язок для комфортного та віддаленого налаштування пристроїв.

ВИСНОВКИ

Пройшовши шлях від аналізу поставленого завдання та проектування до розробки та тестування було зроблено багато висновків та здобуто чимало корисного досвіду. Одним з яких являється вміння зрозуміти поставлене завдання, аналізування мети та чітке формулювання цілі та методів її досягнення, усе це сприяє створенню якісного продукту, кращому орієнтуванню в ньому та головне - пришвидшенні роботи завдяки поставленому плану.

Після аналізу поставленої задачі та шляхів її вирішення було зроблено висновки щодо її проблематики. Для реалізації поставленої задачі було опрацьовано матеріал який стосується даної теми та порівняно інші об'єкти дослідження.

Результатом виконання кваліфікаційної роботи бакалавра є практична схема локальної корпоративної мережі з налаштованою підсистемою AAA на базі протоколу RADIUS та рішення FreeRADIUS. Для побудови системи, яка об'єднує в собі різні інструменти роботи та взаємодії, було обране програмне забезпечення для автоматизації розгортання і керування – Docker. На базі цього рішення було створено 5 залежних підсистем: FreeRADIUS-сервер для надання можливостей AAA пристроям, СУБД MySQL для зберігання інформації з AAA сервера, PhpMyAdmin – веб-додаток для керування MySQL, NGINX-сервер для реалізації власного веб-додатку керування даними з MySQL та PHP інтерпритатор для використання даної мови програмування при створенні додатку.

Об'єднання окремих мереж та їх взаємодія виконувались за допомогою редистрибуції маршрутів та налаштування маршрутизації відповідно. Для економного використання IP-простору було обрано дві мережі для подальшого їх розбиття на підмережі з використанням безкласового підходу, VLSM та CIDR.

Отже, кінцевим результатом виконання даного проєкту є побудована локальна корпоративна мережа взаємодія та налаштування якої виконується за допомогою автономної системи керування, зберігання та обробки даних для подальшого їх використання, як для процесів AAA, так і взаємодії з кінцевим користувачем за допомогою створеного додатку.

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Буров Є.В. Комп'ютерні мережі. Підручник. Том 2. / Є.В. Буров, М.М. Митник. – Львів: «Магнолія 2006», 2021. – 334 с.
2. Кулаков Ю.О. Комп'ютерні мережі / Ю.О. Кулаков, І.А. Жуков. - К.: Вид-во Нац. авіац. ун-ту "НАУ-друк", 2009–. – 392 с.
3. Навчальний курс CCNA Routing and Switching: Connecting Networks [Електронний ресурс] – Режим доступу: www.netacad.com.
4. Навчальний курс CCNA Routing and Switching: Introduction to Networks [Електронний ресурс] – Режим доступу: www.netacad.com
5. НАЛАГОДЖЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ПРОТОКОЛУ МАРШРУТИЗАЦІЇ OSPF. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://learn.ztu.edu.ua/pluginfile.php/156823/mod_resource/content/1/KM_KI_LR-23-2020-2021_KI-4.pdf
6. НАЛАГОДЖЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ РЕДИСТРИБУЦІЇ МАРШРУТІВ У МЕРЕЖІ. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://learn.ztu.edu.ua/pluginfile.php/160433/mod_resource/content/1/KM_KI_LR-27-2020-2021_KI-4.pdf
7. Одом Уэнделл. Официальное руководство Cisco по подготовке к сертификационным экзаменам CCENT/CCNA ICNDI 100-101, акад. изд.: Пер. с англ. – М.: 000 "И.Д. Вильямс", 2015. – 912 с.
8. Олифер В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы : учебник для вузов. – 5-е изд. / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. – СПб. : Питер, 2016. – 992 с.
9. Филимонов А. Ю. Построение мультисервисных сетей Ethernet / А. Ю. Филимонов. – СПб. : БХВ-Петербург, 2007. – 592 с.
10. Authentication, Authorization, Accounting. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://contenthub.netacad.com/legacy/CCNAS/en/3.0.1.1>.
11. Authentication Server: Setting up FreeRADIUS. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://tldp.org/HOWTO/8021X-HOWTO/freeradius.html>

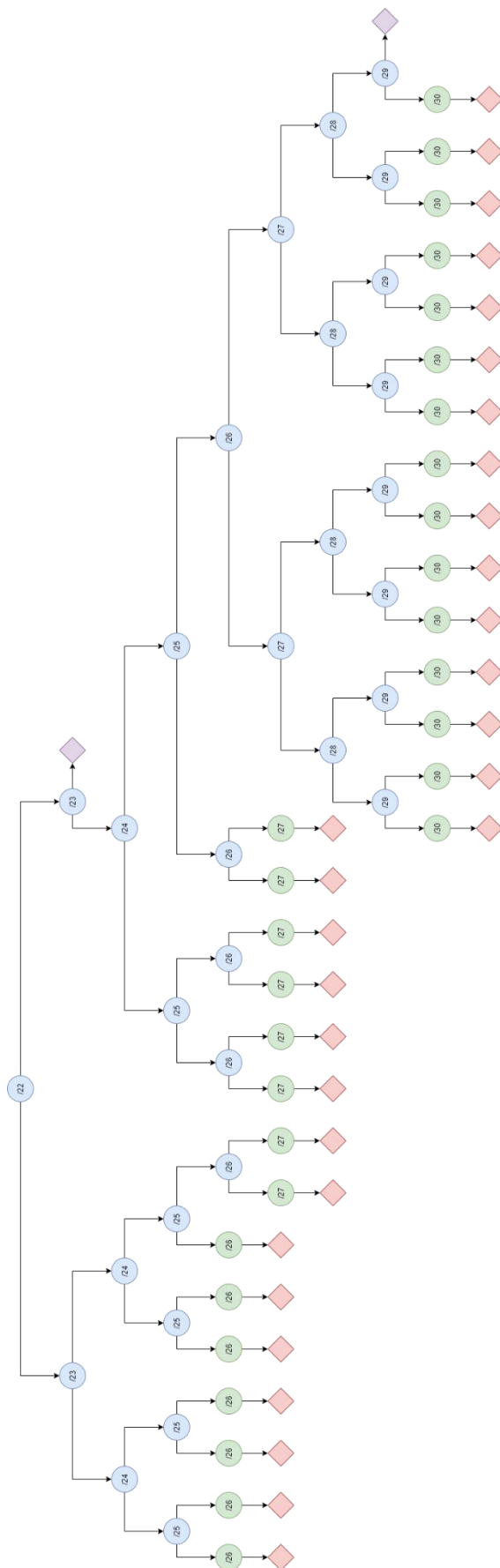
		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Cisco IOS – Privilege Levels. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://learningnetwork.cisco.com/s/blogs/a0D3i000002eeWTEAY/cisco-ios-privilege-levels>
13. Docker Hub is the world's largest library and community for container images. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://hub.docker.com/>
14. Docker overview. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://docs.docker.com/get-started/overview/>
15. Enterprise Networking, Security, and Automation Course. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://contenthub.netacad.com/ensa>
16. Odom Wendell. CCNA 200-301 Official Cert Guide. Volume 1. / Wendell Odom. Cisco Press, 2020 – 1095 p.
17. FreeRADIUS. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://freeradius.org/>
18. Freeradius Setup for Captive Portal authentication. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://openwispradius.readthedocs.io/en/stable/developer/freeradius>
19. How Does RADIUS WORK? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/security-vpn/remote-authentication-dial-user-service-radius/12433-32.html>
20. Orientation and setup. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://docs.docker.com/get-started/>
21. Radius Authentication. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://contenthub.netacad.com/legacy/CCNAS/2.0/en/index.html#3.3.2.3>.
22. RADIUS Commands. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.cisco.com/c/en/td/docs/ios/12_2/security/command/reference/srfrad.html
23. Switching, Routing, and Wireless Essentials Course. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://contenthub.netacad.com/srwe>
24. TACACS+ and RADIUS Comparison. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/security-vpn/remote-authentication-dial-user-service-radius/13838-10.html>

ДОДАТКИ

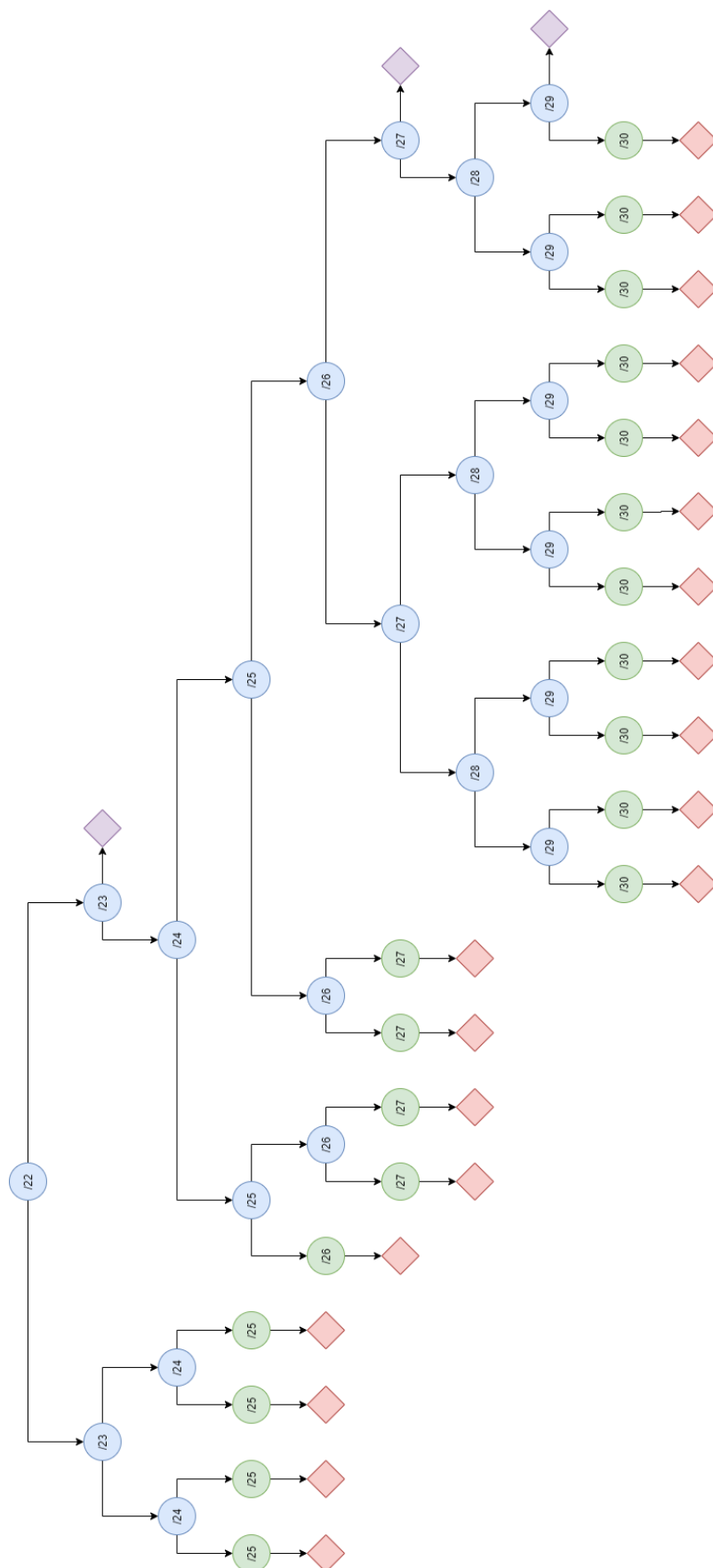
		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Поділ першої мережі на підмережі



		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Поділ другої мережі на підмережі



Додаток В

Таблиця розподілу підмереж першої мережі

IP-адреса та префікс	Бінарний вид	Робоча підмережа
191.240.0.0/22	10111111.11110000.00000000 00.00000000	-
191.240.0.0/26	10111111.11110000.00000000.00 000000	F1
191.240.0.64/26	10111111.11110000.00000000.01 000000	G1
191.240.0.128/26	10111111.11110000.00000000.10 000000	H1
191.240.0.192/26	10111111.11110000.00000000.11 000000	I1
191.240.1.0/26	10111111.11110000.00000001.00 000000	M1
191.240.1.64/26	10111111.11110000.00000001.01 000000	N1
191.240.1.128/26	10111111.11110000.00000001.10 000000	O1
191.240.1.192/27	10111111.11110000.00000001.110 00000	A1
191.240.1.224/27	10111111.11110000.00000001.111 00000	B1
191.240.2.0/27	10111111.11110000.00000010.000 00000	C1
191.240.2.32/27	10111111.11110000.00000010.001 00000	D1
191.240.2.64/27	10111111.11110000.00000010.010 00000	E1
191.240.2.96/27	10111111.11110000.00000010.011 00000	J1
191.240.2.128/27	10111111.11110000.00000010.100 00000	K1
191.240.2.160/27	10111111.11110000.00000010.101 00000	L1
191.240.2.192/30	10111111.11110000.00000010.110000 00	AA1
191.240.2.196/30	10111111.11110000.00000010.110001 00	BB1
191.240.2.200/30	10111111.11110000.00000010.110010 00	CC1
191.240.2.204/30	10111111.11110000.00000010.110011 00	DD1
191.240.2.208/30	10111111.11110000.00000010.110100 00	EE1
191.240.2.212/30	10111111.11110000.00000010.110101 00	FF1
191.240.2.216/30	10111111.11110000.00000010.110110 00	GG1
191.240.2.220/30	10111111.11110000.00000010.110111 00	HH1
191.240.2.224/30	10111111.11110000.00000010.111000 00	II1
191.240.2.228/30	10111111.11110000.00000010.111001 00	JJ1
191.240.2.232/30	10111111.11110000.00000010.111010 00	KK1
191.240.2.236/30	10111111.11110000.00000010.111011 00	LL1
191.240.2.240/30	10111111.11110000.00000010.111100 00	MM1
191.240.2.244/30	10111111.11110000.00000010.111101 00	NN1
191.240.2.248/30	10111111.11110000.00000010.111110 00	OO1

Таблиця розподілу підмереж другої мережі

ІР-адреса та префікс	Бінарний вид	Робоча підмережа
192.240.0.0/22	11000000.11110000.0000000 00.00000000	-
192.240.0.0/25	11000000.11110000.00000000.0 00000000	A2
192.240.0.128/25	11000000.11110000.00000000.1 00000000	B2
192.240.1.0/25	11000000.11110000.00000000.1.0 00000000	C2
192.240.1.128/25	11000000.11110000.00000000.1.1 00000000	D2
192.240.2.0/26	11000000.11110000.00000000.10.00 0000000	G2
192.240.2.64/27	11000000.11110000.00000000.10.010 000000	E2
192.240.2.96/27	11000000.11110000.00000000.10.011 000000	F2
192.240.2.128/27	11000000.11110000.00000000.10.100 000000	H2
192.240.2.160/27	11000000.11110000.00000000.10.101 000000	I2
192.240.2.192/30	11000000.11110000.00000000.10.110000 00	AA2
192.240.2.196/30	11000000.11110000.00000000.10.110001 00	BB2
192.240.2.200/30	11000000.11110000.00000000.10.110010 00	CC2
192.240.2.204/30	11000000.11110000.00000000.10.110011 00	DD2
192.240.2.208/30	11000000.11110000.00000000.10.110100 00	EE2
192.240.2.212/30	11000000.11110000.00000000.10.110101 00	FF2
192.240.2.216/30	11000000.11110000.00000000.10.110110 00	GG2
192.240.2.220/30	11000000.11110000.00000000.10.110111 00	HH2
192.240.2.224/30	11000000.11110000.00000000.10.111000 00	II2
192.240.2.228/30	11000000.11110000.00000000.10.111001 00	JJ2
192.240.2.232/30	11000000.11110000.00000000.10.111010 00	KK2

Параметри IP-адресації підмереж першої мережі

Мережа	Маска мережі	Мінімальна адреса	Максимальна адреса	Широкомовна адреса
(F1) 191.240.0.0	255.255.255.192	191.240.0.1	191.240.0.62	191.240.0.63
(G1) 191.240.0.64	255.255.255.192	191.240.0.65	191.240.0.126	191.240.0.127
(H1) 191.240.0.128	255.255.255.192	191.240.0.129	191.240.0.190	191.240.0.191
(I1) 191.240.0.192	255.255.255.192	191.240.0.193	191.240.0.254	191.240.0.255
(M1) 191.240.1.0	255.255.255.192	191.240.1.1	191.240.1.62	191.240.1.63
(N1) 191.240.1.64	255.255.255.192	191.240.1.65	191.240.1.126	191.240.1.127
(O1) 191.240.1.128	255.255.255.192	191.240.1.129	191.240.1.190	191.240.1.191
(A1) 191.240.1.192	255.255.255.224	191.240.1.193	191.240.1.222	191.240.1.223
(B1) 191.240.1.224	255.255.255.224	191.240.1.225	191.240.1.254	191.240.1.255
(C1) 191.240.2.0	255.255.255.224	191.240.2.1	191.240.2.30	191.240.2.31
(D1) 191.240.2.32	255.255.255.224	191.240.2.33	191.240.2.62	191.240.2.63
(E1) 191.240.2.64	255.255.255.224	191.240.2.65	191.240.2.94	191.240.2.95
(J1) 191.240.2.96	255.255.255.224	191.240.2.97	191.240.2.126	191.240.2.127
(K1) 191.240.2.128	255.255.255.224	191.240.2.129	191.240.2.158	191.240.2.159
(L1) 191.240.2.160	255.255.255.224	191.240.2.161	191.240.2.190	191.240.2.191
(AA1) 191.240.2.192	255.255.255.252	191.240.2.193	191.240.2.194	191.240.2.195
(BB1) 191.240.2.196	255.255.255.252	191.240.2.197	191.240.2.198	191.240.2.199
(CC1) 191.240.2.200	255.255.255.252	191.240.2.201	191.240.2.202	191.240.2.203
(DD1) 191.240.2.204	255.255.255.252	191.240.2.205	191.240.2.206	191.240.2.207
(EE1) 191.240.2.208	255.255.255.252	191.240.2.209	191.240.2.210	191.240.2.211
(FF1) 191.240.2.212	255.255.255.252	191.240.2.213	191.240.2.214	191.240.2.215
(GG1) 191.240.2.216	255.255.255.252	191.240.2.217	191.240.2.218	191.240.2.219
(HH1) 191.240.2.220	255.255.255.252	191.240.2.221	191.240.2.222	191.240.2.223
(II1) 191.240.2.224	255.255.255.252	191.240.2.225	191.240.2.226	191.240.2.227
(JJ1) 191.240.2.228	255.255.255.252	191.240.2.229	191.240.2.230	191.240.2.231
(KK1) 191.240.2.232	255.255.255.252	191.240.2.233	191.240.2.234	191.240.2.235
(LL1) 191.240.2.236	255.255.255.252	191.240.2.237	191.240.2.238	191.240.2.239
(MM1) 191.240.2.240	255.255.255.252	191.240.2.241	191.240.2.242	191.240.2.243
(NN1) 191.240.2.244	255.255.255.252	191.240.2.245	191.240.2.246	191.240.2.247
(OO1) 191.240.2.248	255.255.255.252	191.240.2.249	191.240.2.250	191.240.2.251

Параметри ІР-адресації підмереж другої мережі

Мережа	Маска мережі	Мінімальна адреса	Максимальна адреса	Широкомовна адреса
(A2) 192.240.0.0	255.255.255.128	192.240.0.1	192.240.0.126	192.240.0.127
(B2) 192.240.0.128	255.255.255.128	192.240.0.129	192.240.0.254	192.240.0.255
(C2) 192.240.1.0	255.255.255.128	192.240.1.1	192.240.1.126	192.240.1.127
(D2) 192.240.1.128	255.255.255.128	192.240.1.129	192.240.1.254	192.240.1.255
(G2) 192.240.2.0	255.255.255.192	192.240.2.1	192.240.2.62	192.240.2.63
(E2) 192.240.2.64	255.255.255.224	192.240.2.65	192.240.2.94	192.240.2.95
(F2) 192.240.2.96	255.255.255.224	192.240.2.97	192.240.2.126	192.240.2.127
(H2) 192.240.2.128	255.255.255.224	192.240.2.129	192.240.2.158	192.240.2.159
(I2) 192.240.2.160	255.255.255.224	192.240.2.161	192.240.2.190	192.240.2.191
(AA2) 192.240.2.192	255.255.255.252	192.240.2.193	192.240.2.194	192.240.2.195
(BB2) 192.240.2.196	255.255.255.252	192.240.2.197	192.240.2.198	192.240.2.199
(CC2) 192.240.2.200	255.255.255.252	192.240.2.201	192.240.2.202	192.240.2.203
(DD2) 192.240.2.204	255.255.255.252	192.240.2.205	192.240.2.206	192.240.2.207
(EE2) 192.240.2.208	255.255.255.252	192.240.2.209	192.240.2.210	192.240.2.211
(FF2) 192.240.2.212	255.255.255.252	192.240.2.213	192.240.2.214	192.240.2.215
(GG2) 192.240.2.216	255.255.255.252	192.240.2.217	192.240.2.218	192.240.2.219
(HH2) 192.240.2.220	255.255.255.252	192.240.2.221	192.240.2.222	192.240.2.223
(II2) 192.240.2.224	255.255.255.252	192.240.2.225	192.240.2.226	192.240.2.227
(JJ2) 192.240.2.228	255.255.255.252	192.240.2.229	192.240.2.230	192.240.2.231
(KK2) 192.240.2.232	255.255.255.252	192.240.2.233	192.240.2.234	192.240.2.235

Додаток Е

Розподіл IP-адрес між пристроями першої мережі

Мережа	Комутатор (и)	Робоча станція (ї)	Сервер (и)	Шлюз за замовчуванням	Вільний простір
A1	191.240.1.193	191.240.1.194 - 191.240.1.213	191.240.1.214	191.240.1.222	191.240.1.215 - 191.240.1.221
B1	191.240.1.225	191.240.1.226 - 191.240.1.245	191.240.1.246	191.240.1.254	191.240.1.247 - 191.240.1.253
C1	191.240.2.1	191.240.2.2 - 191.240.2.21	191.240.2.22	191.240.2.30	191.240.2.23 - 191.240.2.29
D1	191.240.2.33	191.240.2.34 - 191.240.2.53	191.240.2.54	191.240.2.62	191.240.2.55 - 191.240.2.61
E1	191.240.2.65	191.240.2.66 - 191.240.2.85	191.240.2.86	191.240.2.94	191.240.2.87 - 191.240.2.93
F1	191.240.0.1 - 191.240.0.2	191.240.0.3 - 191.240.0.37	191.240.0.38	191.240.0.62	191.240.0.39 - 191.240.0.61
G1	191.240.0.65 - 191.240.0.66	191.240.0.67 - 191.240.0.101	191.240.0.102	191.240.0.126	191.240.0.65 - 191.240.0.125
H1	191.240.0.129 - 191.240.0.130	191.240.0.131 - 191.240.0.165	191.240.0.166	191.240.0.190	191.240.0.167 - 191.240.0.189
I1	191.240.0.193 - 191.240.0.194	191.240.0.195 - 191.240.0.229	191.240.0.230	191.240.0.254	191.240.0.231 - 191.240.0.253
J1	191.240.2.97	191.240.2.98 - 191.240.2.117	191.240.2.118	191.240.2.126	191.240.2.119 - 191.240.2.125
K1	191.240.2.129	191.240.2.130 - 191.240.2.149	191.240.2.150	191.240.2.158	191.240.2.151 - 191.240.2.157
L1	191.240.2.161	191.240.2.162 - 191.240.2.181	191.240.2.182	191.240.2.190	191.240.2.183 - 191.240.2.189
M1	191.240.1.1 - 191.240.1.3	191.240.1.4 - 191.240.1.53	191.240.1.54	191.240.1.62	191.240.1.55 - 191.240.1.61
N1	191.240.1.65 - 191.240.1.67	191.240.1.68 - 191.240.1.117	191.240.1.118	191.240.1.126	191.240.1.119 - 191.240.1.125
O1	191.240.1.129 - 191.240.1.131	191.240.1.132 - 191.240.1.181	191.240.1.182	191.240.1.190	191.240.1.183 - 191.240.1.189

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Розподіл IP-адрес між пристроями другої мережі

Мережа	Комутатор (и)	Робоча станція (ї)	Сервер (и)	Шлюз за замовчуванням	Вільний простір
A2	192.240.0.1 - 192.240.0.3	192.240.0.4 - 192.240.0.63	-	192.240.0.126	192.240.0.64 - 192.240.0.125
B2	-	192.240.0.129 - 192.240.0.188	-	192.240.0.254	192.240.0.189 - 192.240.0.253
C2	192.240.1.1 - 192.240.1.3	192.240.1.4 - 192.240.1.63	-	192.240.1.126	192.240.1.64 - 192.240.1.125
D2	-	192.240.1.129 - 192.240.1.188	-	192.240.1.254	192.240.1.189 - 192.240.1.253
E2	192.240.2.65 - 192.240.2.66	192.240.2.67 - 192.240.2.86	-	192.240.2.94	192.240.2.87 - 192.240.2.93
F2	-	192.240.2.97 - 192.240.2.116	-	192.240.2.126	192.240.2.85 - 192.240.2.125
G2	192.240.2.1 - 192.240.2.2	192.240.2.3 - 192.240.2.42	-	192.240.2.62	192.240.2.43 - 192.240.2.61
H2	-	-	192.240.2.129 - 192.240.2.138	192.240.2.158	192.240.2.139 - 192.240.2.157
I2	-	-	192.240.2.161 - 192.240.2.170	192.240.2.190	192.240.2.171 - 192.240.2.189

Загальна характеристика маршрутизатора ISR4221 (K9)

Маршрутизатор Cisco ISR (Integrated Services Routers) 4000 серії включає в себе моделі Cisco ISR4300 і Cisco ISR4400 підсерії. Ці пристрої відрізняються високою продуктивністю від 50 Мбіт / с до 2 Гбіт / с, вбудованими WAN портами Gigabit Ethernet і SFP портами. Функціональність платформи Cisco ISR4300 і Cisco ISR4400 можна розширити за допомогою інтерфейсних модулів NIM. Платформа підтримує 2 або 3 слота розширення, в залежності від моделі. Обсяг пам'яті DRAM в 4GB з можливістю розширення до 16GB дозволяє справлятися із завданнями з високою швидкістю. Моделі Cisco ISR4400 підтримують функцію резервного живлення. Маршрутизатор Cisco ISR4300 і Cisco ISR4400 підтримують роботу протоколів NAT, IPSec VPN сервіси, RIP v1 / v2, EIGRP, OSPF, BGP, PBR, PfR, IPv4 і IPv6 адресацію. Маршрутизатор Cisco ISR4000 серії надають замовникам призначені для користувача послуги найвищої якості, високу масштабованість.

Основні відомості та параметри:

- flash: 8 Гб;
- вбудовані порти WAN або LAN 10/100/1000;
- кількість RJ-45 портів: 2;
- пропускна здатність: від 35 Мбіт/с до 75 Мбіт/с;
- DRAM: 4 Гб;
- Джерело змінного струму: від 100 до 240 В.

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Загальна характеристика комутатора SG350X-24MP

Нове покоління керованих комутаторів Cisco 350X поєднує розширену функціональність і доступну ціну. Комутатори цієї серії виступають як основа надійної та продуктивної мережі, а також забезпечують широкий набір інструментів для підтримки складнішої мережевої структури та захисту критично важливої інформації. На відміну від інших комутаторів, Cisco 350X дозволяє налаштовувати, керувати та усувати несправності відразу в декількох фізичних пристроях, що дозволяє набагато легше розширити мережу. Підтримка технології істинного стека дозволяє використовувати до 4-х комутаторів 350X серії як єдиний складовий комутатор, з об'єднаною матрицею комутації та централізованим керуванням. При цьому для організації стекування використовуються звичайні мідні патчкорди.

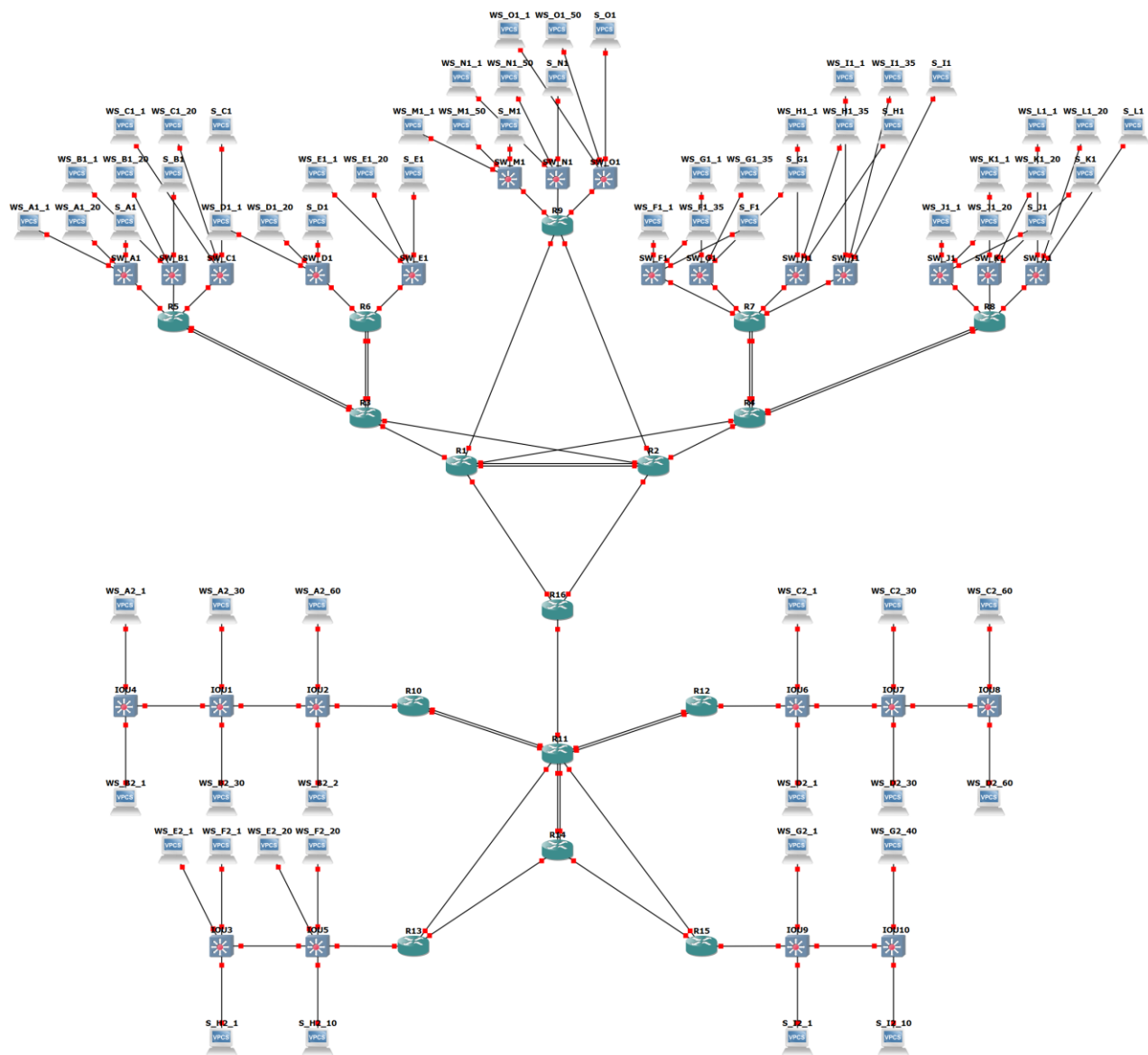
За своїми технічними характеристиками, комутатори 350X серії близькі до вже широко відомої 300 серії комутаторів (підтримуються всі заявлені для них параметри) – але зі швидкістю 10 Гбіт/с і додатковими можливостями стекування (з відповідною світлодіодною індикацією на передній панелі). Ця особливість дозволяє легко інтегрувати комутатори 350X серії в ядро вже існуючої корпоративної мережі з мінімальними коригуваннями конфігураційних файлів.

Основні відомості та параметри:

- flash: 256 Мб;
- ОЗУ пам'ять: 512 Мб;
- пакетний буфер: 1,5 Мб;
- CPU: 800 MHz (dual-core) ARM;
- матриця комутації: 128 Гбіт/с;
- таблиця MAC адрес: до 16000 MAC адрес;
- Jumbo frames: до 9K (9216) bytes supported;
- комутація Мпакетів/с: 95,23 MPPS.

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Загальна схема мережі в емуляторі GNS3



Налаштування пристроїв локальної мережі

Маршрутизатор R1

```
hostname R1
```

```
!
```

```
interface Port-channel1
```

```
description PC_R1-R2
```

```
ip address 191.240.2.225 255.255.255.252
```

```
hold-queue 150 in
```

```
interface FastEthernet1/0
```

```
ip address 191.240.2.210 255.255.255.252
```

```
interface FastEthernet1/1
```

```
ip address 191.240.2.218 255.255.255.252
```

```
interface FastEthernet2/0
```

```
ip address 191.240.2.230 255.255.255.252
```

```
interface GigabitEthernet5/0
```

```
ip address 191.240.2.237 255.255.255.252
```

```
negotiation auto
```

```
!
```

```
ip route 191.240.2.192 255.255.255.252 191.240.2.209
```

```
ip route 191.240.2.192 255.255.255.252 191.240.2.229 5
```

```
ip route 191.240.2.192 255.255.255.252 191.240.2.217 6
```

```
ip route 191.240.2.192 255.255.255.252 191.240.2.226 7
```

```
ip route 191.240.2.196 255.255.255.252 191.240.2.209
```

```
ip route 191.240.2.196 255.255.255.252 191.240.2.229 5
```

```
ip route 191.240.2.196 255.255.255.252 191.240.2.217 6
```

```
ip route 191.240.2.196 255.255.255.252 191.240.2.226 7
```

```
ip route 191.240.2.200 255.255.255.252 191.240.2.217
```

```
ip route 191.240.2.200 255.255.255.252 191.240.2.226 5
```

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

```

ip route 191.240.2.200 255.255.255.252 191.240.2.229 6
ip route 191.240.2.200 255.255.255.252 191.240.2.209 7
ip route 191.240.2.204 255.255.255.252 191.240.2.217
ip route 191.240.2.204 255.255.255.252 191.240.2.226 5
ip route 191.240.2.204 255.255.255.252 191.240.2.229 6
ip route 191.240.2.204 255.255.255.252 191.240.2.209 7
ip route 191.240.2.212 255.255.255.252 191.240.2.226
ip route 191.240.2.212 255.255.255.252 191.240.2.217 5
ip route 191.240.2.212 255.255.255.252 191.240.2.229 6
ip route 191.240.2.212 255.255.255.252 191.240.2.209 7
ip route 191.240.2.220 255.255.255.252 191.240.2.226
ip route 191.240.2.220 255.255.255.252 191.240.2.217 5
ip route 191.240.2.220 255.255.255.252 191.240.2.229 6
ip route 191.240.2.220 255.255.255.252 191.240.2.209 7
ip route 191.240.2.232 255.255.255.252 191.240.2.226
ip route 191.240.2.232 255.255.255.252 191.240.2.229 5
ip route 191.240.2.232 255.255.255.252 191.240.2.217 6
ip route 191.240.2.232 255.255.255.252 191.240.2.209 7
ip route 191.240.1.192 255.255.255.192 191.240.2.209
ip route 191.240.1.192 255.255.255.192 191.240.2.229 5
ip route 191.240.1.192 255.255.255.192 191.240.2.217 6
ip route 191.240.1.192 255.255.255.192 191.240.2.226 7
ip route 191.240.2.0 255.255.255.224 191.240.2.209
ip route 191.240.2.0 255.255.255.224 191.240.2.229 5
ip route 191.240.2.0 255.255.255.224 191.240.2.217 6
ip route 191.240.2.0 255.255.255.224 191.240.2.226 7
ip route 191.240.2.32 255.255.255.224 191.240.2.209
ip route 191.240.2.32 255.255.255.224 191.240.2.229 5
ip route 191.240.2.32 255.255.255.224 191.240.2.217 6
ip route 191.240.2.32 255.255.255.224 191.240.2.226 7

```

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

```

ip route 191.240.2.64 255.255.255.224 191.240.2.209
ip route 191.240.2.64 255.255.255.224 191.240.2.229 5
ip route 191.240.2.64 255.255.255.224 191.240.2.217 6
ip route 191.240.2.64 255.255.255.224 191.240.2.226 7
ip route 191.240.0.0 255.255.255.0 191.240.2.217
ip route 191.240.0.0 255.255.255.0 191.240.2.226 5
ip route 191.240.0.0 255.255.255.0 191.240.2.229 6
ip route 191.240.0.0 255.255.255.0 191.240.2.209 7
ip route 191.240.2.96 255.255.255.224 191.240.2.217
ip route 191.240.2.96 255.255.255.224 191.240.2.226 5
ip route 191.240.2.96 255.255.255.224 191.240.2.229 6
ip route 191.240.2.96 255.255.255.224 191.240.2.209 7
ip route 191.240.2.128 255.255.255.192 191.240.2.217
ip route 191.240.2.128 255.255.255.192 191.240.2.226 5
ip route 191.240.2.128 255.255.255.192 191.240.2.229 6
ip route 191.240.2.128 255.255.255.192 191.240.2.209 7
ip route 191.240.1.0 255.255.255.128 191.240.2.229
ip route 191.240.1.0 255.255.255.128 191.240.2.226 5
ip route 191.240.1.0 255.255.255.128 191.240.2.209 6
ip route 191.240.1.0 255.255.255.128 191.240.2.217 7
ip route 191.240.1.128 255.255.255.192 191.240.2.229
ip route 191.240.1.128 255.255.255.192 191.240.2.226 5
ip route 191.240.1.128 255.255.255.192 191.240.2.209 6
ip route 191.240.1.128 255.255.255.192 191.240.2.217 7
ip route 191.240.2.240 255.255.255.252 191.240.2.226
ip route 191.240.2.240 255.255.255.252 191.240.2.217 5
ip route 191.240.2.240 255.255.255.252 191.240.2.209 6
ip route 192.240.2.220 255.255.255.252 191.240.2.238
ip route 192.240.2.220 255.255.255.252 191.240.2.226 5
ip route 192.240.2.220 255.255.255.252 191.240.2.217 6

```

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

ip route 192.240.2.220 255.255.255.252 191.240.2.209 7
ip route 192.240.0.0 255.255.255.0 191.240.2.238
ip route 192.240.1.0 255.255.255.0 191.240.2.238
ip route 192.240.2.64 255.255.255.192 191.240.2.238
ip route 192.240.2.128 255.255.255.224 191.240.2.238
ip route 192.240.2.0 255.255.255.192 191.240.2.238
ip route 192.240.2.160 255.255.255.224 191.240.2.238
ip route 192.240.2.192 255.255.255.252 191.240.2.238
ip route 192.240.2.196 255.255.255.252 191.240.2.238
ip route 192.240.2.200 255.255.255.252 191.240.2.238
ip route 192.240.2.204 255.255.255.252 191.240.2.238
ip route 192.240.2.208 255.255.255.252 191.240.2.238
ip route 192.240.2.212 255.255.255.252 191.240.2.238
ip route 192.240.2.216 255.255.255.252 191.240.2.238
ip route 192.240.0.0 255.255.255.0 191.240.2.226 5
ip route 192.240.1.0 255.255.255.0 191.240.2.226 5
ip route 192.240.2.64 255.255.255.192 191.240.2.226 5
ip route 192.240.2.128 255.255.255.224 191.240.2.226 5
ip route 192.240.2.0 255.255.255.192 191.240.2.226 5
ip route 192.240.2.160 255.255.255.224 191.240.2.226 5
ip route 192.240.2.192 255.255.255.252 191.240.2.226 5
ip route 192.240.2.196 255.255.255.252 191.240.2.226 5
ip route 192.240.2.200 255.255.255.252 191.240.2.226 5
ip route 192.240.2.204 255.255.255.252 191.240.2.226 5
ip route 192.240.2.208 255.255.255.252 191.240.2.226 5
ip route 192.240.2.212 255.255.255.252 191.240.2.226 5
ip route 192.240.2.216 255.255.255.252 191.240.2.226 5
ip route 192.240.0.0 255.255.255.0 191.240.2.217 6
ip route 192.240.1.0 255.255.255.0 191.240.2.217 6
ip route 192.240.2.64 255.255.255.192 191.240.2.217 6

```

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

ip route 192.240.2.128 255.255.255.224 191.240.2.217 6
ip route 192.240.2.0 255.255.255.192 191.240.2.217 6
ip route 192.240.2.160 255.255.255.224 191.240.2.217 6
ip route 192.240.2.192 255.255.255.252 191.240.2.217 6
ip route 192.240.2.196 255.255.255.252 191.240.2.217 6
ip route 192.240.2.200 255.255.255.252 191.240.2.217 6
ip route 192.240.2.204 255.255.255.252 191.240.2.217 6
ip route 192.240.2.208 255.255.255.252 191.240.2.217 6
ip route 192.240.2.212 255.255.255.252 191.240.2.217 6
ip route 192.240.2.216 255.255.255.252 191.240.2.217 6
ip route 192.240.0.0 255.255.255.0 191.240.2.209 7
ip route 192.240.1.0 255.255.255.0 191.240.2.209 7
ip route 192.240.2.64 255.255.255.192 191.240.2.209 7
ip route 192.240.2.128 255.255.255.224 191.240.2.209 7
ip route 192.240.2.0 255.255.255.192 191.240.2.209 7
ip route 192.240.2.160 255.255.255.224 191.240.2.209 7
ip route 192.240.2.192 255.255.255.252 191.240.2.209 7
ip route 192.240.2.196 255.255.255.252 191.240.2.209 7
ip route 192.240.2.200 255.255.255.252 191.240.2.209 7
ip route 192.240.2.204 255.255.255.252 191.240.2.209 7
ip route 192.240.2.208 255.255.255.252 191.240.2.209 7
ip route 192.240.2.212 255.255.255.252 191.240.2.209 7
ip route 192.240.2.216 255.255.255.252 191.240.2.209 7

```

Маршрутизатор R2

```
hostname R2
```

```
!
```

```
interface Port-channel1
```

```
description PC_R2-R1
```

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

```

ip address 191.240.2.226 255.255.255.252
hold-queue 150 in
interface FastEthernet1/0
ip address 191.240.2.214 255.255.255.252
interface FastEthernet1/1
ip address 191.240.2.222 255.255.255.252
interface FastEthernet2/0
ip address 191.240.2.234 255.255.255.252
interface GigabitEthernet5/0
ip address 191.240.2.241 255.255.255.252
negotiation auto
!
ip route 191.240.2.192 255.255.255.252 191.240.2.213
ip route 191.240.2.192 255.255.255.252 191.240.2.225 5
ip route 191.240.2.192 255.255.255.252 191.240.2.221 6
ip route 191.240.2.192 255.255.255.252 191.240.2.233 7
ip route 191.240.2.196 255.255.255.252 191.240.2.213
ip route 191.240.2.196 255.255.255.252 191.240.2.225 5
ip route 191.240.2.196 255.255.255.252 191.240.2.221 6
ip route 191.240.2.196 255.255.255.252 191.240.2.233 7
ip route 191.240.2.200 255.255.255.252 191.240.2.221
ip route 191.240.2.200 255.255.255.252 191.240.2.225 5
ip route 191.240.2.200 255.255.255.252 191.240.2.213 6
ip route 191.240.2.200 255.255.255.252 191.240.2.233 7
ip route 191.240.2.204 255.255.255.252 191.240.2.221
ip route 191.240.2.204 255.255.255.252 191.240.2.225 5
ip route 191.240.2.204 255.255.255.252 191.240.2.213 6
ip route 191.240.2.204 255.255.255.252 191.240.2.233 7
ip route 191.240.2.208 255.255.255.252 191.240.2.225
ip route 191.240.2.208 255.255.255.252 191.240.2.213 5

```

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

ip route 191.240.2.208 255.255.255.252 191.240.2.221 6
ip route 191.240.2.208 255.255.255.252 191.240.2.233 7
ip route 191.240.2.216 255.255.255.252 191.240.2.225
ip route 191.240.2.216 255.255.255.252 191.240.2.221 5
ip route 191.240.2.216 255.255.255.252 191.240.2.213 6
ip route 191.240.2.216 255.255.255.252 191.240.2.233 7
ip route 191.240.2.228 255.255.255.252 191.240.2.233
ip route 191.240.2.228 255.255.255.252 191.240.2.225 5
ip route 191.240.2.228 255.255.255.252 191.240.2.213 6
ip route 191.240.2.228 255.255.255.252 191.240.2.221 7
ip route 191.240.1.192 255.255.255.192 191.240.2.213
ip route 191.240.1.192 255.255.255.192 191.240.2.225 5
ip route 191.240.1.192 255.255.255.192 191.240.2.221 6
ip route 191.240.1.192 255.255.255.192 191.240.2.233 7
ip route 191.240.2.0 255.255.255.224 191.240.2.213
ip route 191.240.2.0 255.255.255.224 191.240.2.225 5
ip route 191.240.2.0 255.255.255.224 191.240.2.221 6
ip route 191.240.2.0 255.255.255.224 191.240.2.233 7
ip route 191.240.2.32 255.255.255.224 191.240.2.213
ip route 191.240.2.32 255.255.255.224 191.240.2.225 5
ip route 191.240.2.32 255.255.255.224 191.240.2.221 6
ip route 191.240.2.32 255.255.255.224 191.240.2.233 7
ip route 191.240.2.64 255.255.255.224 191.240.2.213
ip route 191.240.2.64 255.255.255.224 191.240.2.225 5
ip route 191.240.2.64 255.255.255.224 191.240.2.221 6
ip route 191.240.2.64 255.255.255.224 191.240.2.233 7
ip route 191.240.0.0 255.255.255.0 191.240.2.221
ip route 191.240.0.0 255.255.255.0 191.240.2.225 5
ip route 191.240.0.0 255.255.255.0 191.240.2.213 6
ip route 191.240.0.0 255.255.255.0 191.240.2.233 7

```

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

ip route 191.240.2.96 255.255.255.224 191.240.2.221
ip route 191.240.2.96 255.255.255.224 191.240.2.225 5
ip route 191.240.2.96 255.255.255.224 191.240.2.213 6
ip route 191.240.2.96 255.255.255.224 191.240.2.233 7
ip route 191.240.2.128 255.255.255.192 191.240.2.221
ip route 191.240.2.128 255.255.255.192 191.240.2.225 5
ip route 191.240.2.128 255.255.255.192 191.240.2.213 6
ip route 191.240.2.128 255.255.255.192 191.240.2.233 7
ip route 191.240.1.0 255.255.255.128 191.240.2.233
ip route 191.240.1.0 255.255.255.128 191.240.2.225 5
ip route 191.240.1.0 255.255.255.128 191.240.2.213 6
ip route 191.240.1.0 255.255.255.128 191.240.2.221 7
ip route 191.240.1.128 255.255.255.192 191.240.2.233
ip route 191.240.1.128 255.255.255.192 191.240.2.225 5
ip route 191.240.1.128 255.255.255.192 191.240.2.213 6
ip route 191.240.1.128 255.255.255.192 191.240.2.221 7
ip route 191.240.2.236 255.255.255.252 191.240.2.225
ip route 191.240.2.236 255.255.255.252 191.240.2.213 5
ip route 191.240.2.236 255.255.255.252 191.240.2.221 6
ip route 192.240.2.220 255.255.255.252 191.240.2.242
ip route 192.240.2.220 255.255.255.252 191.240.2.225 5
ip route 192.240.2.220 255.255.255.252 191.240.2.213 6
ip route 192.240.2.220 255.255.255.252 191.240.2.221 7
ip route 192.240.0.0 255.255.255.0 191.240.2.242
ip route 192.240.1.0 255.255.255.0 191.240.2.242
ip route 192.240.2.64 255.255.255.192 191.240.2.242
ip route 192.240.2.128 255.255.255.224 191.240.2.242
ip route 192.240.2.0 255.255.255.192 191.240.2.242
ip route 192.240.2.160 255.255.255.224 191.240.2.242
ip route 192.240.2.192 255.255.255.252 191.240.2.242

```

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

ip route 192.240.2.196 255.255.255.252 191.240.2.242
ip route 192.240.2.200 255.255.255.252 191.240.2.242
ip route 192.240.2.204 255.255.255.252 191.240.2.242
ip route 192.240.2.208 255.255.255.252 191.240.2.242
ip route 192.240.2.212 255.255.255.252 191.240.2.242
ip route 192.240.2.216 255.255.255.252 191.240.2.242
ip route 192.240.0.0 255.255.255.0 191.240.2.225 5
ip route 192.240.1.0 255.255.255.0 191.240.2.225 5
ip route 192.240.2.64 255.255.255.192 191.240.2.225 5
ip route 192.240.2.128 255.255.255.224 191.240.2.225 5
ip route 192.240.2.0 255.255.255.192 191.240.2.225 5
ip route 192.240.2.160 255.255.255.224 191.240.2.225 5
ip route 192.240.2.192 255.255.255.252 191.240.2.225 5
ip route 192.240.2.196 255.255.255.252 191.240.2.225 5
ip route 192.240.2.200 255.255.255.252 191.240.2.225 5
ip route 192.240.2.204 255.255.255.252 191.240.2.225 5
ip route 192.240.2.208 255.255.255.252 191.240.2.225 5
ip route 192.240.2.212 255.255.255.252 191.240.2.225 5
ip route 192.240.2.216 255.255.255.252 191.240.2.225 5
ip route 192.240.0.0 255.255.255.0 191.240.2.213 6
ip route 192.240.1.0 255.255.255.0 191.240.2.213 6
ip route 192.240.2.64 255.255.255.192 191.240.2.213 6
ip route 192.240.2.128 255.255.255.224 191.240.2.213 6
ip route 192.240.2.0 255.255.255.192 191.240.2.213 6
ip route 192.240.2.160 255.255.255.224 191.240.2.213 6
ip route 192.240.2.192 255.255.255.252 191.240.2.213 6
ip route 192.240.2.196 255.255.255.252 191.240.2.213 6
ip route 192.240.2.200 255.255.255.252 191.240.2.213 6
ip route 192.240.2.204 255.255.255.252 191.240.2.213 6
ip route 192.240.2.208 255.255.255.252 191.240.2.213 6

```

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

ip route 192.240.2.212 255.255.255.252 191.240.2.213 6
ip route 192.240.2.216 255.255.255.252 191.240.2.213 6
ip route 192.240.0.0 255.255.255.0 191.240.2.221 7
ip route 192.240.1.0 255.255.255.0 191.240.2.221 7
ip route 192.240.2.64 255.255.255.192 191.240.2.221 7
ip route 192.240.2.128 255.255.255.224 191.240.2.221 7
ip route 192.240.2.0 255.255.255.192 191.240.2.221 7
ip route 192.240.2.160 255.255.255.224 191.240.2.221 7
ip route 192.240.2.192 255.255.255.252 191.240.2.221 7
ip route 192.240.2.196 255.255.255.252 191.240.2.221 7
ip route 192.240.2.200 255.255.255.252 191.240.2.221 7
ip route 192.240.2.204 255.255.255.252 191.240.2.221 7
ip route 192.240.2.208 255.255.255.252 191.240.2.221 7
ip route 192.240.2.212 255.255.255.252 191.240.2.221 7
ip route 192.240.2.216 255.255.255.252 191.240.2.221 7

```

Маршрутизатор R3

```

hostname R3
!
interface Port-channel2
description PC_R3-R6
ip address 191.240.2.198 255.255.255.252
hold-queue 150 in
interface FastEthernet2/0
ip address 191.240.2.209 255.255.255.252
interface FastEthernet2/1
ip address 191.240.2.213 255.255.255.252
!
ip route 191.240.2.200 255.255.255.252 191.240.2.210

```

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

ip route 191.240.2.200 255.255.255.252 191.240.2.214 5
ip route 191.240.2.204 255.255.255.252 191.240.2.210
ip route 191.240.2.204 255.255.255.252 191.240.2.214 5
ip route 191.240.2.216 255.255.255.252 191.240.2.210
ip route 191.240.2.216 255.255.255.252 191.240.2.214 5
ip route 191.240.2.220 255.255.255.252 191.240.2.210
ip route 191.240.2.220 255.255.255.252 191.240.2.214 5
ip route 191.240.2.224 255.255.255.252 191.240.2.210
ip route 191.240.2.224 255.255.255.252 191.240.2.214 5
ip route 191.240.2.228 255.255.255.252 191.240.2.210
ip route 191.240.2.228 255.255.255.252 191.240.2.214 5
ip route 191.240.2.232 255.255.255.252 191.240.2.210
ip route 191.240.2.232 255.255.255.252 191.240.2.214 5
ip route 191.240.1.192 255.255.255.192 191.240.2.193
ip route 191.240.2.0 255.255.255.224 191.240.2.193
ip route 191.240.2.32 255.255.255.224 191.240.2.197
ip route 191.240.2.64 255.255.255.224 191.240.2.197
ip route 191.240.0.0 255.255.255.0 191.240.2.214
ip route 191.240.0.0 255.255.255.0 191.240.2.210 5
ip route 191.240.2.96 255.255.255.224 191.240.2.214
ip route 191.240.2.96 255.255.255.224 191.240.2.210 5
ip route 191.240.2.128 255.255.255.192 191.240.2.214
ip route 191.240.2.128 255.255.255.192 191.240.2.210 5
ip route 191.240.1.0 255.255.255.128 191.240.2.214
ip route 191.240.1.0 255.255.255.128 191.240.2.210 4
ip route 191.240.1.128 255.255.255.192 191.240.2.214
ip route 191.240.1.128 255.255.255.192 191.240.2.210 4
ip route 191.240.2.236 255.255.255.252 191.240.2.210
ip route 191.240.2.236 255.255.255.252 191.240.2.214 5
ip route 191.240.2.240 255.255.255.252 191.240.2.214

```

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

ip route 191.240.2.240 255.255.255.252 191.240.2.210 5
ip route 192.240.2.220 255.255.255.252 191.240.2.210
ip route 192.240.2.220 255.255.255.252 191.240.2.214 5
ip route 192.240.0.0 255.255.255.0 191.240.2.210
ip route 192.240.1.0 255.255.255.0 191.240.2.210
ip route 192.240.2.64 255.255.255.192 191.240.2.210
ip route 192.240.2.128 255.255.255.224 191.240.2.210
ip route 192.240.2.0 255.255.255.192 191.240.2.210
ip route 192.240.2.160 255.255.255.224 191.240.2.210
ip route 192.240.2.192 255.255.255.252 191.240.2.210
ip route 192.240.2.196 255.255.255.252 191.240.2.210
ip route 192.240.2.200 255.255.255.252 191.240.2.210
ip route 192.240.2.204 255.255.255.252 191.240.2.210
ip route 192.240.2.208 255.255.255.252 191.240.2.210
ip route 192.240.2.212 255.255.255.252 191.240.2.210
ip route 192.240.2.216 255.255.255.252 191.240.2.210
ip route 192.240.0.0 255.255.255.0 191.240.2.214 5
ip route 192.240.1.0 255.255.255.0 191.240.2.214 5
ip route 192.240.2.64 255.255.255.192 191.240.2.214 5
ip route 192.240.2.128 255.255.255.224 191.240.2.214 5
ip route 192.240.2.0 255.255.255.192 191.240.2.214 5
ip route 192.240.2.160 255.255.255.224 191.240.2.214 5
ip route 192.240.2.192 255.255.255.252 191.240.2.214 5
ip route 192.240.2.196 255.255.255.252 191.240.2.214 5
ip route 192.240.2.200 255.255.255.252 191.240.2.214 5
ip route 192.240.2.204 255.255.255.252 191.240.2.214 5
ip route 192.240.2.208 255.255.255.252 191.240.2.214 5
ip route 192.240.2.212 255.255.255.252 191.240.2.214 5
ip route 192.240.2.216 255.255.255.252 191.240.2.214 5

```

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

Маршрутизатор R4

hostname R4

!

interface Port-channel1

description PC_R4-R7

ip address 191.240.2.202 255.255.255.252

hold-queue 150 in

interface Port-channel2

description PC_R4-R8

ip address 191.240.2.206 255.255.255.252

hold-queue 150 in

interface FastEthernet0/0

no ip address

channel-group 1

interface FastEthernet0/1

no ip address

channel-group 1

interface FastEthernet1/0

no ip address

channel-group 2

interface FastEthernet1/1

no ip address

channel-group 2

interface FastEthernet2/0

ip address 191.240.2.217 255.255.255.252

interface FastEthernet2/1

ip address 191.240.2.221 255.255.255.252

!

ip route 191.240.2.192 255.255.255.252 191.240.2.218

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

ip route 191.240.2.192 255.255.255.252 191.240.2.222 5
ip route 191.240.2.196 255.255.255.252 191.240.2.218
ip route 191.240.2.196 255.255.255.252 191.240.2.222 5
ip route 191.240.2.208 255.255.255.252 191.240.2.218
ip route 191.240.2.208 255.255.255.252 191.240.2.222 5
ip route 191.240.2.212 255.255.255.252 191.240.2.222
ip route 191.240.2.212 255.255.255.252 191.240.2.218 5
ip route 191.240.2.224 255.255.255.252 191.240.2.222
ip route 191.240.2.224 255.255.255.252 191.240.2.218 5
ip route 191.240.2.228 255.255.255.252 191.240.2.218
ip route 191.240.2.228 255.255.255.252 191.240.2.222 5
ip route 191.240.2.232 255.255.255.252 191.240.2.222 5
ip route 191.240.2.232 255.255.255.252 191.240.2.218
ip route 191.240.1.192 255.255.255.192 191.240.2.218
ip route 191.240.1.192 255.255.255.192 191.240.2.222 5
ip route 191.240.2.0 255.255.255.224 191.240.2.218
ip route 191.240.2.0 255.255.255.224 191.240.2.222 5
ip route 191.240.2.32 255.255.255.224 191.240.2.218
ip route 191.240.2.32 255.255.255.224 191.240.2.222 5
ip route 191.240.2.64 255.255.255.224 191.240.2.218
ip route 191.240.2.64 255.255.255.224 191.240.2.222 5
ip route 191.240.0.0 255.255.255.0 191.240.2.201
ip route 191.240.2.96 255.255.255.224 191.240.2.205
ip route 191.240.2.128 255.255.255.192 191.240.2.205
ip route 191.240.1.0 255.255.255.128 191.240.2.218
ip route 191.240.1.0 255.255.255.128 191.240.2.222 5
ip route 191.240.1.128 255.255.255.192 191.240.2.222 5
ip route 191.240.1.128 255.255.255.192 191.240.2.218
ip route 191.240.2.236 255.255.255.252 191.240.2.222
ip route 191.240.2.236 255.255.255.252 191.240.2.218 5

```

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

ip route 191.240.2.240 255.255.255.252 191.240.2.218
ip route 191.240.2.240 255.255.255.252 191.240.2.222 5
ip route 192.240.2.220 255.255.255.252 191.240.2.222
ip route 192.240.2.220 255.255.255.252 191.240.2.218 5
ip route 192.240.0.0 255.255.255.0 191.240.2.222
ip route 192.240.1.0 255.255.255.0 191.240.2.222
ip route 192.240.2.64 255.255.255.192 191.240.2.222
ip route 192.240.2.128 255.255.255.224 191.240.2.222
ip route 192.240.2.0 255.255.255.192 191.240.2.222
ip route 192.240.2.160 255.255.255.224 191.240.2.222
ip route 192.240.2.192 255.255.255.252 191.240.2.222
ip route 192.240.2.196 255.255.255.252 191.240.2.222
ip route 192.240.2.200 255.255.255.252 191.240.2.222
ip route 192.240.2.204 255.255.255.252 191.240.2.222
ip route 192.240.2.208 255.255.255.252 191.240.2.222
ip route 192.240.2.212 255.255.255.252 191.240.2.222
ip route 192.240.2.216 255.255.255.252 191.240.2.222
ip route 192.240.0.0 255.255.255.0 191.240.2.218 5
ip route 192.240.1.0 255.255.255.0 191.240.2.218 5
ip route 192.240.2.64 255.255.255.192 191.240.2.218 5
ip route 192.240.2.128 255.255.255.224 191.240.2.218 5
ip route 192.240.2.0 255.255.255.192 191.240.2.218 5
ip route 192.240.2.160 255.255.255.224 191.240.2.218 5
ip route 192.240.2.192 255.255.255.252 191.240.2.218 5
ip route 192.240.2.196 255.255.255.252 191.240.2.218 5
ip route 192.240.2.200 255.255.255.252 191.240.2.218 5
ip route 192.240.2.204 255.255.255.252 191.240.2.218 5
ip route 192.240.2.208 255.255.255.252 191.240.2.218 5
ip route 192.240.2.212 255.255.255.252 191.240.2.218 5
ip route 192.240.2.216 255.255.255.252 191.240.2.218 5

```

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Маршрутизатор R5

```
hostname R1
!
interface Port-channel1
description PC_R5-R3
ip address 191.240.2.193 255.255.255.252
hold-queue 150 in
interface FastEthernet0/0
no ip address
channel-group 1
interface FastEthernet0/1
no ip address
channel-group 1
interface FastEthernet1/0
ip address 191.240.1.222 255.255.255.224
duplex half
interface FastEthernet1/1
ip address 191.240.1.254 255.255.255.224
duplex half
interface FastEthernet2/0
ip address 191.240.2.30 255.255.255.224
duplex half
!
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 191.240.2.194
```

Маршрутизатор R6

```
hostname R6
```

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

```

!
interface Port-channel1
description PC_R6-R3
ip address 191.240.2.197 255.255.255.252
hold-queue 150 in
interface FastEthernet0/0
no ip address
channel-group 1
interface FastEthernet0/1
no ip address
channel-group 1
interface FastEthernet1/0
ip address 191.240.2.62 255.255.255.224
interface FastEthernet1/1
ip address 191.240.2.94 255.255.255.224
!
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 191.240.2.198

```

Маршрутизатор R7

```

hostname R7
!
interface Port-channel1
description PC_R7-R4
ip address 191.240.2.201 255.255.255.252
hold-queue 150 in
interface FastEthernet0/0
no ip address
channel-group 1
interface FastEthernet0/1

```

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

```

no ip address
channel-group 1
interface FastEthernet1/0
ip address 191.240.0.62 255.255.255.192
interface FastEthernet1/1
ip address 191.240.0.126 255.255.255.192
interface FastEthernet2/0
ip address 191.240.0.190 255.255.255.192
interface FastEthernet2/1
ip address 191.240.0.254 255.255.255.192
!
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 191.240.2.202

```

Маршрутизатор R8

```

hostname R8
!
interface Port-channel1
description PC_R8-R4
ip address 191.240.2.205 255.255.255.252
hold-queue 150 in
interface FastEthernet0/0
no ip address
channel-group 1
interface FastEthernet0/1
no ip address
channel-group 1
interface FastEthernet1/0
ip address 191.240.2.126 255.255.255.224
interface FastEthernet1/1

```

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

ip address 191.240.2.158 255.255.255.224
interface FastEthernet2/0
ip address 191.240.2.190 255.255.255.224
!
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 191.240.2.206

```

Маршрутизатор R9

```

hostname R9
!
interface FastEthernet0/0
ip address 191.240.2.229 255.255.255.252
interface FastEthernet0/1
ip address 191.240.2.233 255.255.255.252
interface FastEthernet1/0
ip address 191.240.1.62 255.255.255.192
interface FastEthernet1/1
ip address 191.240.1.126 255.255.255.192
interface FastEthernet2/0
ip address 191.240.1.190 255.255.255.192
!
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 191.240.2.230
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 191.240.2.234 5

```

Маршрутизатор R10

```

hostname R10
!
interface Port-channel2
description PC_R10-R11

```

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

ip address 192.240.2.193 255.255.255.252
hold-queue 150 in
interface FastEthernet0/0
no ip address
channel-group 2
interface FastEthernet0/1
no ip address
channel-group 2
interface FastEthernet1/0
no ip address
interface FastEthernet1/0.10
encapsulation dot1Q 10
ip address 192.240.0.126 255.255.255.128
interface FastEthernet1/0.20
encapsulation dot1Q 20
ip address 192.240.0.254 255.255.255.128
router ospf 1
log-adjacency-changes
passive-interface FastEthernet1/0.10
passive-interface FastEthernet1/0.20
network 192.240.0.0 0.0.0.127 area 0
network 192.240.0.128 0.0.0.127 area 0
network 192.240.2.192 0.0.0.3 area 0

```

Маршрутизатор R11

```

hostname R11
!
interface Port-channel1
description PC_R11-R10

```

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

ip address 192.240.2.194 255.255.255.252
hold-queue 150 in
interface Port-channel2
description PC_R11-R12
ip address 192.240.2.198 255.255.255.252
hold-queue 150 in
interface Port-channel3
description PC_R11-R14
ip address 192.240.2.217 255.255.255.252
hold-queue 150 in
interface FastEthernet0/0
no ip address
channel-group 3
interface FastEthernet0/1
no ip address
channel-group 3
interface FastEthernet1/0
no ip address
channel-group 1
interface FastEthernet1/1
no ip address
channel-group 1
interface FastEthernet2/0
no ip address
channel-group 2
interface FastEthernet2/1
no ip address
channel-group 2
interface FastEthernet3/0
ip address 192.240.2.201 255.255.255.252

```

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

interface FastEthernet3/1
ip address 192.240.2.209 255.255.255.252
interface GigabitEthernet5/0
ip address 192.240.2.222 255.255.255.252
negotiation auto
!
router ospf 1
log-adjacency-changes
network 192.240.2.192 0.0.0.3 area 0
network 192.240.2.196 0.0.0.3 area 0
network 192.240.2.200 0.0.0.3 area 0
network 192.240.2.208 0.0.0.3 area 0
network 192.240.2.216 0.0.0.3 area 0
network 192.240.2.220 0.0.0.3 area 0

```

Маршрутизатор R12

```

hostname R12
!
interface Port-channel2
description PC_R12-R11
ip address 192.240.2.197 255.255.255.252
hold-queue 150 in
interface FastEthernet0/0
no ip address
channel-group 2
interface FastEthernet0/1
no ip address
channel-group 2
interface FastEthernet1/0.10

```

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

```

encapsulation dot1Q 10
ip address 192.240.1.126 255.255.255.128
interface FastEthernet1/0.20
encapsulation dot1Q 20
ip address 192.240.1.254 255.255.255.128
!
router ospf 1
log-adjacency-changes
passive-interface FastEthernet1/0.10
passive-interface FastEthernet1/0.20
network 192.240.1.0 0.0.0.127 area 0
network 192.240.1.128 0.0.0.127 area 0
network 192.240.2.196 0.0.0.3 area 0

```

Маршрутизатор R13

```

hostname R13
!
interface FastEthernet0/0
ip address 192.240.2.202 255.255.255.252
interface FastEthernet0/1
ip address 192.240.2.206 255.255.255.252
interface FastEthernet1/0.10
encapsulation dot1Q 10
ip address 192.240.2.94 255.255.255.224
interface FastEthernet1/0.20
encapsulation dot1Q 20
ip address 192.240.2.126 255.255.255.224
interface FastEthernet1/0.30
encapsulation dot1Q 30

```

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

ip address 192.240.2.158 255.255.255.224
!
router ospf 1
log-adjacency-changes
passive-interface FastEthernet1/0.10
passive-interface FastEthernet1/0.20
passive-interface FastEthernet1/0.30
network 192.240.2.64 0.0.0.31 area 0
network 192.240.2.96 0.0.0.31 area 0
network 192.240.2.128 0.0.0.31 area 0
network 192.240.2.200 0.0.0.3 area 0
network 192.240.2.204 0.0.0.3 area 0

```

Маршрутизатор R14

```

hostname R14
!
interface Port-channel1
description PC_R14-R11
ip address 192.240.2.218 255.255.255.252
hold-queue 150 in
interface FastEthernet0/0
no ip address
channel-group 1
interface FastEthernet0/1
no ip address
channel-group 1
interface FastEthernet1/0
ip address 192.240.2.205 255.255.255.252
interface FastEthernet1/1

```

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ip address 192.240.2.213 255.255.255.252

!

router ospf 1

log-adjacency-changes

network 192.240.2.204 0.0.0.3 area 0

network 192.240.2.212 0.0.0.3 area 0

network 192.240.2.216 0.0.0.3 area 0

Маршрутизатор R15

hostname R15

!

interface FastEthernet0/0

ip address 192.240.2.210 255.255.255.252

interface FastEthernet0/1

ip address 192.240.2.214 255.255.255.252

interface FastEthernet1/0.10

encapsulation dot1Q 10

ip address 192.240.2.62 255.255.255.192

interface FastEthernet1/0.20

encapsulation dot1Q 20

ip address 192.240.2.190 255.255.255.224

!

router ospf 1

log-adjacency-changes

passive-interface FastEthernet1/0.10

passive-interface FastEthernet1/0.20

network 192.240.2.0 0.0.0.63 area 0

network 192.240.2.160 0.0.0.31 area 0

network 192.240.2.208 0.0.0.3 area 0

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

network 192.240.2.212 0.0.0.3 area 0

Маршрутизатор R16

hostname R16

!

interface GigabitEthernet3/0

ip address 191.240.2.238 255.255.255.252

negotiation auto

interface GigabitEthernet4/0

ip address 191.240.2.242 255.255.255.252

negotiation auto

interface GigabitEthernet5/0

ip address 192.240.2.221 255.255.255.252

negotiation auto

!

router ospf 1

log-adjacency-changes

redistribute static metric 10 metric-type 1 subnets

network 191.240.2.236 0.0.0.3 area 0

network 191.240.2.240 0.0.0.3 area 0

network 192.240.2.220 0.0.0.3 area 0

!

ip route 192.240.0.0 255.255.255.0 192.240.2.222

ip route 192.240.1.0 255.255.255.0 192.240.2.222

ip route 192.240.2.64 255.255.255.192 192.240.2.222

ip route 192.240.2.128 255.255.255.224 192.240.2.222

ip route 192.240.2.0 255.255.255.192 192.240.2.222

ip route 192.240.2.160 255.255.255.224 192.240.2.222

ip route 192.240.2.192 255.255.255.252 192.240.2.222

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93

```

ip route 192.240.2.196 255.255.255.252 192.240.2.222
ip route 192.240.2.200 255.255.255.252 192.240.2.222
ip route 192.240.2.204 255.255.255.252 192.240.2.222
ip route 192.240.2.208 255.255.255.252 192.240.2.222
ip route 192.240.2.212 255.255.255.252 192.240.2.222
ip route 192.240.2.216 255.255.255.252 192.240.2.222
ip route 191.240.1.192 255.255.255.192 191.240.2.237
ip route 191.240.2.0 255.255.255.224 191.240.2.237
ip route 191.240.2.32 255.255.255.224 191.240.2.237
ip route 191.240.2.64 255.255.255.224 191.240.2.237
ip route 191.240.0.0 255.255.255.0 191.240.2.237
ip route 191.240.2.96 255.255.255.224 191.240.2.237
ip route 191.240.2.128 255.255.255.192 191.240.2.237
ip route 191.240.1.0 255.255.255.128 191.240.2.237
ip route 191.240.1.128 255.255.255.192 191.240.2.237
ip route 191.240.1.192 255.255.255.192 191.240.2.241 5
ip route 191.240.2.0 255.255.255.224 191.240.2.241 5
ip route 191.240.2.32 255.255.255.224 191.240.2.241 5
ip route 191.240.2.64 255.255.255.224 191.240.2.241 5
ip route 191.240.0.0 255.255.255.0 191.240.2.241 5
ip route 191.240.2.96 255.255.255.224 191.240.2.241 5
ip route 191.240.2.128 255.255.255.192 191.240.2.241 5
ip route 191.240.1.0 255.255.255.128 191.240.2.241 5
ip route 191.240.1.128 255.255.255.192 191.240.2.241 5
ip route 191.240.2.192 255.255.255.252 191.240.2.237
ip route 191.240.2.196 255.255.255.252 191.240.2.237
ip route 191.240.2.200 255.255.255.252 191.240.2.237
ip route 191.240.2.204 255.255.255.252 191.240.2.237
ip route 191.240.2.208 255.255.255.252 191.240.2.237
ip route 191.240.2.212 255.255.255.252 191.240.2.237

```

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

ip route 191.240.2.216 255.255.255.252 191.240.2.237
ip route 191.240.2.220 255.255.255.252 191.240.2.237
ip route 191.240.2.224 255.255.255.252 191.240.2.237
ip route 191.240.2.228 255.255.255.252 191.240.2.237
ip route 191.240.2.232 255.255.255.252 191.240.2.237
ip route 191.240.2.192 255.255.255.252 191.240.2.241 5
ip route 191.240.2.196 255.255.255.252 191.240.2.241 5
ip route 191.240.2.200 255.255.255.252 191.240.2.241 5
ip route 191.240.2.204 255.255.255.252 191.240.2.241 5
ip route 191.240.2.208 255.255.255.252 191.240.2.241 5
ip route 191.240.2.212 255.255.255.252 191.240.2.241 5
ip route 191.240.2.216 255.255.255.252 191.240.2.241 5
ip route 191.240.2.220 255.255.255.252 191.240.2.241 5
ip route 191.240.2.224 255.255.255.252 191.240.2.241 5
ip route 191.240.2.228 255.255.255.252 191.240.2.241 5
ip route 191.240.2.232 255.255.255.252 191.240.2.241 5

```

Комутатор SW_A1_1

```

interface Vlan1
ip address 191.240.1.193 255.255.255.224
!
ip default-gateway 191.240.1.222

```

Комутатор SW_B1_1

```

interface Vlan1
ip address 191.240.1.225 255.255.255.224
!
ip default-gateway 191.240.1.254

```

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Комутатор SW_C1_1

```
interface Vlan1
ip address 191.240.2.1 255.255.255.224
!
ip default-gateway 191.240.2.30
```

Комутатор SW_D1_1

```
interface Vlan1
ip address 191.240.2.33 255.255.255.224
!
ip default-gateway 191.240.2.62
```

Комутатор SW_E1_1

```
interface Vlan1
ip address 191.240.2.65 255.255.255.224
!
ip default-gateway 191.240.2.94
```

Комутатор SW_F1_1

```
interface Vlan1
ip address 191.240.0.1 255.255.255.192
!
ip default-gateway 191.240.0.62
```

Комутатор SW_G1_1

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		96

```
interface Vlan1
ip address 191.240.0.65 255.255.255.192
!
ip default-gateway 191.240.0.126
```

Комутатор SW_H1_1

```
interface Vlan1
ip address 191.240.0.129 255.255.255.192
!
ip default-gateway 191.240.0.190
```

Комутатор SW_I1_1

```
interface Vlan1
ip address 191.240.0.193 255.255.255.192
!
ip default-gateway 191.240.0.254
```

Комутатор SW_J1_1

```
interface Vlan1
ip address 191.240.2.97 255.255.255.224
!
ip default-gateway 191.240.2.126
```

Комутатор SW_K1_1

```
interface Vlan1
ip address 191.240.2.129 255.255.255.224
```

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

!

ip default-gateway 191.240.2.158

Комутатор SW_L1_1

interface Vlan1

ip address 191.240.2.161 255.255.255.224

!

ip default-gateway 191.240.2.190

Комутатор SW_M1_1

interface Vlan1

ip address 191.240.1.1 255.255.255.192

!

ip default-gateway 191.240.1.62

Комутатор SW_N1_1

interface Vlan1

ip address 191.240.1.65 255.255.255.192

!

ip default-gateway 191.240.1.126

Комутатор SW_O1_1

interface Vlan1

ip address 191.240.1.129 255.255.255.192

!

ip default-gateway 191.240.1.190

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		98

Комутатор SW_A2B2_1

```
interface Ethernet0/0
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
interface Ethernet1/0
switchport access vlan 10
switchport mode access
interface Ethernet1/1
switchport access vlan 20
switchport mode access
!
interface Vlan10
ip address 192.240.0.1 255.255.255.128
!
ip default-gateway 192.240.0.126
```

Комутатор SW_A2B2_2

```
interface Ethernet0/0
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
interface Ethernet0/1
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
interface Ethernet1/0
switchport access vlan 10
switchport mode access
interface Ethernet1/1
```

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		99

```

switchport access vlan 20
switchport mode access
Комутатор SW_A2B2_3
interface Ethernet0/0
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
interface Ethernet0/1
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
interface Ethernet1/0
switchport access vlan 10
switchport mode access
interface Ethernet1/1
switchport access vlan 20
switchport mode access
interface Vlan10
ip address 192.240.0.3 255.255.255.128
!
ip default-gateway 192.240.0.126

```

Комутатор SW_C2D2_1

```

interface Ethernet0/0
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport trunk allowed vlan 10,20
switchport mode trunk
interface Ethernet0/1
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
interface Ethernet1/0

```

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

switchport access vlan 10
switchport mode access
interface Ethernet1/1
switchport access vlan 20
switchport mode access
!
interface Vlan10
ip address 192.240.1.1 255.255.255.128
!
ip default-gateway 192.240.1.126

```

Комутатор SW_C2D2_2

```

interface Ethernet0/0
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
interface Ethernet0/1
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
interface Ethernet1/0
switchport access vlan 10
switchport mode access
interface Ethernet1/1
switchport access vlan 20
switchport mode access
!
interface Vlan10
ip address 192.240.1.2 255.255.255.128
!
ip default-gateway 192.240.1.126

```

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				101
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Комутатор SW_C2D2_3

```
interface Ethernet0/0
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
interface Ethernet1/0
switchport access vlan 10
switchport mode access
interface Ethernet1/1
switchport access vlan 20
switchport mode access
!
interface Vlan10
ip address 192.240.1.3 255.255.255.128
!
ip default-gateway 192.240.1.126
```

Комутатор SW_E2F2H2_1

```
interface Ethernet0/0
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
interface Ethernet1/0
switchport access vlan 10
switchport mode access
interface Ethernet1/1
switchport access vlan 20
switchport mode access
!
```

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				102
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

interface Vlan10
ip address 192.240.0.1 255.255.255.128
!
ip default-gateway 192.240.0.126

```

Комутатор SW_E2F2H2_2

```

interface Ethernet0/0
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
interface Ethernet0/1
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
interface Ethernet1/0
switchport access vlan 10
switchport mode access
interface Ethernet1/1
switchport access vlan 20
switchport mode access
interface Ethernet1/2
switchport access vlan 30
switchport mode access
!
interface Vlan10
ip address 192.240.2.66 255.255.255.224
!
ip default-gateway 192.240.2.94

```

Комутатор SW_G2I2_1

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				103
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

interface Ethernet0/0
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
interface Ethernet0/1
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
interface Ethernet1/0
switchport access vlan 10
switchport mode access
interface Ethernet1/1
switchport access vlan 20
switchport mode access
!
interface Vlan10
ip address 192.240.2.1 255.255.255.192
!
ip default-gateway 192.240.2.62

```

Комутатор SW_G2I2_2

```

interface Ethernet0/0
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
interface Ethernet1/0
switchport access vlan 10
switchport mode access
interface Ethernet1/1
switchport access vlan 20
switchport mode access
!
interface Vlan10

```

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				104
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ip address 192.240.2.2 255.255.255.192

!

ip default-gateway 192.240.2.62

		Білявський Н.А.			КІК.КР.Б – 123 – 05 – ПЗ	Арк.
		Єфіменко А.А.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		105