

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»

Навчально-науковий  
інститут електроенергетики  
(інститут)

Факультет інформаційних технологій  
(факультет)

Кафедра інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії  
(повна назва)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**кваліфікаційної роботи ступеня бакалавра**

здобувача Бондаренка Віталія Олександровича  
(ПІБ)

академічної групи 123-22ск-1  
(шифр)

спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія  
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою Комп'ютерна інженерія  
(офіційна назва)

на тему “Комп'ютерна система розумного міста для впровадження технологій IoT”  
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	проф. Нікулін С.Л.			
загального розділу	проф. Нікулін С.Л.			
спеціального розділу	проф. Нікулін С.Л.			
Рецензент				
Нормоконтролер	проф. Цвіркун Л.І.			

Дніпро  
2025

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**  
завідувач кафедри  
інформаційних технологій  
та комп'ютерної інженерії  
(повна назва)

\_\_\_\_\_ Гнатушенко  
В.В.  
(підпис) (прізвище,  
ініціали)  
" " \_\_\_\_\_ 2025 року

**ЗАВДАННЯ**  
**на кваліфікаційну роботу**  
**ступеня бакалавр**

здобувача Бондаренка В.О. академічної групи 123-22ск-1  
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія

за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерна інженерія»  
(офіційна назва)

на тему “ Комп'ютерна система розумного міста для впровадження технологій IoT”

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 5.25.2025 336-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання і постановка завдання	На основі матеріалів виробничих практик, інших науково-технічних джерел показати актуальність завдання, сформулювати мету та задачі виконання кваліфікаційної роботи	10.02.2025
Розробка комп'ютерної системи розумного міста	Сформулювати найменування й призначення комп'ютерної системи, висунути технічні вимоги до неї. Виконати технічне проектування апаратної частини комп'ютерної системи з необхідними інженерними розрахунками. Розрахувати й розподілити адреси вузлів комп'ютерної системи, налаштувати мережне обладнання	25.04.2025
Налаштування технології IoT	Обґрунтувати технічні характеристики програми й розробити програму керування розумними пристроями кластера City Office	31.05.2025

Завдання видано \_\_\_\_\_  
(підпис керівника)

проф. Нікулін С.Л.  
(прізвище, ініціали)

Дата видачі 25.01.2025

Дата подання до екзаменаційної комісії 10.06.2025

Прийнято до виконання \_\_\_\_\_

Бондаренко В.О.

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 69 с., 36 рис., 8 табл., 1 дод., 19 джерел.

МІСЬКА МЕРЕЖА, ПРОВАЙДЕР, SMARTCITY, МЕРЕЖА, СИСТЕМА,  
ІОТ

Об'єкт професійної діяльності – комп'ютерна система розумного міста для впровадження технологій ІоТ.

Мета роботи – створення комп'ютерної системи управління міською інфраструктурою, яка об'єднує п'ять мереж рівня MAN для ефективного функціонування розумного міста.

Здійснено розробку комп'ютерної системи з можливістю гнучкої зміни виду та набору виконуваних функцій шляхом редагування сценаріїв в хмарі ІоТ. Система орієнтована на застосування в інфраструктурі м. Горішні Плавні, для збору, аналізу та використання даних з різних міських сфер для покращення якості життя мешканців та підвищення ефективності управління містом.

Комп'ютерна система дозволяє здійснювати технічну і програмну модернізацію системи, а так само забезпечує виконання наступних функцій:

- віддалений доступ до даних спостереження з розумних речей в кластерах Smart Office, Smart Traffic, Smart Parking, Smart Home, Smart Monitoring на хмарній платформі;
- керування розумними речами за сценаріями;
- керування доступом до розумних речей в кластерах.

Результати роботи рекомендовані до застосування в якості лабораторного завдання з предмету «Автоматизоване проектування інтернету речей» здобувачів галузі 12 Інформаційні технології.

## ЗМІСТ

	Перелік скорочень, умовних познач, символів, одиниць і термінів .....	5
	Вступ .....	6
1	Стан питання і постановка завдання .....	8
	.....	
	1.1 Стисла характеристика галузі та умов застосування КС	8
	1.2 Характеристика і структура об'єкта впровадження.....	10
	1.3 Стислі відомості про технології збору та передачі інформації.....	13
	1.4 Принципи, технічні способи та математичні методи інформаційного забезпечення.....	19
	1.5 Огляд існуючих аналогів КС, технологій, архітектур та програмних рішень.....	20
	1.6 Обґрунтування вибраного напрямку вирішення задачі..	21
	1.7 Мета і задачі і роботи .....	23
2	Розробка комп'ютерної системи розумного міста .....	25
	2.1 Технічні вимоги до КС.....	25
	2.1.1 Найменування і призначення об'єкту професійної діяльності.....	25
	...	
	2.1.2 Вимоги до структури і функціонування Системи....	25
	2.1.3 Вимоги до показників призначення.....	29
	2.2 Розробка апаратної частини.....	30
	2.2.1 Архітектура мережі.....	30
	2.2.2 Розробка структури комплексу технічних засобів IoT-систем міста .....	33
	2.2.3 Вибір і обґрунтування обладнання КС.....	40
	2.3 Налаштування КС .....	42
	2.3.1 Розрахунок схеми адресації мереж MAN.....	42
	2.3.2 Заходи налаштування функцій мереж	48
	2.3.2.1 Налаштування маршрутизаторів.....	48
	2.3.2.2 Налаштування комутаторів підмережі департаментів міста.....	55
	2.3.2.3 Налаштування доступу в мережу провайдера...	57
3	Налаштування технології IoT	59
	.....	
	Висновки .....	66
	.....	
	Перелік посилань .....	68
	Додаток А. Текст програми .....	70

## **ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАК, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ**

- MAN – міська мережа (англ. Metropolitan Area Network) ;
- ISP – провайдер послуг Інтернету;
- IoT – Інтернет речей (англ. Internet of Things) ;
- WiFi – технологія бездротового підключення до мережі;
- 4G/5G – технологія стільникового підключення до мережі;
- MQTT – мережний протокол, що працює на TCP/IP;
- WAN – комп'ютерна мережа, що охоплює великі території (англ. Wide Area Network);
- КТЗ – комплекс технічних засобів;
- КС – комп'ютерна система;
- ПЗ – програмне забезпечення.

## ВСТУП

Застосування концепції Інтернету речей для створення проєктів напряду «Розумне місто» є сучасною реальністю, де технології проникають у всі сфери життя. Ця концепція передбачає інтеграцію інформаційних і комунікаційних технологій для ефективного управління міською інфраструктурою: транспортом, безпекою, медициною, комунальними системами тощо. Головна мета – підвищення якості життя мешканців та оптимізація міських процесів завдяки сучасним технологіям.

Сьогодні багато мегаполісів стикаються з перенаселенням, що ускладнює вирішення таких завдань, як забезпечення безпеки, прибирання сміття та раціональне використання ресурсів. У відповідь на ці виклики міста активно впроваджують інформаційні системи, які збирають і передають дані муніципальним службам, а також налагоджують зворотний зв'язок між мешканцями та міською адміністрацією. Джерелами таких даних можуть бути різноманітні датчики, сенсори, відеокамери тощо.

В роботі розглянуті задачі розробки інтегрованої системи управління міською інфраструктурою, яка об'єднує п'ять мереж MAN для ефективного функціонування розумного міста.

Актуальність проєкту зумовлена необхідністю для міста економії ресурсів, екологічної стійкості, підвищення якості життя мешканців та ефективного управління міськими об'єктами.

Традиційні методи управління ресурсами стають малоефективними, що призводить до перевантаження доріг, підвищених витрат на енергоспоживання та зниження рівня комфорту для мешканців. Впровадження інтегрованої системи «Розумне місто» з об'єднанням п'яти міських мереж дозволить вирішити питання оптимізації витрат енергії та ресурсів при освітленні шляхів міста, виконувати контроль дорожнього руху та парковок. Забезпечити доступ до даних спостереження працівникам департаментів міста.

Впровадження концепції Smart Office у муніципальних установах, таких як юридичний департамент, відділ освіти, відділ транспорту, відділ благоустрою та ЖКГ, є стратегічно важливим кроком на шляху до підвищення ефективності управління містом, покращення якості надання послуг та забезпечення сталого розвитку. Ключовим елементом цієї трансформації є розгалужена та інтегрована мережа, що складається з різноманітного обладнання, об'єднаного на основі Інтернету речей (IoT) та централізованого управління через IoT-сервер.

## **1 СТАН ПИТАННЯ І ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ**

### **1.1 Стисла характеристика галузі та умов застосування КС**

Розумне місто – це концепція, що передбачає використання сучасних інформаційних технологій для підвищення ефективності міської інфраструктури та задоволення потреб мешканців.

Основна ідея такого міста полягає в тому, щоб завдяки збору та аналізу даних у реальному часі забезпечити більш раціональне використання ресурсів. Це сприяє економії коштів, оптимізації процесів та покращенню якості міських послуг, що в результаті підвищує комфорт і рівень життя населення.

Місто визначається як “Розумне місто” при відповідності визначеним ознакам. Перш за все це інтелектуальні системи керування трафіком. Оскільки люди щодня витрачають багато часу на дорогу, «розумне місто» може забезпечити оптимізацію руху, скорочуючи час у дорозі. І впровадження інтелектуального громадського транспорту. Контроль ситуації всередині та навколо транспорту, передача даних про порушення у відповідні служби. По-друге впровадження енергоефективного вуличного освітлення. Зменшення надмірного використання електроенергії у темний час доби завдяки розумним системам освітлення. Важливим аспектом є також залучення громадян до міського управління. Створення ефективного зворотного зв'язку між мешканцями та місцевою владою для покращення управління містом. Важливим аспектом є також впровадження міської мережі Wi-Fi. Забезпечення стабільного бездротового зв'язку, що дозволяє мешканцям взаємодіяти з розумними технологіями дистанційно.

Напрями з забезпечення безпеки в місті також є надважливими. Для розумних міст впроваджуються системи сповіщень про надзвичайні ситуації для оперативного інформування населення у разі катастроф чи аварій, що дозволяє швидко реагувати на загрози та кнопки екстреного виклику, як засіб

для швидкого зв'язку з правоохоронцями, що дозволяє оперативно реагувати на небезпечні ситуації.

Важливою ознакою розумного міста є використання сонячної енергії. У регіонах з відповідним кліматом сонячні батареї забезпечують автономне енергопостачання житлових і комерційних будівель.

Сучасною ознакою є впровадження безготівкових платежів при користуванні містянами комунальними послугами міста. Покращення фінансової безпеки та зручності завдяки зменшенню використання готівки.

До концепції Smart City також входить напрям “Розумний будинок”. Необхідний елемент сучасного міста, що використовує інноваційні технології для комфорту та енергоефективності.



Рисунок 1.1 – Концепція Smart City

Українські міста є основою національної економіки, оскільки саме тут зосереджені основні виробничі потужності, промислові підприємства, бізнес-структури та значна частина населення. Проте ці ключові елементи стикаються з низкою викликів, що впливають на цифрову трансформацію економіки.

До основних проблем належать:

- високий рівень зносу інфраструктури та значний інфраструктурний розрив;
- недостатнє фінансування для забезпечення стабільної роботи міста та його розвитку;
- зростаючі вимоги до якості міських послуг у зв'язку з цифровізацією міських систем та необхідністю впровадження нових технологій;
- погіршення екологічного стану міського середовища;
- підвищені вимоги до якості життя та безпеки для мешканців і міських структур.

На сьогодні немає універсальних критеріїв оцінки рівня інтелектуалізації міст. Створення розумних міст залежить від багатьох факторів, серед яких ключову роль відіграє розвиток міської інформаційної інфраструктури [1].

## **1.2 Характеристика і структура об'єкта впровадження**

З огляду на світовий досвід, в Україні останніми роками активно впроваджуються як комплексні концепції «розумного міста», так і окремі інноваційні рішення. Впроваджені проекти Smart City є в таких містах як Київ, Івано-Франківськ, Львів, Запоріжжя, Дрогобич. Столичний проєкт Kyiv Smart City стартував у 2015 році і вже п'ять років докорінно змінює підходи до міського управління та впровадження сучасних сервісів. Серед реалізованих проєктів – «Картка киянина», онлайн-петиції, електронний запис на прийом до лікаря, реєстрація дітей до закладів дошкільної освіти, а також міська система відеоспостереження з функцією розпізнавання обличчя і номерних знаків автомобілів.

До smart-ініціативи долучається також місто Горішні плавні.

Об'єкт впровадження – інфраструктурні об'єкти міста.

Ідея розумного міста ґрунтується на тому, що місто використовує IoT-системи та програмне забезпечення для моніторингу та аналізу різних подій і прийняття рішень для покращення життя своїх мешканців.

### Сфери впровадження технологій IoT:

- розумне міське середовище. Застосування інтелектуальних засобів відеоспостереження й фотофіксації, датчиків освітлення, точок Wi-Fi;
- розумний транспорт. Використання інтелектуальних транспортних систем керування трафіком, електронних систем оплати за проїзд, розумних парковок;
- розумний будинок. Комплексна автоматизація, віддалене управління житлом, інтелектуальні пристрої, використання датчиків температури, вологості, контролю відкриття та закриття дверей тощо;
- розумний офіс. Сервіси, що пропонують можливості, які дозволяють міській адміністрації відстежувати, обробляти і контролювати з віддаленого місця різні події по всьому місту.

Для функціонування розумного міста передбачається створення єдиної цифрової платформи керування міською інфраструктурою, що поєднує п'ять мереж в межах міської територіальної мережі MAN.

1. Розумний офіс міських департаментів. Мережа розумного офісу оптимізує робочий простір, забезпечує контроль доступу, енергоефективність та взаємодію співробітників.

2. Розумний транспорт. Мережа керування дорожнім рухом взаємодіє з системою розумної парковки та розумним офісом, регулює транспортні потоки, контролює світлофори, моніторить завантаженість доріг у режимі реального часу.

3. Розумна парковка. Мережа парковки інтегрована з офісною мережею, відповідає за автоматизований контроль вільних місць, електронний доступ та систему оплати.

4. Розумний будинок. Забезпечує автоматизацію систем RFID-доступу, відеоспостереження та управління побутовими пристроями.

5. Розумний моніторинг навколишнього середовища (якість повітря, рівень шуму, рівень вітру, температури та вологості).

Розумний офіс міста Горішні Плавні має розгалужену структуру департаментів, що забезпечує ефективну координацію та управління міськими процесами.

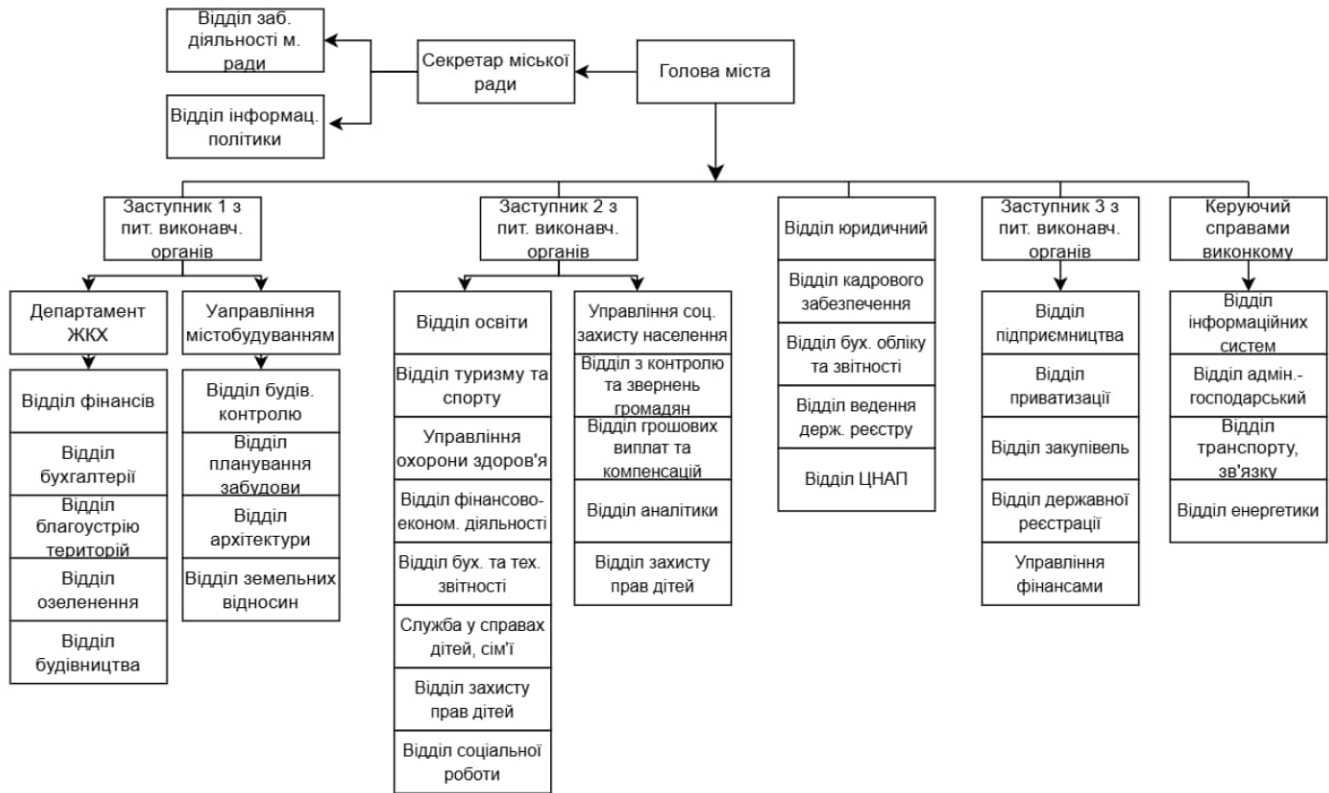


Рисунок 1.2 – Організаційна структура міських департаментів

Організаційна структура міських департаментів показує напрями їх діяльності та є основою для створення кластеру міської територіальної мережі в напрямі «Розумний офіс».

Департамент під керівництвом керуючого справами виконкому виконує функції моніторингу напрямів Smart Traffic та Smart Parking в кластері міських офісів.

Впровадження інтегрованої системи «Розумне місто» на основі міської територіальної мережі (MAN), що об'єднує п'ять менших мереж дозволяє:

- зменшити навантаження на міські комунікації завдяки автоматизації та моніторингу в реальному часі;
- оптимізувати витрати енергії та ресурсів, що важливо в умовах підвищення тарифів та екологічних змін;

- поліпшити транспортну ситуацію завдяки ефективному керуванню парковками та дорожнім рухом;
- забезпечити безпеку та комфорт мешканців і працівників офісних будівель через сучасні системи моніторингу, контролю доступу та екологічного контролю.

### **1.3 Стислі відомості про технології збору та передачі інформації**

Система розумного міста працює завдяки безперервному збору, обробці та оновленню даних, що надходять з різних інформаційних джерел.

Основу цього процесу складають електронні пристрої, зокрема IoT-обладнання – різноманітні датчики, вимірювачі, камери спостереження тощо. Вони активно фіксують інформацію про стан міських комунікацій та інфраструктури, доповнену даними, які надходять від самих мешканців.

Передача зібраної інформації здійснюється через високошвидкісні комунікаційні мережі провайдера, що дозволяє оперативно спрямовувати її на наступний рівень – до хмарної платформи з сервісами зберігання та обробки даних.

Після комп'ютерної обробки отримані результати аналізуються та передаються на рівень міської адміністрації міста Горішні плавні до департаменту під керівництвом керуючого справами виконкому. Відповідні служби проводять аудит інформації, визначають шляхи оптимізації та впроваджують заходи для підвищення ефективності управління міським господарством.

Завдяки сучасним IoT-пристроєм, об'єднаним у єдину комунікаційну мережу, дані можуть збиратися майже в реальному часі. Це забезпечує швидке та ефективно вирішення завдань, пов'язаних із благоустроєм міста.

IoT-система Розумного міста для міста Горішні плавні складається з ряду мережних кластерів. Офіс міського провайдера Fobos знаходиться за адресою Героїв Дніпра, 40.

Телекомунікаційний провайдер, в умовах розбудови розумного міста, відіграє ключову роль в інфраструктурі міста, забезпечуючи надійний та високошвидкісний доступ до мережі Інтернет для фізичних осіб, підприємств та державних установ. В умовах глобальної цифровізації та розвитку концепції "розумного міста", провайдер стає не просто постачальником послуг, а й активним учасником у створенні інтелектуального, ефективного та комфортного міського середовища.

Організаційна структура та операційна модель провайдера Fobos, що підтримує п'ять різних мереж міста, має складну інфраструктуру та розгалужену мережу комунікацій. Кожна з п'яти мереж має різну топологію, пропускну здатність та використовувані технології доступу (наприклад, оптоволокно, мідні дроти, радіозв'язок). Забезпечення безперебійної роботи та інтеграція цих мереж в єдину систему є складним інженерним завданням, що вимагає постійного моніторингу, оптимізації та модернізації обладнання.

Важливим елементом інфраструктури провайдера є мережеве обладнання, яке забезпечує передачу даних між абонентами та зовнішнім світом. Центральними вузлами мережі є маршрутизатори (роутери), які відповідають за маршрутизацію трафіку та підключення до магістральних каналів передачі даних. Важливим аспектом є з'єднання роутерів різних мереж між собою. З'єднання між роутерами різних мереж здійснюється через канали WAN (Wide Area Network) з використанням кабелів Serial DTE (Data Terminal Equipment). Цей тип з'єднання використовується для забезпечення міжміського та міжнародного зв'язку. Використання технології з'єднання WAN враховує вимоги до пропускну здатності, затримки та вартості.

Ключовим компонентом інфраструктури провайдера є сервер, який підтримує хмарну платформу "розумного міста". Ця платформа є централізованим місцем для зберігання, обробки та аналізу даних, що збираються з різних джерел по всьому місту. До IoT-сервера надходять дані з датчиків моніторингу навколишнього середовища (якість повітря, рівень шуму), дані з систем керування транспортним потоком (кількість автомобілів,

швидкість руху), дані з систем SmartHome дошкільного навчального закладу «Попелюшка» (камери спостереження, система RFID-контролю доступу), а також інформація з інших міських служб. Хмарна платформа забезпечує масштабованість, гнучкість та надійність, дозволяючи міській владі оперативно реагувати на зміни в міському середовищі та приймати обґрунтовані рішення на основі даних. Наприклад, платформа може автоматично регулювати інтенсивність вуличного освітлення залежно від часу доби та погодних умов, оптимізувати маршрути громадського транспорту на основі даних про завантаженість доріг, або попереджати про потенційні аварійні ситуації на основі аналізу даних з датчиків.

Важливою складовою функціоналу провайдера є забезпечення доступу до IoT-сервера (Internet of Things) з мережі стільникового зв'язку. Це відкриває можливості для широкого спектру додатків "розумного міста". IoT-сервер є платформою, яка дозволяє підключати різноманітні "розумні" пристрої та датчики до мережі Інтернет та обмінюватися даними між ними. Доступ до IoT-сервера з мережі стільникового зв'язку дозволяє використовувати мобільні пристрої (смартфони, планшети) для управління "розумними" пристроями, а також збирати дані з датчиків, розташованих у місцях, де немає доступу до дротової мережі Інтернет.

Забезпечення безпеки даних є критично важливим аспектом функціонування провайдера, особливо враховуючи обсяги чутливої інформації, що обробляється хмарною платформою "розумного міста" та IoT-сервером. Провайдер повинен впроваджувати суворі заходи безпеки, включаючи наступні напрями:

- аутентифікація та авторизація: контроль доступу до даних та ресурсів на основі ролей та прав користувачів;
- шифрування даних: захист даних від несанкціонованого доступу під час передачі та зберігання;
- моніторинг та аудит: постійний моніторинг мережі та систем на наявність підозрілої активності та реєстрація всіх дій користувачів;

- регулярне оновлення програмного забезпечення: усунення вразливостей та забезпечення захисту від нових загроз;
- фізична безпека: захист серверного обладнання від несанкціонованого доступу.

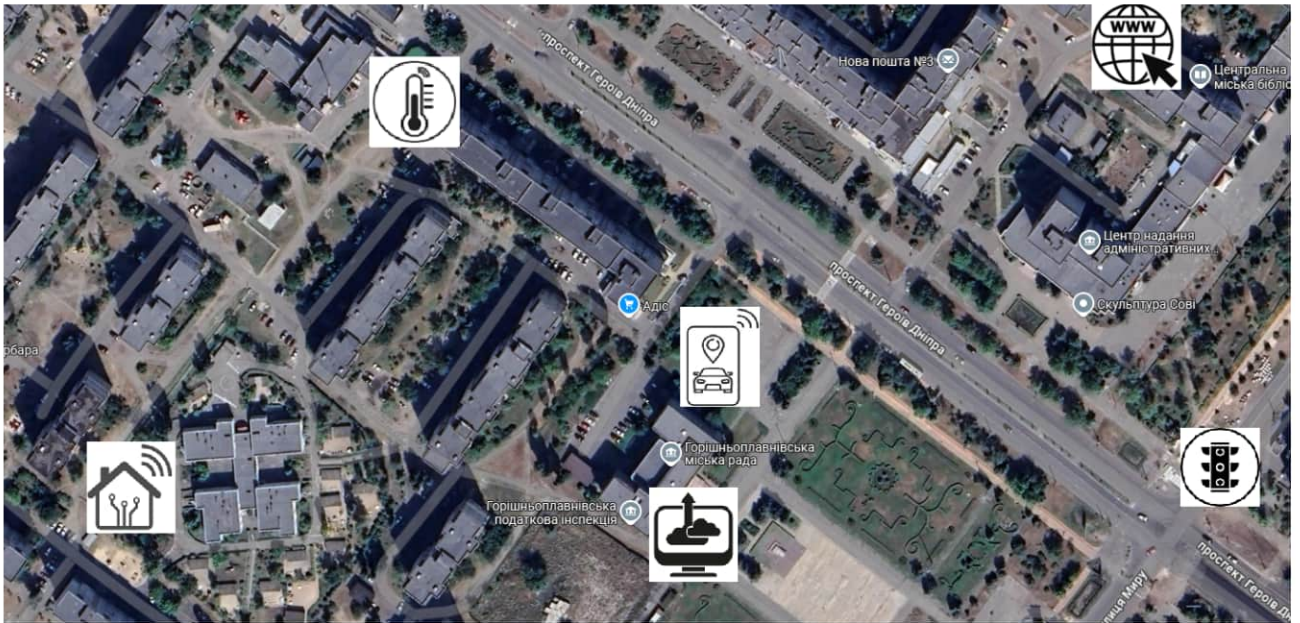


Рисунок 1.3 – Розташування MAN

Обладнання мережі Smart Office знаходиться за адресою вулиця Миру. Відстань до офісу провайдера складає 830 м.

Мережа Smart Office об'єднує підмережі відділів: освіти, транспорту, благоустрою, ЖКХ, юридичний, фінансовий, інформаційних систем, містобудування.

Мережа Smart Office поєднує в собі:

- розумні пристрої для збору інформації про навколишнє середовище, та керування освітленням та доступом до приміщень;
- мережне обладнання для передачі даних між розумними пристроями, кінцевими мережними пристроями, пристроями управління та IoT-сервером. Включає в себе роутери, комутатори, точки доступу Wi-Fi, LTE/5G модулі;
- кінцеві мережні пристрої: комп'ютери, сервери, мікроконтролери для обробки даних безпосередньо на місці їх збору.

- IoT-сервер. Централізований сервер, який збирає, обробляє, аналізує та візуалізує дані, отримані від всіх підключених пристроїв. Він також забезпечує інтерфейс для управління пристроями та інтеграцію з іншими муніципальними системами;
- програмні платформи та API для інтеграції різних систем та департаментів, забезпечуючи обмін даними та спільне використання ресурсів.

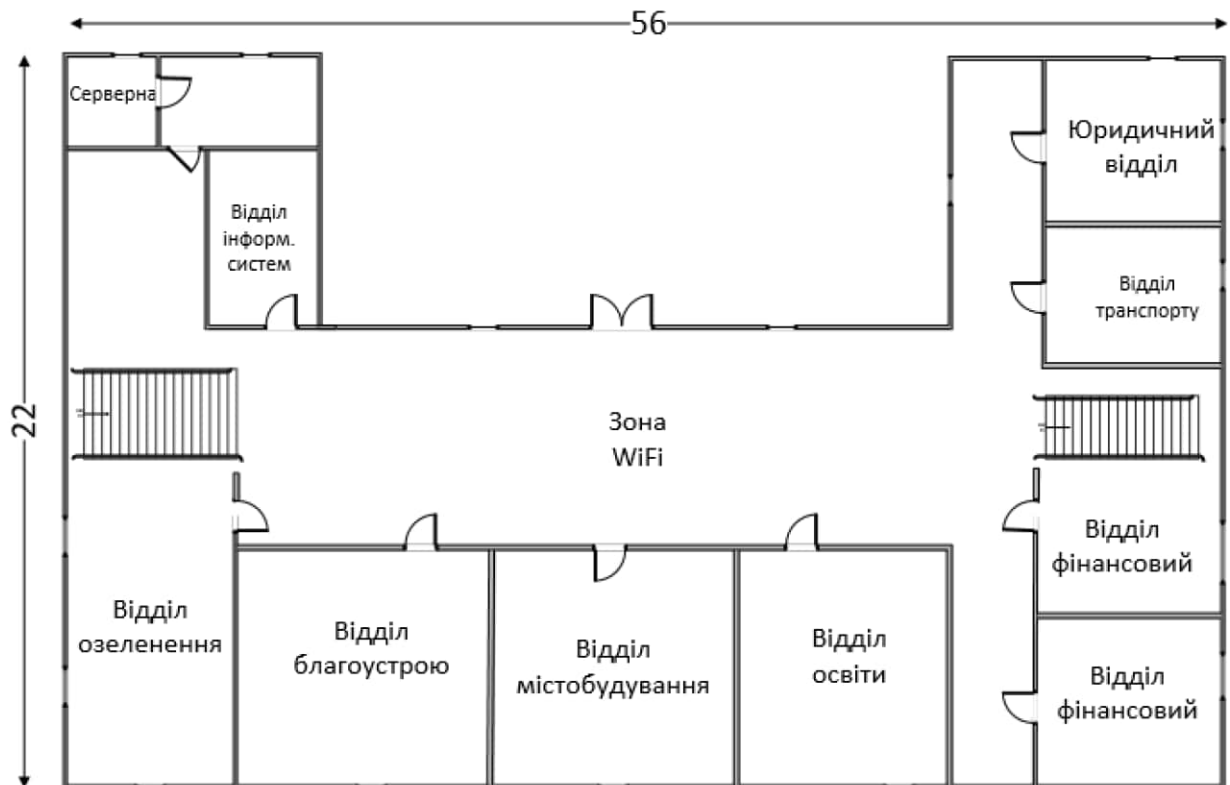


Рисунок 1.2 – Топологічна схема розміщення відділів Smart Office

Обладнання мережі Smart Traffic знаходиться за на перехресті вулиць Миру та Героїв Дніпра. Відстань до офісу міської ради складає 470 м.

Мережа Smart Traffic поєднує в собі:

- розумні пристрої для збору інформації про швидкість руху, камери відеоспостереження, світлофори з адаптивним керуванням для оптимізації транспортних потоків;
- мережне обладнання: маршрутизатор, точка доступу Wi-Fi, LTE/5G модулі;

- кінцеві мережні пристрої: мікроконтролери для обробки даних безпосередньо на місці їх збору та передачі даних на роутер, смартфони та планшети користувачів.

- Обладнання мережі Smart Parking знаходиться за адресою вулиця Миру, 24. Відстань до офісу міської ради складає 180 м.

Мережа Smart Parking поєднує в собі:

- розумні пристрої для збору інформації про зайнятість паркувальних місць, інтегровані з мобільним додатком для користувачів, камери відеоспостереження;

- мережне обладнання: маршрутизатор, точка доступу Wi-Fi, LTE/5G модулі;

- кінцеві мережні пристрої: мікроконтролери для обробки даних безпосередньо на місці їх збору та передачі даних на роутер, смартфони та планшети користувачів.

Обладнання мережі Smart Home знаходиться за адресою вулиця Конституції, 38. Відстань до офісу провайдера складає 1460 м.

Мережа Smart Home дошкільного навчального закладу «Попелюшка» поєднує в собі:

- розумні RFID-зчитувачі, камери відеоспостереження;

- мережне обладнання: маршрутизатор, точка доступу Wi-Fi;

- кінцеві мережні пристрої (Laptop, Smartphon).

Обладнання мережі Smart Monitoring знаходиться за адресою вулиця Добровольського, 30. Відстань до офісу провайдера складає 1820 м.

Мережа Smart Monitoring поєднує в собі:

- розумні пристрої для збору інформації про якість повітря, рівень шуму, рівень вітру, температури та вологості;

- мережне обладнання: маршрутизатор, точки доступу Wi-Fi;

- кінцеві мережні пристрої (Laptop, Smartphon).

Хмарна платформи на City-IoT-Server дозволяє міським чиновникам та громадянам отримати користь від впровадження IoT.

Пристрої в кластерах Smart Traffic та Smart Parking можна контролювати віддалено з будь-якого комп'ютера в кластері міських офісів. Впровадження Smart City є необхідним кроком для створення сучасного та ефективного міста. Інтеграція різноманітного обладнання на основі IoT та централізованого управління через IoT-сервер дозволяє значно підвищити ефективність роботи департаментів, покращити якість надання послуг та забезпечити сталий розвиток міста.

#### **1.4 Принципи, технічні способи та математичні методи інформаційного забезпечення**

Розумне місто передбачає використання даних для покращення якості життя, оптимізації міського управління та підвищення стійкості інфраструктури. Ефективний збір даних є фундаментальною передумовою для досягнення цих цілей. Проте, цей процес повинен базуватися на певних принципах та використовувати відповідні технічні способи.

Збір даних у розумному місті має відповідати принципам прозорості та етичності. Містяни повинні бути поінформовані про те, які дані збираються, з якою метою і як вони будуть використовуватися. Важливим є дотримання законодавства про захист персональних даних та забезпечення конфіденційності. Також важливо забезпечувати сумісність та інтероперабельність даних. Це вимагає використання стандартизованих форматів та протоколів, що дозволить об'єднувати дані з різних джерел і забезпечувати їх ефективний аналіз.

Збір даних має бути масштабованим та економічно ефективним, враховуючи динамічний розвиток міста та обмежені ресурси.

Технічні способи збору даних умовно діляться на декілька категорій. Сенсорні мережі (датчики руху, температури, забруднення повітря, вологості) розповсюджені по всьому місту та збирають інформацію в реальному часі. Відеоспостереження використовується для моніторингу дорожнього руху, громадської безпеки та інших важливих аспектів. Мобільні пристрої

(смартфони, планшети) стають джерелом даних через мобільні додатки, які надають інформацію про геолокацію, транспортні потоки, споживання енергії. Окремо слід виділити дані, що генеруються міськими службами (транспорт, енергетика, водопостачання), які містять важливу інформацію про роботу інфраструктури.

Ефективне використання зібраних даних вимагає належної технічної інфраструктури та інтелектуального аналізу та створення інструментів для прийняття обґрунтованих рішень. Впровадження передових аналітичних методів, таких як штучний інтелект та машинне навчання, дозволяє виявляти закономірності, прогнозувати події та оптимізувати міські процеси, підвищуючи ефективність та комфорт життя в розумному місті.

### **1.5 Огляд існуючих аналогів КС, технологій, архітектур та програмних рішень**

Сучасна концепція «розумного міста» набуває все більшої популярності. Вона втілюється або планується в 2500 містах по всьому світу.

Існує два підходи до створення Smart City. Перший полягає у створенні «розумного міста» з нуля, тобто в проектуванні міста, що враховує принципи Smart City. Приклади таких міст: Масдар (ОАЕ) та Сонгдо (Південна Корея).

Другий – це поетапне впровадження розумних технологій у вже існуючі міські системи. Найчастіше застосовується саме цей шлях.

Кожне місто самостійно визначає напрямки свого smart-розвитку. Яскравим прикладом є Амстердам, який входить до п'ятірки найкращих «розумних міст» світу. Його smart-історія розпочалася в 2009 році, коли влада зосередила увагу на енергозбереженні та зменшенні викидів CO<sub>2</sub>; згодом цифра напрямків зросла. Завдяки інноваційним підходам у багатьох сферах, місто досягло значного розвитку технологій, поліпшення фінансових показників, рівня послуг і культури.

Інші приклади. Сінгапурські smart-стоянки відстежують кількість та розміщення автомобілів, надсилаючи дані про вільні місця в додаток. У

Барселоні реалізовано систему розумного поливу і систему «розумних» сміттєвих баків.

Спираючись на світовий досвід, останніми роками, в Україні почали впроваджувати концепції «розумного міста» та окремі інструменти в таких містах, як Київ, Івано-Франківськ, Львів, Запоріжжя, Дрогобич, Полтава.

Проект Poltava Smart City стартував у 2015 році вже змінює підходи до управління та реалізації послуг для мешканців. Запроваджено онлайн-петиції, можливість запису на прийом до лікарів, оформлення дітей у заклади дошкільної освіти, а також функціонує система міського відеоспостереження з технологіями розпізнавання осіб та номерів автомобілів.

Зараз реалізована та впроваджена перша версія платформи Poltava Smart City. Її інструментами системи є веб-портал та додаток «E-Poltava».



Рисунок 1.4 – Веб-портал Poltava Smart City

### 1.6 Обґрунтування вибраного напрямку вирішення задачі

Ключовою задачею при створенні інтегрованої IoT-мережі є забезпечення взаємодії та обміну даними між різними підмережами. Топологія мережі визначається географічним місцем розташування обладнання за зазначеними напрямками, відстанями і, в залежності від цього вибору мережного обладнання з підтримкою відповідних каналів зв'язку та

використання стандартизованих протоколів зв'язку (наприклад, MQTT, CoAP, WAN, WiFi) та єдиної платформи для управління даними. Без цього, окремі "розумні" рішення залишаться розрізненими, а синергетичний ефект від їх взаємодії не буде досягнуто.

1. Smart Office. Мережа передбачає наявність зав'язків з мережами Smart Traffic та Smart Parking. Також ця мережа передбачає впровадження інтелектуальних систем управління освітленням, опаленням, вентиляцією та кондиціонуванням (HVAC) в офісних приміщеннях. Датчики присутності, температури та освітленості збирають дані, які аналізуються для оптимізації використання енергії та створення комфортного робочого середовища. Дані розумних пристроїв для зберігання та аналізу та ситуаційним керуванням передаються як на IoT-сервер в складі мережі Smart Office та і на віддалений сервер в мережі провайдера.

2. Smart Traffic: Ця підмережа фокусується на оптимізації трафіку шляхом збору та аналізу даних про інтенсивність руху, затори. Датчики на світлофорах, автомобілях та інших джерелах даних передають інформацію до центральної системи управління, яка може динамічно регулювати час роботи світлофорів.

3. Smart Parking. Ця мережа вирішує проблему дефіциту паркувальних місць, надаючи водіям інформацію про наявність вільних місць в режимі реального часу. Датчики, встановлені на паркувальних місцях, фіксують їх зайнятість і передають дані до мобільного додатку.

4. Smart Home. Мережа матиме в своєму складі спеціалізований маршрутизатор з хмарною платформою для керування розумними пристроями і передачі даних до мобільного додатку.

5. Smart Monitoring: Мережа забезпечує моніторинг стану навколишнього середовища, включаючи рівень забруднення повітря, шум та рівень вологості. Датчики, розміщені в двох локаціях міста, в кожній встановлені маршрутизатори для об'єднання пристроїв в мережу. Дані

розумних пристроїв для зберігання та аналізу передаються на віддалений сервер в мережі провайдера.

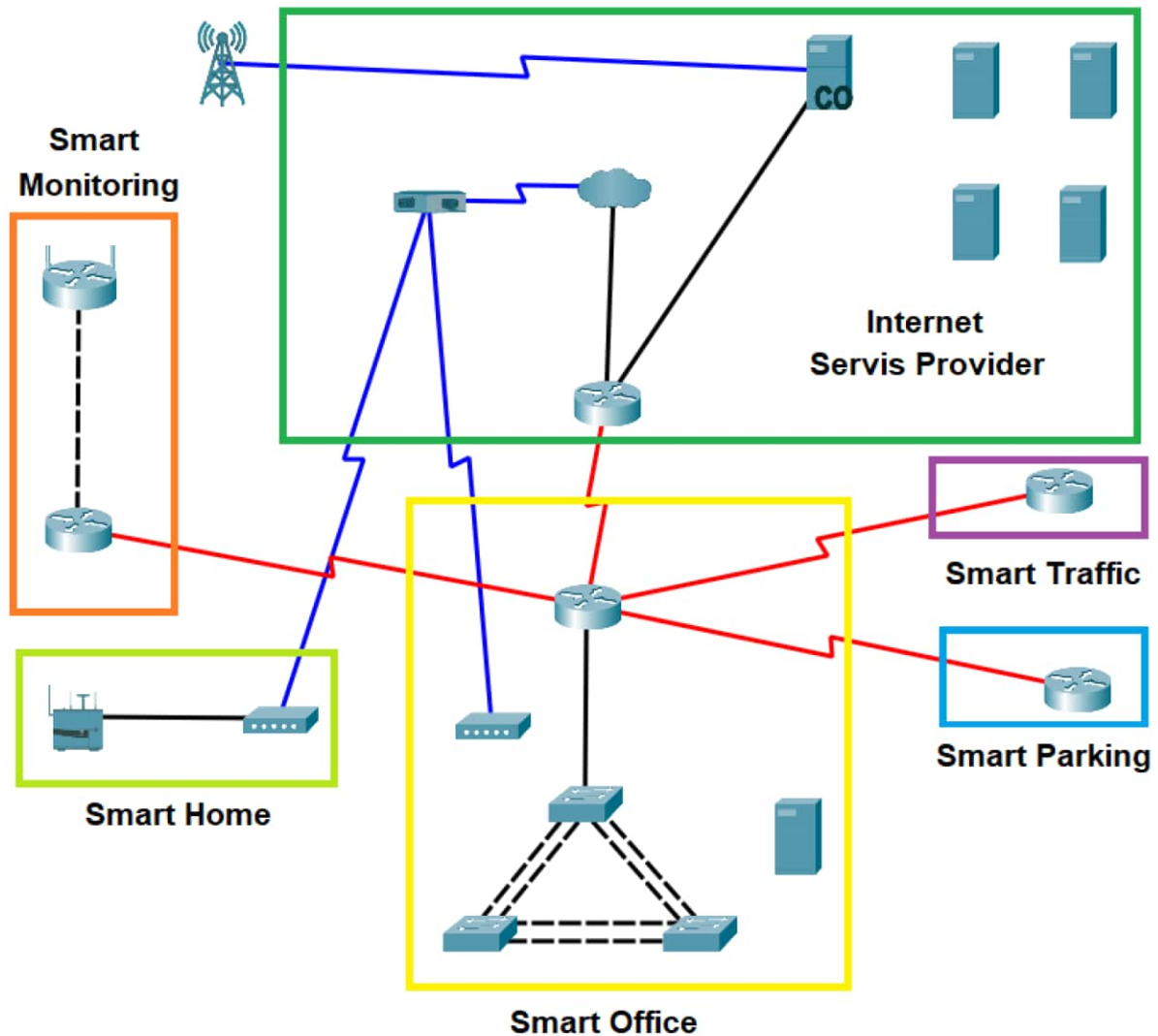


Рисунок 1.3 – Пропонована топологія мережі

### 1.7 Мета і задачі і роботи

Метою роботи є впровадження концепції Smart City в місті Горішні Плавні для збору, аналізу та використання даних з різних міських сфер для покращення якості життя мешканців та підвищення ефективності управління містом.

Провідним елементом цієї інфраструктури є комплексна мережа Інтернету речей, яка буде інтегрована з п'ятьма ключовими мережами, а саме: Smart Office, Smart Traffic, Smart Parking, Smart Home, Smart Monitoring.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити ряд задач.

1. Визначити архітектуру міської мережі.
2. Виконати вибір комплексу мережного обладнання з урахуванням особливостей існуючого обладнання в кластері провайдера.
3. Розробка та розгортання мережі IoT на базі технологій бездротового зв'язку (LoRaWAN, LTE, Wi-Fi) для кожної з п'яти мереж, враховуючи специфіку застосування та енергоефективність.
4. Забезпечення сумісності та взаємодії між різними типами сенсорів (датчики руху, температури, забруднення повітря, тощо) та актуаторами (системи освітлення, відеонагляду, доступу, тощо).
5. Вибір централізованої платформи для збору, зберігання, обробки та візуалізації даних, отриманих з мережі IoT.
6. Забезпечення кібербезпеки мережі та даних від несанкціонованого доступу та кібератак.

Реалізація проєкту зі створення мережі IoT для Smart City в Горішніх Плавнях є складним та багатоетапним процесом, який вимагає злагодженої роботи виконавців, підтримки місцевої влади та активної участі громади. Успішне впровадження проєкту дозволить створити комфортне, безпечне та екологічно чисте місто, яке буде відповідати сучасним вимогам та викликам.

## **2. РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ РОЗУМНОГО МІСТА**

### **2.1 Технічні вимоги до КС**

#### **2.1.1 Найменування і призначення об'єкту професійної діяльності**

Міська мережа підтримки IoT-підсистем міста Горішні Плавні призначена для організації середовища передачі інформації між п'ятьма мережами рівня MAN.

Хмарною платформою для підтримки IoT-підсистем міста Горішні Плавні буде сервер, розташований в мережі провайдера, що забезпечує ефективну передачу та обробку даних з п'яти мереж рівня MAN.

#### **2.1.2 Вимоги до структури і функціонування Системи**

##### **2.1.2.1 Перелік підсистем, їх призначення та основні характеристики**

Система (міська мережа) міста Горішні Плавні повинна складатися з п'яти підсистем.

Мережа Smart Home виділена під IoT-систему допуску бази технології RFID та відеонагляду. Розумні пристрої мережі повинні підтримувати технологію бездротового зв'язку WiFi. В якості активного мережного пристрою необхідно встановити маршрутизатор DLC100 Home Gateway для управління приладами, забезпечення їх взаємодії. DLC100 для мережі Smart Home забезпечить хмарне сховище та доступ до мережі провайдера.

Мережа Smart Monitoring виділена під IoT-систему збору даних про стан атмосфери міста в двох локаціях. До складу мережі повинні входити два активні мережні пристрої з підтримкою технологій Serial DTE (для доступу до мережі провайдера та підтримки каналу WAN) та точка доступу WiFi. Розумні пристрої мережі повинні збирати дані CO, рівень шуму, температура, вологість. Розумні пристрої мережі повинні підтримувати технологію бездротового зв'язку WiFi.

Мережа Smart Office повинна складатися з чотирьох підмереж. Дві підмережі утворені для структурних підрозділів міської ради: LAN1 – департамент виконавчих справ, LAN2 – юридичний департамент. Локальна підмережа LAN1 повинна забезпечувати швидкісну комунікацію до 70 вузлів. Локальна підмережа LAN2 повинна забезпечувати комунікацію до 22 вузлів.

Мережа Smart Traffic виділена під IoT-систему збору даних від мікрохвильових радарних датчиків руху для виявлення транспортних засобів та керування розумними світлофорами. Розумні пристрої мережі повинні підтримувати технологію бездротового зв'язку WiFi. До складу мережі повинен входити активний мережний пристрій з підтримкою технологій Serial DTE (для доступу до мережі провайдера та підтримки каналу WAN) та точка доступу WiFi.

Мережа Smart Parking виділена під IoT-систему збору даних про наявні вільні місця на парковці. Для виявлення авто на паркувальних місцях будуть використовуватися датчики виявлення металу та контролер в якості пристрою обробки даних в тумані та шлюзу доступу до мережі WiFi. Для відеонагляду використовувати IP-камери відеоспостереження. Для керування освітленням використовувати розумні пристрої вуличного освітлення. Розумні пристрої мережі повинні підтримувати технологію бездротового зв'язку WiFi. До складу мережі повинен входити активний мережний пристрій з підтримкою технологій Serial DTE (для доступу до мережі провайдера та підтримки каналу WAN), стільниковий зв'язок та точка доступу WiFi.

В складі мережі Smart Office повинен бути налаштований спеціальний сервер із сервісом IoT та файловою сервером TFTP і забезпечено справне функціонування.

Спеціальний сервер із сервісом IoT в мережі провайдера повинен підтримувати хмарну платформу, що забезпечить під'єднання розумних пристроїв, надасть веб-інтерфейс користувачам сервісу для спостереження та керування, розділить доступ за обліковими записами, забезпечить автоматизоване керування розумними пристроями.

Для гарантування належного рівня безпеки інформації та захисту її від несанкціонованого доступу необхідно розробити і впровадити комплексні заходи та стратегії безпеки. Це включає в себе не лише створення політик захисту даних, але й використання сучасних технологій шифрування, регулярні аудити безпеки, навчання персоналу щодо ризиків і методів їх уникнення, а також належну технологічну інфраструктуру для моніторингу систем.

#### **2.1.2.2 Вимоги до способів і засобів зв'язку для інформаційного обміну між компонентами Системи**

Для забезпечення обміну даними між IoT-підсистемами міста та кластером провайдера мережна інфраструктура повинна підтримувати провідні технології Ethernet та бездротові WiFi та LTE.

При реалізації міської мережі забезпечити:

- розподіл IP-адрес в межах мереж Smart Office, Smart Parking та Smart Traffic з діапазону 10.24.224.0/21;
- забезпечити розмір підмереж в кластері Smart Office відповідно до вимог департаментів. Департамент виконавчих справ (218), юридичний департамент (192), відділ транспорту (84), відділ інформаційний (241);
- для мереж WAN. Між Router Traffic – Router City-Office 210.0.0.1/30 інтерфейс Serial0/1/0. Між Router Parking – Router City-Office 210.1.0.1/30 інтерфейс Serial0/1/1. Між Router ISP-Main – Router City-Office 205.0.0.2/30 інтерфейс Serial0/2/1. Між Router Home Gateway – Router ISP-Main 200.0.0.10/24 інтерфейс Internet. Між Router ISP-Main – Router Monitoring 204.0.0.2/30 інтерфейс Serial0/2/2;
- для розумних речей в мережі Smart Office забезпечити розподіл IP-адрес з діапазону 10.24.224.0/21;
- динамічно адресувати кінцеві мережні пристрої за протоколом DHCP;
- впровадження маршрутизації за протоколом EIGRP;
- забезпечити можливість віддаленого доступу до маршрутизаторів;

- забезпечити доступ до серверів в кластері провайдера;
- забезпечити можливість працівникам департаментів управління міста вихід до мережі Internet, використовуючи технології NAT та PAT (діапазон 209.165.202.5 – 209.165.202.30).

В підмережі інформаційного відділу застосувати технологію VLAN для поділу її на три віртуальні підмережі.

В підмережі департаментів City Office забезпечити агрегацію каналів EtherChannel.

### **2.1.2.3 Вимоги до режимів функціонування Системи**

Вимоги до режимів функціонування міської мережі.

1. Нормальний режим. Стабільний стан, коли всі п'ять кластерів функціонують згідно з визначеними параметрами, забезпечуючи безперебійну передачу даних від сенсорів до центральної платформи. Важливими є моніторинг та проактивне виявлення аномалій.

2. Режим підвищеного навантаження. Активується при різкому збільшенні обсягу даних, наприклад, під час масових заходів або аварій. Вимагає автоматичного масштабування ресурсів та пріоритезації трафіку критично важливих підмереж.

3. Режим енергозбереження. Використовується в періоди низької активності для мінімізації енергоспоживання сенсорів та мережевого обладнання. Може включати зменшення частоти передачі даних, перехід в режим сну та адаптивне керування живленням.

4. Режим оновлення та обслуговування. Забезпечує можливість проведення планових технічних робіт без повної зупинки мережі. Вимагає поступового виведення з експлуатації окремих елементів, перерозподілу навантаження та мінімізації впливу на роботу решти кластерів.

### **2.1.2.4 Межі розвитку, модернізації Системи**

Масштабування передбачає міської мережі передбачає збільшення об'єктів впровадження Smart Traffic до 5 одиниць.

Масштабування передбачає збільшення кількості сенсорів та пристроїв в кожній з існуючих мереж. Для кластеру Smart Traffic – збільшення кількості камер моніторингу дорожнього руху на 50% дозволить точніше відстежувати трафік та оптимізувати маршрути.

Модернізація також зосереджується на покращенні якості зв'язку, впровадженні сучасних протоколів передачі даних (наприклад, 5G або LoraWAN) та інтеграції штучного інтелекту для аналізу великих обсягів даних.

### **2.1.3 Вимоги до показників призначення**

Міська мережа повинна надавати наступні можливості:

- доступу до Інтернет;
- віддаленого підключення Smart Office з використання технології VPN;
- обміну даними між структурними підрозділами Smart Office;
- реалізації доступу до хмарної платформи за технологією стільникового зв'язку;
- захисту дані від несанкціонованого доступу;
- IoT-підстеми повинні забезпечувати збір, передачу та обробку даних з розумних речей.

## 2.2 Розробка апаратної частини

### 2.2.1 Архітектура мережі

При розгляді архітектури міської мережі підтримки IoT-підсистем міста важливими питаннями є застосовані датчики, IoT шлюзи, протоколи зв'язку Інтернету речей (IoT), також канали зв'язку для збору та передачі даних, безпеки та аналізу даних.

Основні компоненти архітектури IoT рішення.

#### 1. Сенсорна мережа для збору інформацію про:

- навколишнє середовище (метеостанції в кластері Smart Monitoring збирають дані про температуру (°C), атмосферний тиск (гПа), відносну вологу повітря (%), рівень вуглекислого газу (CO<sub>2</sub> ppm), оксиду вуглецю (CO ppm), метану (CH<sub>4</sub> ppm);

- рух транспорту (ультразвукові датчики в кластері Smart Trafik збирають дані про виявлення руху об'єктів);

- наявність вільних пакувальних місць (датчики в кластері Smart Parking збирають дані про виявлення об'єктів в місцях встановлення датчиків);

- пропускна система на базі технології RFID (датчики в кластері Smart Home збирають дані про метрики RFID міток);

- розумні датчики в кластері Smart Office збирають дані про температуру (°C), відносну вологу повітря (%), рух в приміщеннях міської ради.

#### 2. Мережа зв'язку. Зв'язок між сенсорами, шлюзами, активними мережними пристроями та хмарної платформи і кінцевими користувачами забезпечений технологіями Wi-Fi 4 G/5G та Ethernet.

#### 3. Платформа обробки даних. Цей компонент агрегує та обробляє великі обсяги даних, отриманих від сенсорної мережі. Він використовує алгоритми машинного навчання та аналітики для виявлення закономірностей, прогнозування трендів та надання інформації для прийняття рішень.

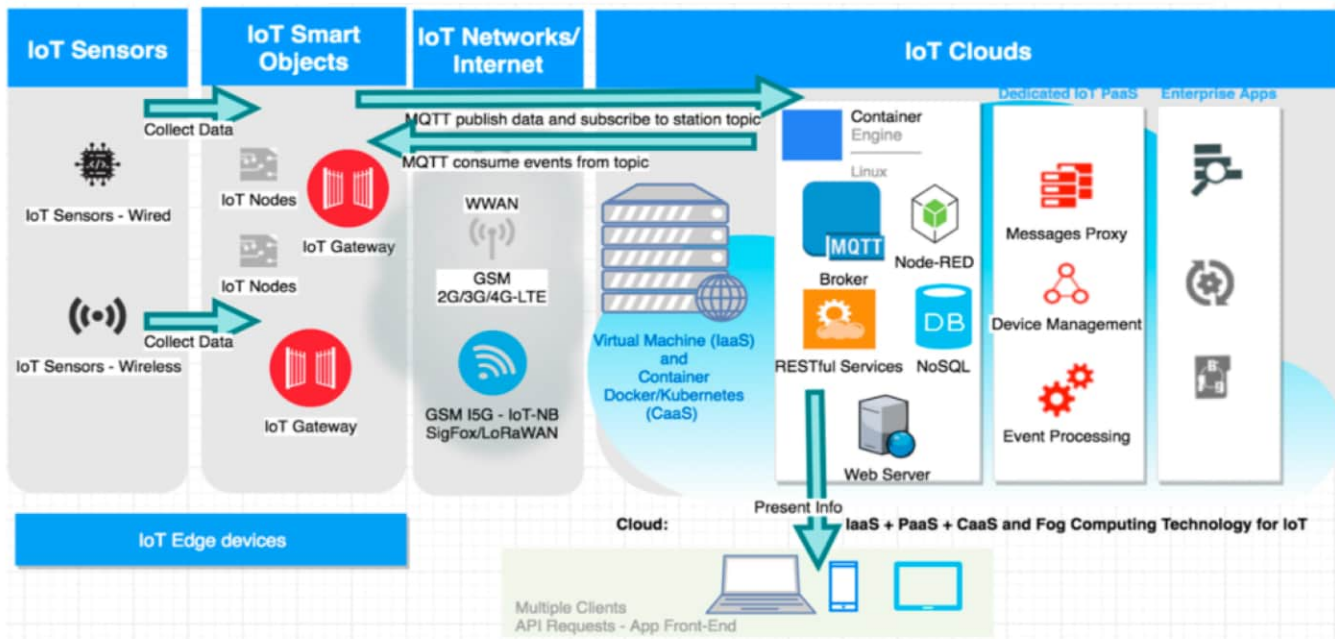


Рисунок 2.1 – Архітектура IoT рішення

Загальна архітектура міської мережі підтримки IoT-систем має декілька логічних рівнів за функціями мережі згідно ієрархічної моделі, що впроваджена Cisco.

Сучасні міські IoT-системи вимагають надійної та масштабованої мережевої інфраструктури. Для ефективної підтримки цих систем, архітектура міської мережі повинна бути організована за допомогою логічних рівнів, що чітко визначають функціональні обов'язки кожного шару. Ієрархічна модель, запропонована Cisco, є ефективним підходом до проектування та реалізації такої архітектури.

Ця модель поділяє мережу на три основні рівні: рівень доступу (Access Layer), рівень розподілу (Distribution Layer), та рівень ядра (Core Layer).

Рівень ядра являє собою високошвидкісну магістраль, яка з'єднує різні сегменти мережі та забезпечує швидку та надійну передачу даних між ними. Він відповідає за маршрутизацію трафіку між різними міськими зонами та зв'язок з зовнішніми мережами, такими як хмарні платформи для аналізу та обробки даних IoT. До цього рівня відносяться маршрутизатори мереж R\_Office, R\_OfficeZ1, R\_OfficeZ2, R\_Traffic, R\_Parking, R\_Home,

R\_MonitoringZ1, R\_MonitoringZ2. Маршрутизатори R\_Office, R\_Home, R\_MonitoringZ1, R\_MonitoringZ2 мають підключення до мережі провайдера. Для зв'язку з провайдером (Internet Connectivity) маршрутизатори використовують канали зв'язку DSL та Ethernet, надані провайдером.

Рівень розподілу агрегує трафік з рівня доступу та забезпечує політику безпеки, фільтрацію трафіку та маршрутизацію. Він виступає посередником між рівнем доступу та рівнем ядра, забезпечуючи масштабування мережі та її стійкість до відмов. Представлений комутаторами мережі Smart Office. В підмережі Фін\_відділ два комутатори за технологією VLAN утворюють три віртуальні мережі та три комутатори підрозділів освіти транспорту та інформац. систем об'єднані за технологією агрегації каналів. Для їх з'єднання використовуються канали Gigabit та Fast Ethernet.

Рівень доступу відповідає за безпосереднє підключення IoT-пристроїв до мережі. Він забезпечує різноманітні варіанти з'єднання, такі як Wi-Fi та 5G, а також виконує базову аутентифікацію та авторизацію пристроїв. WiFi точки доступу в мережах S.Office, S.Traffic, S.Parking забезпечують підключення розумних пристроїв та шлюзів.

Використання ієрархічної моделі Cisco для побудови міської мережі підтримки IoT-систем дозволяє досягти оптимальної продуктивності, масштабованості, безпеки та зручності управління. Чітке розмежування функцій між рівнями сприяє спрощенню процесу проектування, розгортання та обслуговування мережі, забезпечуючи ефективну підтримку широкого спектру міських IoT-додатків.

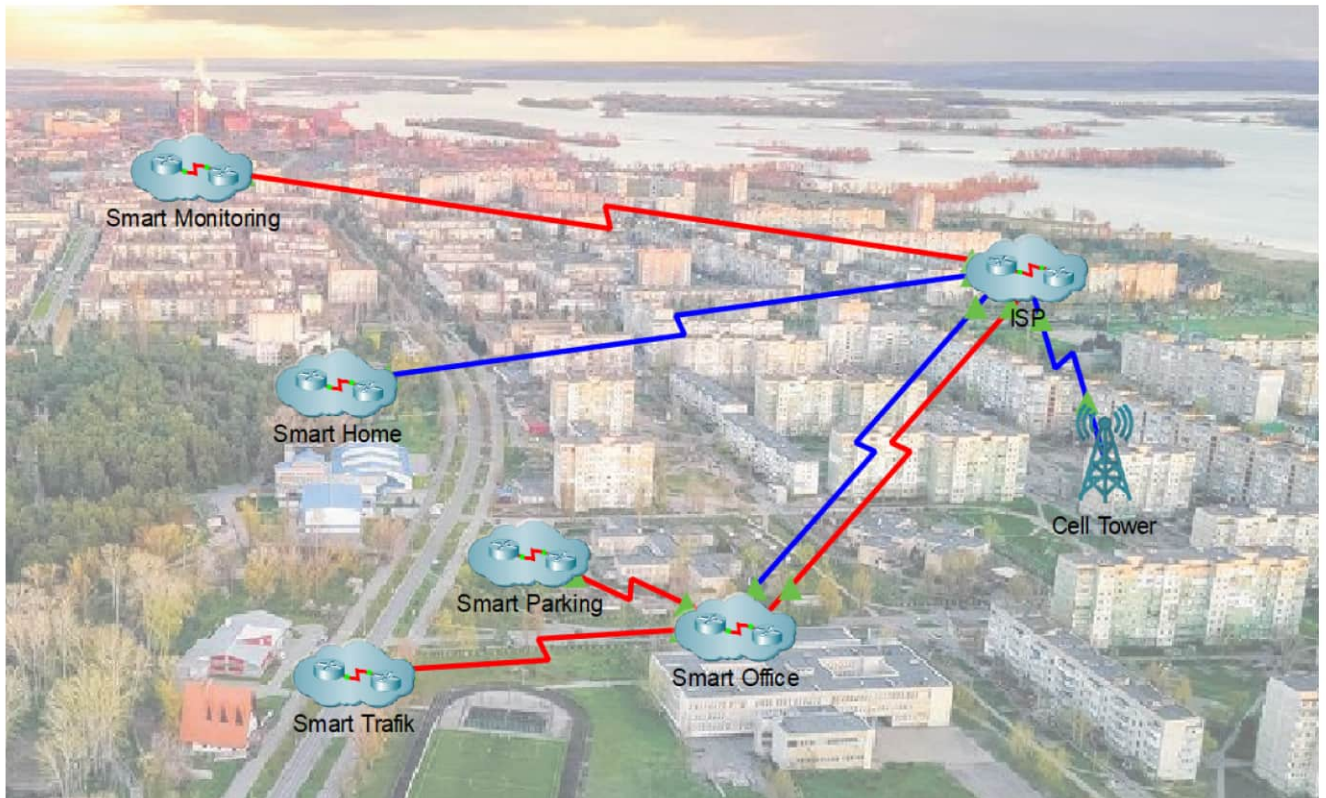


Рисунок 2.2 – Архітектура мереж

### 2.2.2 Розробка структури комплексу технічних засобів IoT-систем міста

Впровадження концепції «Smart City» міста Горішні плавні пов'язаний із розгортанням широкого спектру IoT систем, що забезпечують збір, обробку та аналіз даних у реальному часі. Для ефективної реалізації цих систем створюється комплекс технічних засобів, здатний забезпечити безперебійну роботу та взаємодію різномірних мереж.

Ключовими вимогами до комплексу є: масштабованість для підтримки постійного зростання кількості підключених пристроїв, надійність для забезпечення стабільної роботи критично важливих сервісів, безпека для захисту даних від несанкціонованого доступу та енергоефективність для мінімізації операційних витрат.

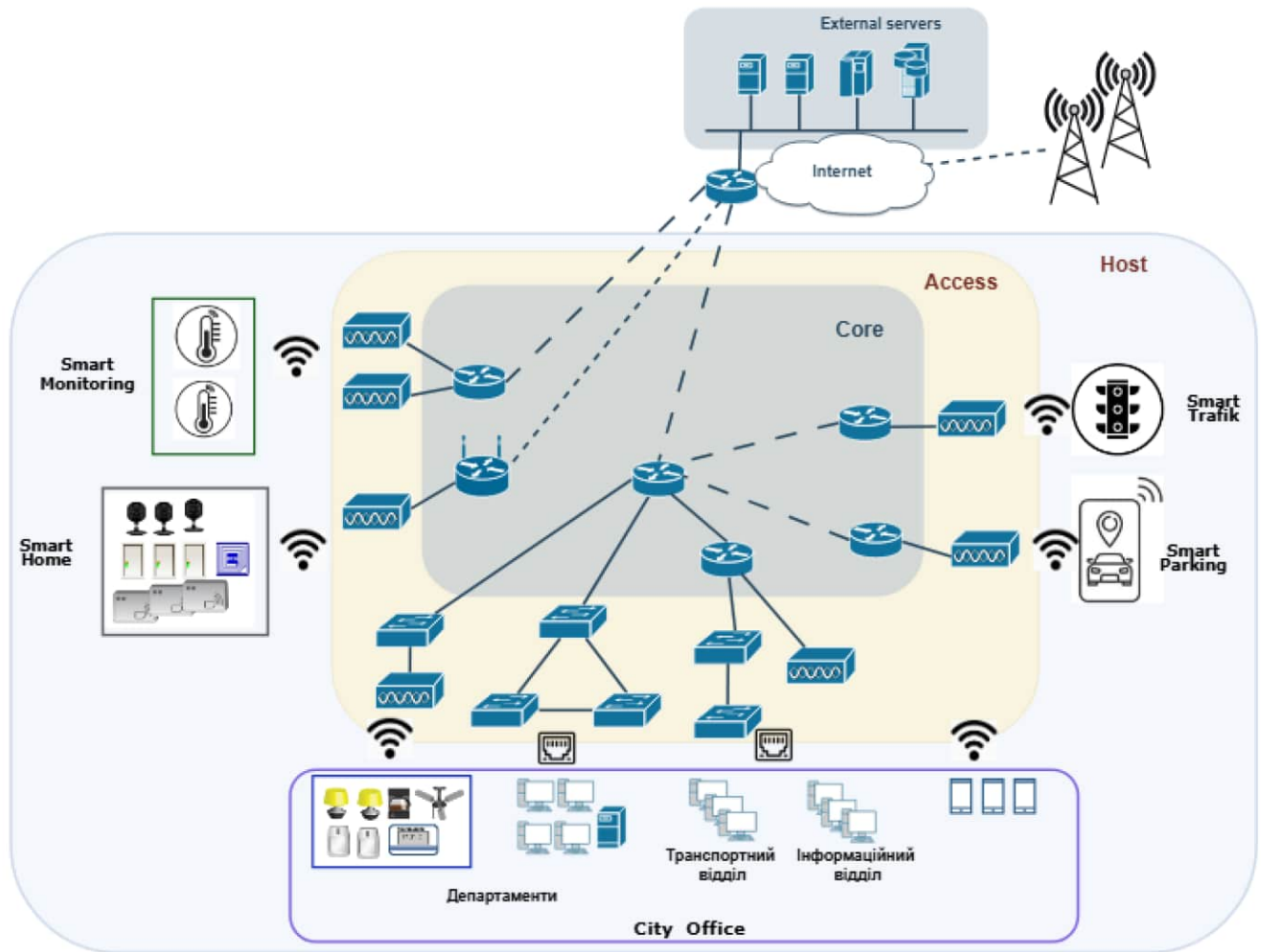


Рисунок 2.3 – Структурна схема комплексу технічних засобів  
IoT-систем міста

Оскільки датчики та пристрої Інтернету речей розташовані по всьому розумному місту, для того, щоб вони могли взаємодіяти, необхідна належна мережева інфраструктура. Розумне місто – це міська територіальна мережа (MAN), що складається з менших мереж. Ці мережі часто з'єднані між собою WAN-зв'язком, що дозволяє здійснювати зв'язок на великі географічні відстані.

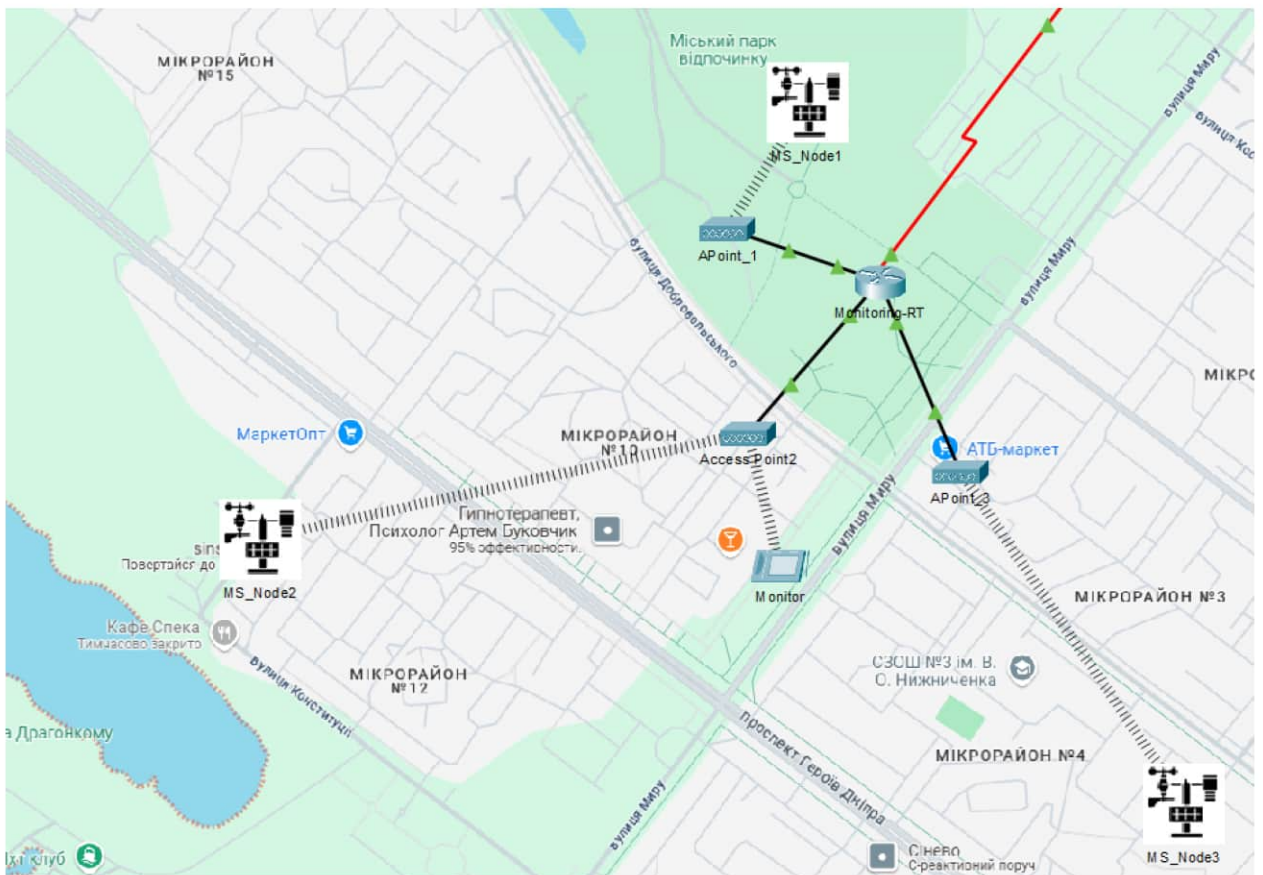


Рисунок 2.4 – Технічні засоби кластера Smart Monitoring

Для доступу хостів кластера «Smart Monitoring» до провайдера застосований маршрутизатор Cisco 819HGW через його компактний розмір та простоту використання. Підтримує невелику кількість пристроїв (має фіксовану кількість портів). Підтримує технології підключення Serial WAN interface, 4G/LTE та 4 порти Gigabit Ethernet. Має вбудовані функції безпеки Cisco.

Дві метеостанції кластера «Smart Monitoring» розташовані на відстані 860 метрів одна від одної. Зв'язок з роутером здійснюється за технологією WiFi. Для підтримки WiFi в кластері встановлені дві точки доступу WiFi. Вуличні Wi-Fi точки доступу потребують міцного, антивандального корпусу для захисту від пошкоджень. Корпус також повинен забезпечувати захист від погодних умов. Точка доступу MikroTik GrooveA 52 ac має ступінь захисту IP66, гігабітний Ethernet порт з пропускнуою здатністю 100 Мбіт/с, живлення

PoE, забезпечує швидкість Wi-Fi до 433Mb/s, дальність покриття складає 1 км.

Для доступу хостів кластера «Smart Home» до провайдера застосований маршрутизатор Cisco DLS100. DSL100 перетворює лінію DSL на з'єднання Ethernet і створює бездротову мережу. Він забезпечує як дротове, так і бездротове підключення до інтернету. DSL100 надає веб-сервіс для керування IoT пристроями. Для розширення зони покриття застосована точки доступу WiFi Cisco Business 150AX, що забезпечує стандарт Wi-Fi 6 (802.11ax), швидкість передачі даних 1200 Мбіт/с у двох діапазонах (2.4 ГГц та 5 ГГц), живлення через PoE, методи захисту WPA3, WPA2, WPA.

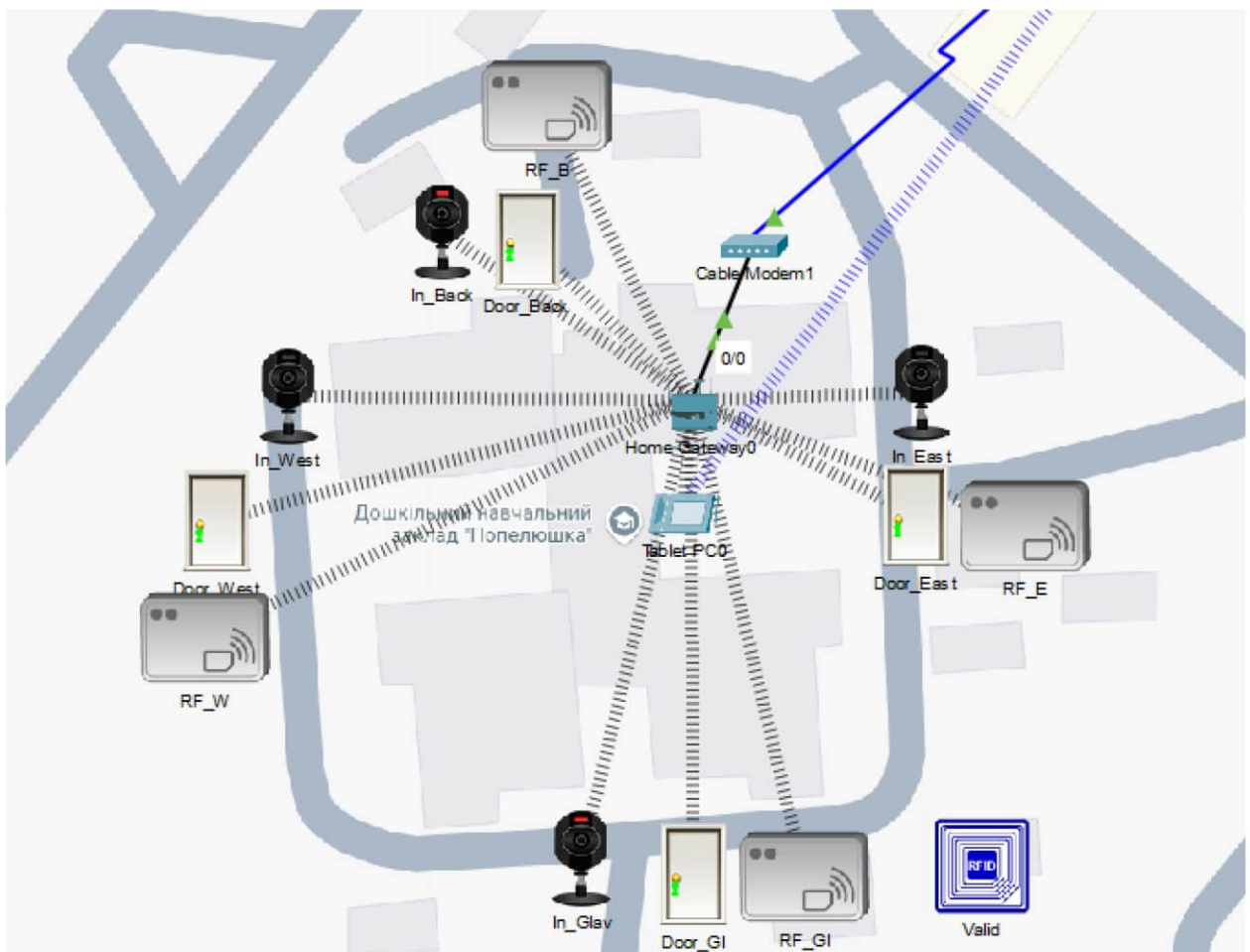


Рисунок 2.5 – Технічні засоби кластера Smart Home

Пропускна система для кластера «Smart Home» дошкільного навчального закладу «Попелюшка» поєднує в собі:

- розумні RFID-зчитувачі – 4 шт.;

- камери відеоспостереження – 4 шт.;
- пропускні пристрої (турнікети) – 4 шт.

Розумні пристрої кластера «Smart Home» підтримують технологію WiFi для доступу до мережного шлюзу.

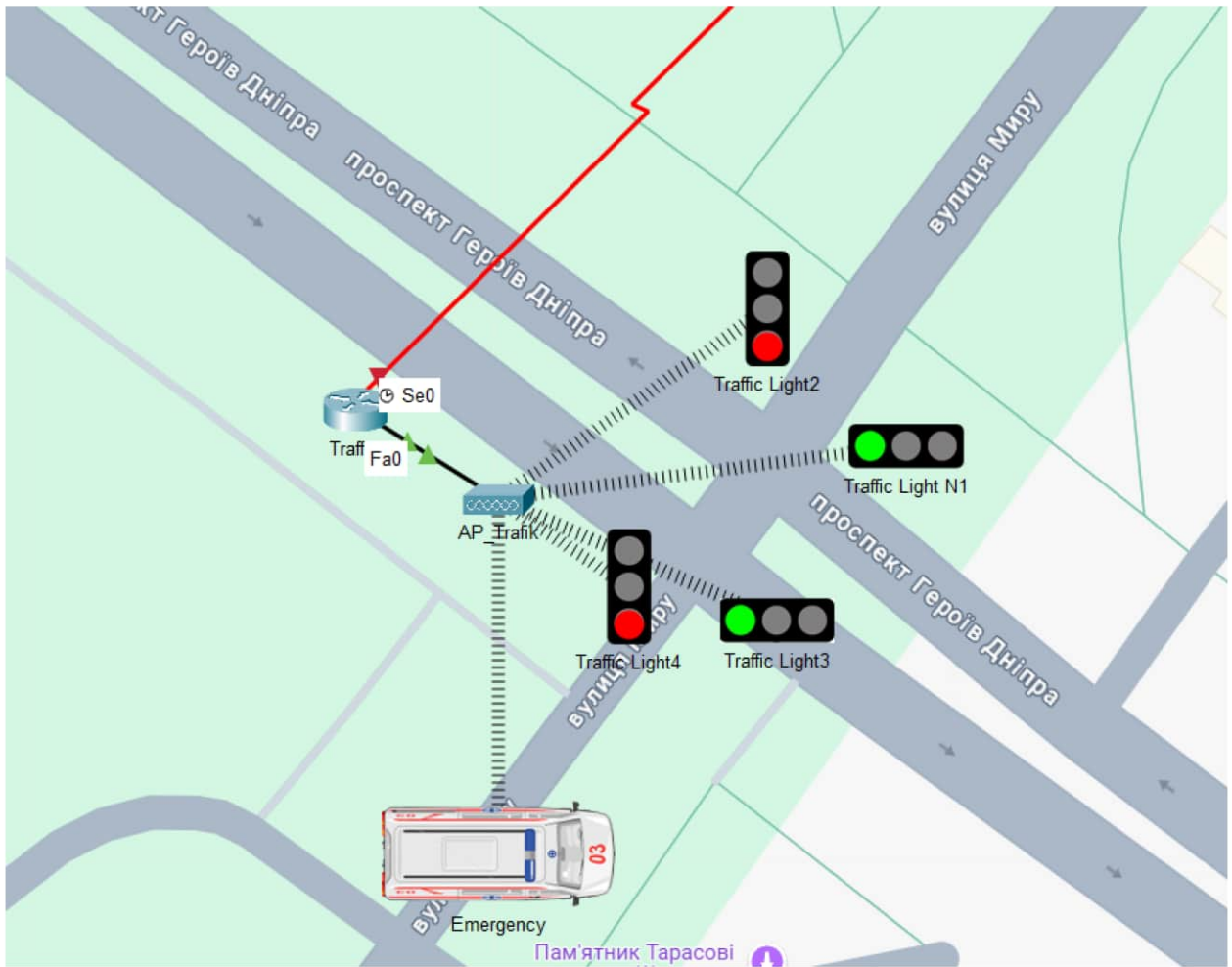


Рисунок 2.6 – Технічні засоби кластера Smart Trafik

Для доступу хостів кластера «Smart Trafik» до провайдера застосований маршрутизатор Cisco 819HGW. Через Serial WAN interface відбувається підключення до обладнання провайдера. Для розширення зони покриття застосована точки доступу GrooveA 52 ac.

Система контролю трафіка для кластера «Smart Trafik» перехрестя вулиць Миру та Героїв базується на світлофорах GPSM SSR-2, що використовують камери з радаром, ультразвукові акустичні датчики місцезнаходження JSN-SR04T – 4 шт.

Розумні пристрої кластера «Smart Trafik» підтримують технологію WiFi для доступу до мережного шлюзу.

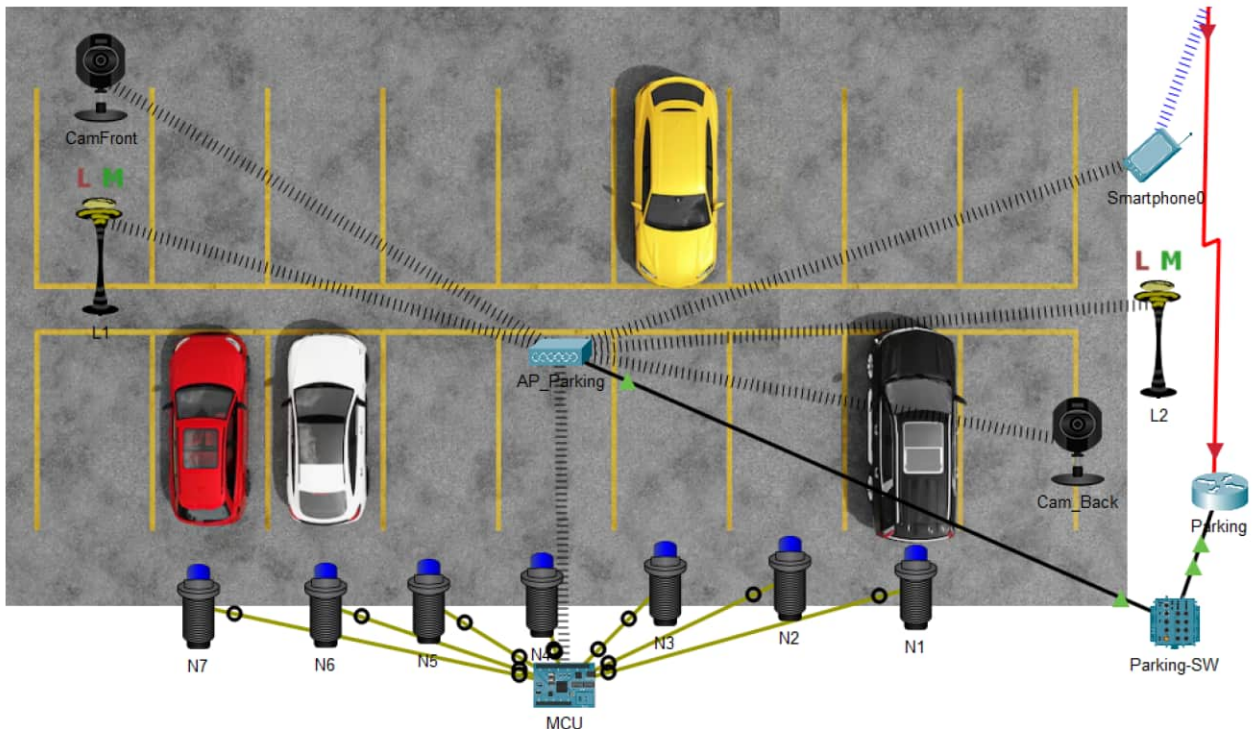


Рисунок 2.7 – Технічні засоби кластера Smart Parking

Для доступу хостів кластера «Smart Parking» до провайдера застосований маршрутизатор Cisco 819HGW. Через Serial WAN interface відбувається підключення до обладнання провайдера. Для розширення зони покриття застосована точки доступу GrooveA 52 ac.

Система контролю наявності вільних місць на парковці для кластера «Smart Parking» поєднує в собі:

- розумні IP відео камери Hikvision DS-2DF8C435MHS – 2 шт.;
- контролер Arduino Nano 33 IoT – 2 шт.;
- датчики наближення – 20 шт.;
- пристрої інтелектуального освітлення – 4 шт.

Розумні пристрої кластера «Smart Parking» підтримують технологію WiFi для доступу до мережного шлюзу.

IP відео камера Hikvision DS-2DF8C435MHS має міцну конструкцію із захистом IP67, 35-кратний оптичний зум і 16-кратний цифровий зум,

інфрачервоне підсвічування до 300 м, технологія DarkFighterX забезпечує роботу при недостатньому освітленні, камера має Ethernet порт RJ45 швидкості 10M/100M і підтримує технологію PoE.

Контролер Arduino Nano 33 IoT має 12 DOI портів підключення компонентів та підтримує бездротове підключення WiFi (виступає в якості шлюза).

Індуктивний датчик LJ12A3-4-Z/BY – це датчик наближення, призначений для виявлення металевих об'єктів на відстані 4 см.

Кластер «City Offices» має ієрархічну архітектуру. Для підтримки департаментів міської адміністрації використовується маршрутизатор Cisco 2911 K9 в якості пограничного. 2911 K9 забезпечує надійну та безпечну мережеву інфраструктуру для підприємств, підтримує функції маршрутизації, комутації та безпеки. Вони можуть підтримувати різноманітні мережеві протоколи та технології, мають можливості модульного розширення.

Для розширення зони покриття застосована точки доступу WiFi Cisco Business 150AX.

В підмережах «Департамент», «Інформаційний відділ», «Відділ транспорту» застосовані комутатори Cisco Catalyst 2960 на 24 порти FastEthernet (6 шт.). Для підмережі «Департамент» на базі Catalyst 2960 забезпечується комутація підрозділів адміністрації Горішніх плавнів та агрегування каналів Catalyst 2960. Для підмереж «Інформаційний відділ» та «Відділ транспорту» на базі Catalyst 2960 забезпечується комутація підрозділів та організація VLAN для відокремлення трафіку цих підрозділів.

Сервер в підмережі «Інформаційний відділ» забезпечує підтримку хмари IoT для локального керування «розумними речами» в мережі міської адміністрації.

Пристрої IoT в мережі міської адміністрації підтримують бездротову технологію WiFi.

До складу пристроїв IoT в мережі міської адміністрації входять:

– температурні сенсори – 2 шт.;

- датчики виявлення руху – 8 шт.;
- розумні вентилятори – 5 шт.;
- розумні кондиціонери – 2шт.;
- пристрої розумного освітлення – 12 шт.

Хмара провайдера надає доступ до мережі в масштабах міста різним особам та організаціям.

### 2.2.3 Вибір і обґрунтування обладнання КС

Виходячи з опису комплексу технічних засобів в підрозділі 2.2.2, створено специфікацію апаратних засобів міської мережі підтримки ІоТ-систем.

Таблиця 2.1 – Специфікація апаратних засобів

№ п/п	Найменування і технічна характеристика	Тип, марка, позначення документа	Кількість, шт
1.	Маршрутизатор Cisco C819HGW DRAM 512 MB Wireless WAN with 3G, 3.5G and 3.7G speeds, 10/100/1000 Gigabit Ethernet port, Cisco Smart Serial Interface (sync/async/bisync), Four 10/100 Fast Ethernet ports, Serial WAN interface [11]	Router  Cisco C819HGW	4
2.	Маршрутизатор Cisco серії 2900 3× integrated Ethernet ports 2× onboard DSP slots, 4× EHWIC slots, 256MB CF default, 512MB DRAM default.	Router  Cisco 2911/K9	2
3.	Комутатор Cisco серії Catalyst 2960. 24 x Fast Ethernet Network, Network Technology: 10/100Base-TX, VLANs 256, DRAM: 16 MB.	Swich  Catalyst 2960	6

## Продовження таблиці 2.1

4.	Точка доступу WiFi MikroTik GrooveA 52 Ступінь захисту: IP66 Ethernet порт 100 Мбіт/с Живлення PoE Швидкість Wi-Fi до 433 Мбіт/с Дальність покриття до 1 км	MikroTik GrooveA 52 ac	3
5.	Шлюз-ІоТ. Wi-Fi: 802.11 B/A/G/N/AC, 4× Ethernet 100 ports, 1× Ethernet 10/100/1000 port	Router DLC-100	1
6.	Точка доступу WiFi Cisco Business 150AX Стандарт Wi-Fi 6 (802.11ax), Швидкість передачі даних: до 1200 Мбіт/с, Підтримка 2.4 ГГц та 5 ГГц, Живлення PoE, Методи захисту: WPA3, WPA2, WPA	Cisco Business 150AX	3
7.	Ультразвуковий акустичний датчик місцезнаходження JSN-SR04T Дальність дії 1-5 м Підключення провідне Живлення 5В	JSN-SR04T	4
8.	ІР відеокамера Dahua DH-IPC-HDW2449T-S-IL-BE Роздільна здатність 4МП, ІЧ+видиме світло (до 30м), Micro SD 256ГБ, 12 VDC/PoE	Dahua DH-IPC	3
9.	Датчик температури та вологості IMOУ ZTM1 Бездротовий стандарт WiFi, Живлення 2 x AAA.	IMOУ ZTM1	3
10.	Датчик руху Tuуа Smart T116-547 Бездротовий стандарт WiFi, Кут детектування 360, Відстань детектування 6 м.	Tuуа Smart	6
11.	Вентилятор стельовий KLARSTEIN Volero Smart Повітрообіг до 212 м³/год, Живлення 220-240В,		4

	Кількість швидкостей 6		
--	------------------------	--	--

Закінчення таблиці 2.1

12.	Smart кондиціонер LG Whisen ThinQ Живлення 220-240В, Потужність 90 кВт	LG Whisen ThinQ	2
13.	Лампа Smart Govee H6004 Тип цоколя E27, Бездротовий стандарт WI-FI/Bluetooth	Govee H6004	10

## 2.3 Налаштування КС

### 2.3.1 Розрахунок схеми адресації мереж MAN

Розумне місто складається з ряду систем. Хмарна платформи на City-IoT-Server дозволяє міським чиновникам та громадянам отримати користь від його впровадження IoT. Пристрої в кластерах Smart Traffic та Smart Parking можна контролювати віддалено з будь-якого комп'ютера в кластері міських офісів. Оскільки всі пристрої групи розумної парковки та розумного трафіка підключаються до міського сервера IoT, на якому розміщений веб-інтерфейс, планшети, смартфони, ноутбуки або настільні комп'ютери можна використовувати для взаємодії зі смарт-пристроями.

Для доступу до хмарних сервісів, які підтримуються сервісами IoT-сервера City\_IoT в кластері провайдера за IP-адресою 195.0.0.2, для спостереження IoT пристроїв різних IoT-систем використовувати різні облікові записи.

Таблиця 2.2 – Схема адресації мереж WAN SmartCity

Пристрій	Інтерфейс	IP-адрес	Пристрій
Router ISP-Main	Gig0/0	200.0.0.1/24	Router HomeGateway в мережі Smart Home
	Serial0/1/0	204.0.0.1/30	WAN to Router Power Main в мережі Smart Grid
	Serial0/1/1	205.0.0.1/30	WAN to Router City-Office

			в мережі Smart Office
	Vlan1	203.0.0.1/24	End Devices мережі ISP-Cloud

## Продовження таблиці 2.2

Router City-Office	Serial0/1/0	210.0.0.1/30	WAN to Router Traffic-RT в мережі Smart Traffic
	Serial0/1/1	210.1.0.1/30	WAN to Router Parking-RT в мережі Smart Parking
	Serial0/2/1	205.0.0.2/30	WAN to Router ISP-Main в мережі ISP-Cloud
Router Home Gateway	Internet	200.0.0.10/24	Cloud в мережі ISP-Cloud
	LAN	192.168.25.1/24	End Devices мережі Smart Home
Router Monitoring	Serial0/2/0	204.0.0.2/30	WAN to Router ISP-Main в мережі ISP-Cloud
Router Parking-RT	Serial0	210.1.0.2/30	W WAN to Router City-Office в мережі Smart Office
Router Traffic-RT	Serial0	210.0.0.2/30	WAN to Router City-Office в мережі Smart Office

Для побудови мережі кластера City Office виділений блок IP-адрес 10.24.224.0/21. Для кожної підмережі кластера закладено кількість кінцевих мережних пристроїв.

Таблиця 2.3 – Розподіл блоку IP-адрес

№	Блок адрес	LAN_1	LAN_2	LAN_3	LAN_4	LAN_5
4	10.24.224.0/21	218	192	84	241	211

LAN\_1 – інформаційний відділ.

LAN\_2 – юридичний відділ.

LAN\_3 – департаменти міста.

LAN\_4 – підмережа Smart Traffik.

LAN\_5 – підмережа Smart Parking.

Максимальне число кінцевих мережних пристроїв з маскою /21 – 2048, що відповідає вимогам в 938 хостів.

Використання методу VLSM при розрахунках дозволяє економити IP-адреси, що можуть бути використані в подальшому масштабуванні.

Таблиця 2.4 – Схема адресації підмереж кластера City Office

Назва мережі	Необхідна кількість вузлів	Виділена кількість вузлів	Адреса підмережі	Префікс	Діапазон допустимих IP-адрес вузлів
LAN_4	241	254	10.24.224.0 255.255.255.0	/24	10.24.224.1 - 10.24.224.254
LAN_1	218	254	10.24.225.0 255.255.255.0	/24	10.24.225.1 - 10.24.225.254
LAN_5	211	254	10.24.226.0 255.255.255.0	/24	10.24.226.1 - 10.24.226.254
LAN_2	192	254	10.24.227.0 255.255.255.0	/24	10.24.227.1 - 10.24.227.254
LAN_3	84	126	10.24.228.0 255.255.255.128	/25	10.24.228.1 - 10.24.228.126

Для каналу WAN між маршрутизаторами C\_Office та Department буде використана мережа на дві адреси 10.10.4.0/30. Адреси каналів до маршрутизаторів в мережах Smart Traffic, Smart Parking та доступ до мережі провайдера зазначені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.5 – Схема адресації маршрутизаторів

Пристрій	Інтерфейс	IP-адрес	Маска мережі	Префікс
C_Office	Gig0/1	10.24.228.1	255.255.255.128	/25
	Serial0/1/1	10.10.0.1	255.255.255.252	/30
	Serial0/1/0 провай	209.165.200.2	255.255.255.240	/28
	Serial0/0/0	210.0.0.1	255.255.255.252	/30
	Serial0/0/1	210.1.0.1	255.255.255.252	/30

	Gig0/2	192.168.25.1	255.255.255.0	/24
	Gig0/0	192.168.26.1	255.255.255.0	/24
Department	S0/0/0	10.10.0.2	255.255.255.252	/30

Продовження таблиці 2.5

	Gig0/1	10.24.227.1	255.255.255.0	/24
Parking-RT	Se0	210.1.0.2	255.255.255.252	/30
	Fa0	10.24.226.1	255.255.255.0	/24
Traffic-RT	Se0	210.0.0.2	255.255.255.252	/30
	Fa0	10.24.224.1	255.255.255.0	/24
Router_ISP	Gig0/0	210.0.0.2	255.255.255.252	/30
	Gig0/1	210.2.0.2	255.255.255.252	/30
	Gig0/2	205.0.0.2	255.255.255.252	/30
	Serial0/0/0	204.0.0.2	255.255.255.252	/30
	Serial0/0/1	202.0.0.2	255.255.255.252	/30

Таблиця 2.6 – Схема адресації SVI комутаторів

Підмережа	Пристрій	IP-адрес	Маска мережі	Адреса шлюзу
LAN_1	Inf_Sw1.1	10.24.224.194	255.255.255.240	10.24.224.193
	Inf_Sw1.2	10.24.224.195	255.255.255.240	10.24.224.193
	Inf_Sw1.3	10.24.224.196	255.255.255.240	10.24.224.193
LAN_3	Department_Swi1	10.24.228.2	255.255.255.128	10.24.228.1
LAN_3	Department_Sw2	10.24.228.3	255.255.255.128	10.24.228.1
LAN_4	Department_Sw3	10.24.228.4	255.255.255.128	10.24.228.1
LAN_2	Ur_Sw	10.24.227.2	255.255.255.0	10.24.227.1

Логічна топологія мережі City Office поділена на п'ять підмереж. Центральний роутер C\_Office має приєднану мережу «Департаменти міста», вихід до мереж по каналах WAN «Traffik», «Parking» та до мереж «Інформаційний відділ» та «Юридичний відділ» через канал WAN з роутером D\_Office.

Мережа "Департаменти міста" використовує агрегацію каналів для оптимізації зв'язку між кінцевими пристроями та мережевими свічами. Цей підхід дозволяє не лише об'єднати кінцеві пристрої в єдину мережу, але й

значно підвищити пропускну здатність між ними та центральними компонентами мережі. Технологія агрегації каналів, зокрема, дозволяє об'єднувати декілька фізичних ліній зв'язку в один логічний канал, збільшуючи сумарну пропускну здатність і забезпечуючи відмовостійкість. Це особливо важливо в умовах зростаючого обсягу даних, що циркулюють в мережі "Департаменти міста", оскільки забезпечує стабільну та ефективну передачу інформації, необхідну для безперебійної роботи міських служб. Застосування агрегації каналів є критичним для підтримки високої продуктивності та надійності мережі в умовах інтенсивного трафіку та вимог до швидкості передачі даних. В даній підмережі реалізоване підключення двох точок WiFi для підключення розумних речей правого та лівого крила в будівлі міської ради.

Впровадження технології VLAN (Virtual Local Area Network) у підмережі "Інформаційний відділ", що обслуговується маршрутизатором D\_Office, передбачає поділ мережі на три віртуальні сегменти для оптимізації мережного трафіку, підвищення рівня безпеки та покращення управління ресурсами.

Поділ на VLAN дозволяє сегментувати мережу логічно, не вимагаючи фізичної реконфігурації. Це дозволяє зменшити навантаження на ширококомвні домени, що особливо важливо для підмережі "Інформаційний Відділ", що генерує значний обсяг даних. Кожен VLAN діє як окрема мережа, що мінімізує ризик поширення мережевих проблем, таких як ширококомвні шторми.

Також VLAN ізолюють трафік між різними групами користувачів або пристроїв, що дозволяє застосовувати різні політики безпеки до кожного сегменту.



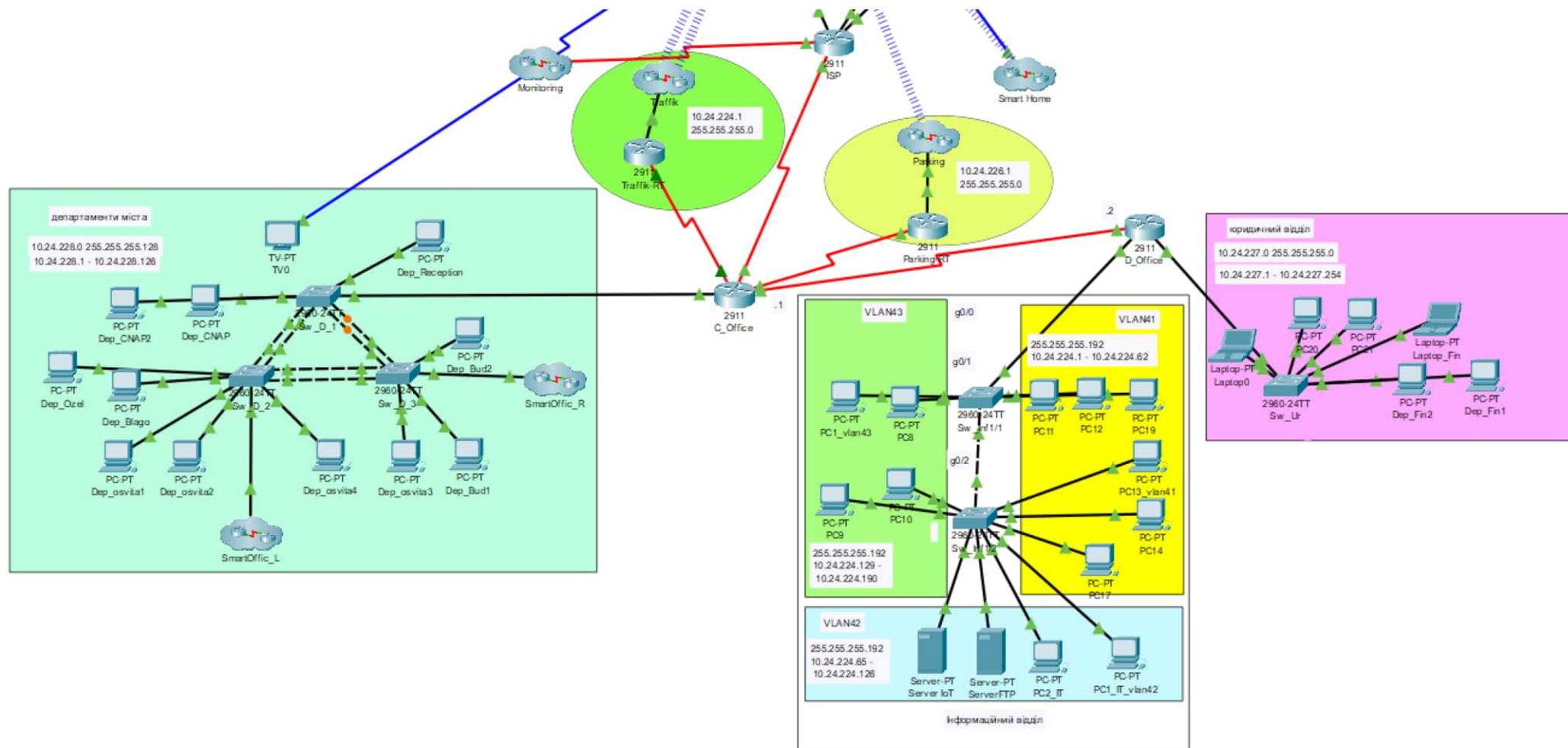


Рисунок 2.8 – Логічна топологія мережі City Office

## 2.3.2 Заходи налаштування функцій мереж

### 2.3.2.1 Налаштування маршрутизаторів

Налаштування маршрутизації на роутерах Cisco, хоча і є фундаментальним процесом, вимагає чіткого дотримання послідовності етапів для забезпечення коректної роботи мережі. Базове налаштування включає в себе визначення інтерфейсів, призначення IP-адрес, безпеки при роботі з ОС та налаштування статичної або динамічної маршрутизації.

Для маршрутизатора C\_Office, який розташований в кластері City Office, налаштовані наступні параметри:

- безпека доступу до рівнів входу в IOS та шифрування призначених паролів;
- баннер MOTD ,безпеки
- для віддаленого доступу створені Username та domain-name, також налаштований протокол віддаленого доступу SSH V2.

```
Router>enable
Router#conf terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#no ip domain-lookup
Router(config)#hostname C_Office
C_Office(config)#service password-encryption
C_Office(config)#enable secret cisco
C_Office(config)#line console 0
C_Office(config-line)#password cisco
C_Office(config-line)#login
C_Office(config-line)#exit
C_Office(config)#line vty 0 15
C_Office(config-line)#password cisco
C_Office(config-line)#login local
C_Office(config-line)#trans inp ssh
C_Office(config-line)#exit
C_Office(config)#banner motd #123-22ck Bondarenko. There is protection#
C_Office(config)#username 12322_Bondarenko password cisco
C_Office(config)#ip domain-name C_Office
C_Office(config)#cryp key g r
The name for the keys will be: C_Office.C_Office
Choose the size of the key modulus in the range of 360 to 4096 for your
  General Purpose Keys. Choosing a key modulus greater than 512 may take
  a few minutes.

How many bits in the modulus [512]: 1024
% Generating 1024 bit RSA keys, keys will be non-exportable...[OK]
```

Рисунок 2.9 – Базове налаштування C\_Office

```

C_Office(config)#int g0/2
C_Office(config-if)#description TO WAN D_Office
C_Office(config-if)#ip add 10.10.0.1 255.255.255.252
C_Office(config-if)#no shutdown

```

Рисунок 2.10 – Інтерфейс g0/2 роутера C\_Office

Інтерфейс Serial S0/0/1 роутера C\_Office використовується для створення каналу WAN, необхідного для з'єднання локальної мережі з глобальною мережею Інтернет, або next hop маршрутизатором. Правильна конфігурація цього інтерфейсу має критичне значення для стабільної та надійної роботи мережі.

Процес налаштування включає в себе визначення протоколу інкапсуляції (HDLC, PPP). Налаштовані параметри синхронізації та швидкості передачі даних, забезпечуючи оптимальну пропускну здатність каналу.

```

C_Office(config)#int s0/0/1
C_Office(config-if)#description to Parking
C_Office(config-if)#ip add 210.1.0.1 255.255.255.252
C_Office(config-if)#no shutdown

%LINK-5-CHANGED: Interface Serial0/0/1, changed state to down
C_Office(config-if)#clock rate 128000
C_Office(config-if)#bandwidth 128

```

Рисунок 2.11 – Інтерфейс S0/0/1 роутера C\_Office

Маршрутизація між кластерами мереж рівня MAN застосовує протокол EIGRP. Так як в мережах міста Горішні плавні впроваджено однорідну інфраструктуру (маршрутизатори виготовлені компанією Cisco), EIGRP є оптимальним варіантом.

Для мереж MAN критично важливо швидко визначення альтернативних маршрутів у випадку збою основних, так як перерви в зв'язку можуть призвести до значних негативних наслідків. Так як EIGRP використовує алгоритм DUAL (Diffusing Update Algorithm), він забезпечує швидку

конвергенцію. DUAL використовує feasibility condition (FC) для запобігання утворенню петель маршрутизації.

EIGRP використовує обмежені оновлення лише при змінах у топології мережі, що мінімізує навантаження на мережу MAN. Крім того, EIGRP підтримує технологію Reliable Transport Protocol (RTP) для надійної доставки оновлень маршрутизації.

```
C_Office(config)#router eigrp 4
C_Office(config-router)#redistribute static
C_Office(config-router)#network 10.10.0.0 0.0.0.3
C_Office(config-router)#network 210.0.0.0 0.0.0.3
C_Office(config-router)#network 210.1.0.0 0.0.0.3
C_Office(config-router)#network 209.165.200.0 0.0.0.15
C_Office(config-router)#network 10.24.228.0 0.0.0.127
C_Office(config-router)#pas g0/1
C_Office(config-router)#exit
C_Office(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 209.165.202.1
```

Рисунок 2.12 – Динамічна маршрутизація EIGRP на роутері C\_Office

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

Gateway of last resort is not set

```

10.0.0.0/8 is variably subnetted, 9 subnets, 6 masks
C    10.10.0.0/30 is directly connected, Serial0/1/1
L    10.10.0.1/32 is directly connected, Serial0/1/1
D    10.24.224.0/24 [90/20514560] via 210.0.0.2, 01:22:39, Serial0/0/0
D    10.24.224.0/26 [90/20514560] via 10.10.0.2, 01:22:36, Serial0/1/1
D    10.24.224.64/26 [90/20514560] via 10.10.0.2, 01:22:36, Serial0/1/1
D    10.24.224.192/28 [90/20514560] via 10.10.0.2, 01:22:36, Serial0/1/1
D    10.24.227.0/24 [90/20512256] via 10.10.0.2, 01:22:36, Serial0/1/1
C    10.24.228.0/25 is directly connected, GigabitEthernet0/1
L    10.24.228.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1
195.0.0.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C    195.0.0.0/24 is directly connected, Vlan1
L    195.0.0.1/32 is directly connected, Vlan1
209.165.200.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C    209.165.200.0/28 is directly connected, Serial0/1/0
L    209.165.200.2/32 is directly connected, Serial0/1/0
210.0.0.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C    210.0.0.0/30 is directly connected, Serial0/0/0
L    210.0.0.1/32 is directly connected, Serial0/0/0
210.1.0.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C    210.1.0.0/30 is directly connected, Serial0/0/1
L    210.1.0.1/32 is directly connected, Serial0/0/1

```

Рисунок 2.13 – Отримана таблиця маршрутизації на роутері C\_Office

На маршрутизаторі D\_Office застосована технологія VLAN на інтерфейсі G0/0, яка виконує поділ мережі на три віртуальні сегменти для зменшення навантаження на ширококомвні домени та відокремлення трафіку між сегментами.

IP-адреса підмережі LAN\_1 поділена за VLSM на три сегменти VLAN41, VLAN42, VLAN43 з кількістю адрес на 50 абонентів. Підмережа VLAN99 на 10 адрес застосовується для курування трафіком.

Таблиця 2.4 – Схема адресації підмереж VLAN

Назва мережі	Необхідна кількість вузлів	Виділена кількість вузлів	Адреса підмережі	Префікс	Діапазон допустимих IP-адрес вузлів
VLAN41	50	62	10.24.224.0 255.255.255.192	/26	10.24.224.1 - 10.24.224.62

VLAN42	50	62	10.24.224.64 255.255.255.192	/26	10.24.224.65 - 10.24.224.126
VLAN43	50	62	10.24.224.128 255.255.255.192	/26	10.24.224.129 - 10.24.224.190
VLAN99	10	14	10.24.224.192 255.255.255.240	/28	10.24.224.193 - 10.24.224.206

```

D_Office#conf t
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
D_Office(config)#router eigrp 4
D_Office(config-router)#redistribute static
D_Office(config-router)#network 10.10.0.0 0.0.0.3
D_Office(config-router)#network 10.24.227.0 0.0.0.255
D_Office(config-router)#network 10.24.224.0 0.0.0.63
D_Office(config-router)#network 10.24.224.64 0.0.0.63
D_Office(config-router)#network 110.24.224.128 0.0.0.63
D_Office(config-router)#network 10.24.224.192 0.0.0.15
D_Office(config-router)#pas g0/0.41
D_Office(config-router)#pas g0/0.42
D_Office(config-router)#pas g0/0.43
D_Office(config-router)#pas g0/0.99
D_Office(config-router)#exit
%DUAL-5-NBRCHANGE: IP-EIGRP 4: Neighbor 10.10.0.1 (Serial0/0/0) is up: new adjacency

D_Office(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 209.165.202.1

```

Рисунок 2.14 – Динамічна маршрутизація EIGRP на роутері D\_Office

```

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

Gateway of last resort is not set

    10.0.0.0/8 is variably subnetted, 14 subnets, 6 masks
C       10.10.0.0/30 is directly connected, Serial0/0/0
L       10.10.0.2/32 is directly connected, Serial0/0/0
D       10.24.224.0/24 [90/21026560] via 10.10.0.1, 01:31:52, Serial0/0/0
C       10.24.224.0/26 is directly connected, GigabitEthernet0/0.41
L       10.24.224.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0.41
C       10.24.224.64/26 is directly connected, GigabitEthernet0/0.42
L       10.24.224.65/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0.42
C       10.24.224.128/26 is directly connected, GigabitEthernet0/0.43
L       10.24.224.129/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0.43
C       10.24.224.192/28 is directly connected, GigabitEthernet0/0.99
L       10.24.224.193/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0.99
C       10.24.227.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/1
L       10.24.227.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1
D       10.24.228.0/25 [90/20512256] via 10.10.0.1, 01:31:52, Serial0/0/0
209.165.200.0/28 is subnetted, 1 subnets
D       209.165.200.0/28 [90/21024000] via 10.10.0.1, 01:31:52, Serial0/0/0
210.0.0.0/30 is subnetted, 1 subnets
D       210.0.0.0/30 [90/21024000] via 10.10.0.1, 01:31:52, Serial0/0/0
210.1.0.0/30 is subnetted, 1 subnets
D       210.1.0.0/30 [90/21024000] via 10.10.0.1, 01:31:52, Serial0/0/0

```

Рисунок 2.15 – Динамічна маршрутизація EIGRP на роутері D\_Office

Налаштування VLAN (Virtual Local Area Network) на комутаторах Sw\_Infl/1 та Sw\_Infl/2 в департаменті «Інформаційний» виконує сегментацію мережі та відокремлення трафіку. Процес включає декілька етапів.

1. Визначення та створення VLAN. Необхідну кількість VLAN необхідно поіменувати (VLAN ID) та визначити відповідність портам кожного комутатора.

2. Призначення портів VLAN. Призначаються порти кожного комутатора до відповідних VLAN. Існує два основних режими для портів: access та trunk. Порт в режимі access належить лише одній VLAN, а порт в режимі trunk передає трафік декількох VLAN, використовуючи тегування IEEE 802.1Q.

```

Sw_Infl/1(config)#int r f0/12-14
Sw_Infl/1(config-if-range)#sw m a
Sw_Infl/1(config-if-range)#no shut
Sw_Infl/1(config-if-range)#sw a v 41
Sw_Infl/1(config-if-range)#int r f0/15-19
Sw_Infl/1(config-if-range)#sw m a
Sw_Infl/1(config-if-range)#no shut
Sw_Infl/1(config-if-range)#sw a v 42
Sw_Infl/1(config-if-range)#int r f0/5-10
Sw_Infl/1(config-if-range)#sw m a
Sw_Infl/1(config-if-range)#no shut
Sw_Infl/1(config-if-range)#sw a v 43
Sw_Infl/1(config-if-range)#exit

```

Рисунок 2.16 – Призначення портів VLAN

3. Налаштування Trunk портів. Для зв'язку між комутаторами необхідно налаштувати trunk порти. На обох комутаторах слід визначити один або декілька портів як trunk та налаштувати їх для передачі всіх необхідних VLAN. Важливо переконатися, що список дозволених VLAN на trunk порту збігається на обох комутаторах.

```

Sw_Infl/2(config)#int g0/2
Sw_Infl/2(config-if)#no shut
Sw_Infl/2(config-if)#sw m t
Sw_Infl/2(config-if)#sw t n v 100
Sw_Infl/2(config-if)#switchport trunk allowed vlan 41,42,43,99-100
Sw_Infl/2(config-if)#no shutdown
Sw_Infl/2(config-if)#exit

```

Рисунок 2.17 – Налаштування Trunk порту на Sw\_Infl/1

```

Sw_Infl/2(config)#int vlan 99
Sw_Infl/2(config-if)#description LAN Vnutr_99
Sw_Infl/2(config-if)#ip add 10.24.224.195 255.255.255.240
Sw_Infl/2(config-if)#no shut
Sw_Infl/2(config-if)#ip default-gateway 10.24.224.193
Sw_Infl/2(config)#exit
%LINK-5-CHANGED: Interface Vlan99, changed state to up

%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Vlan99, changed state to up

```

Рисунок 2.18 – Налаштування Trunk порту для vlan99

4. Перевірка конфігурації командою show vlan та show interface trunk.

```
Sw_Infl1/1#sh vlan
VLAN Name                Status    Ports
-----
1    default                active   Fa0/1, Fa0/2, Fa0/3, Fa0/4
                                   Fa0/11, Fa0/20, Fa0/21, Fa0/22
                                   Fa0/23, Fa0/24
12   VLAN0012              active
41   Department_Traffic    active   Fa0/12, Fa0/13, Fa0/14
42   Department_IT         active   Fa0/15, Fa0/16, Fa0/17, Fa0/18
                                   Fa0/19
43   Department_Parking    active   Fa0/5, Fa0/6, Fa0/7, Fa0/8
                                   Fa0/9, Fa0/10
99   Management            active
100  Native                active
1002 fddi-default          active
1003 token-ring-default  active
1004 fddinet-default     active
1005 trnet-default       active
```

Рисунок 2.19 – Перевірка створених на Sw\_Infl1/1 VLANs

```
Sw_Infl1/1#sh interfaces trunk
Port      Mode      Encapsulation  Status      Native vlan
Gig0/1    on        802.1q         trunking    100
Gig0/2    on        802.1q         trunking    100

Port      Vlans allowed on trunk
Gig0/1    41-43,99-100
Gig0/2    41-43,99-100

Port      Vlans allowed and active in management domain
Gig0/1    41,42,43,99,100
Gig0/2    41,42,43,99,100

Port      Vlans in spanning tree forwarding state and not pruned
Gig0/1    41,42,43,99,100
Gig0/2    41,42,43,99,100
```

Рисунок 2.20 – Trunk між комутаторами Sw\_Infl1/1 та Sw\_Infl1/2











	Successful	PC1_IT_vlan42	Dep_Fin1	ICMP		0.000	N
	Successful	PC1_IT_vlan42	PC1_vlan43	ICMP		0.000	N
	Successful	PC13_vlan41	Dep_Fin2	ICMP		0.000	N
	Successful	Server IoT	Dep_Fin1	ICMP		0.000	N
	Successful	PC13_vlan41	PC1_IT_vlan42	ICMP		0.000	N

Рисунок 2.21 – Ping між хостами комутаторів Sw\_Infl1/1 та Sw\_Infl1/2

В підмережі VLAN42 через інтерфейс F0/19, необхідно ретельно налаштувати безпекові механізми для мінімізації ризиків. Використаний порт-секюриті на самому інтерфейсі F0/19, щоб обмежити кількість MAC-адрес, дозволених на цьому порту. Це запобігає підміні MAC-адрес та несанкціонованому підключенню пристроїв до мережі.

```
Sw_Infl/2(config)#int f0/19
Sw_Infl/2(config-if)#no shut
Sw_Infl/2(config-if)#switchport mode access
Sw_Infl/2(config-if)#switchport port-security
Sw_Infl/2(config-if)#switchport port-security maximum 2
Sw_Infl/2(config-if)#switchport port-security mac-address sticky
Sw_Infl/2(config-if)#switchport port-security violation restrict
Sw_Infl/2(config-if)#exit
```

Рисунок 2.22 – Security на інтерфейсі F0/19

### 2.3.2.2 Налаштування комутаторів підмережі департаментів міста

Впровадження агрегації каналів (Link Aggregation, LAG) між трьома комутаторами, що обслуговують підмережу департаментів міста, підвищує пропускну здатність та оптимізацію трафіку. Ця конфігурація передбачає об'єднання декількох фізичних ліній зв'язку в один логічний канал, що дозволяє досягти значно більшої пропускну здатності порівняно з однією лінією.

Впровадження агрегації каналів (channel aggregation) на комутаторах підмережі департаментів міста дозволяє підвищити пропускну здатність мережі, забезпечити надмірність та покращити загальну продуктивність. Для досягнення цієї мети доцільно використовувати протокол Port Aggregation Protocol (PAGP), розроблений компанією Cisco, на трьох комутаторах, що обслуговують різні департаменти.

Порти для агрегації. Комутатори Sw\_D\_1 та Sw\_D\_2 використовують Fa1- Fa2 конфігуровані як логічний інтерфейс port-channel в режимі auto. Sw\_D\_1 та Sw\_D\_3 використовують Fa1-Fa2 та Fa3-Fa4 конфігуровані як логічний інтерфейс port-channel в режимі desirable.

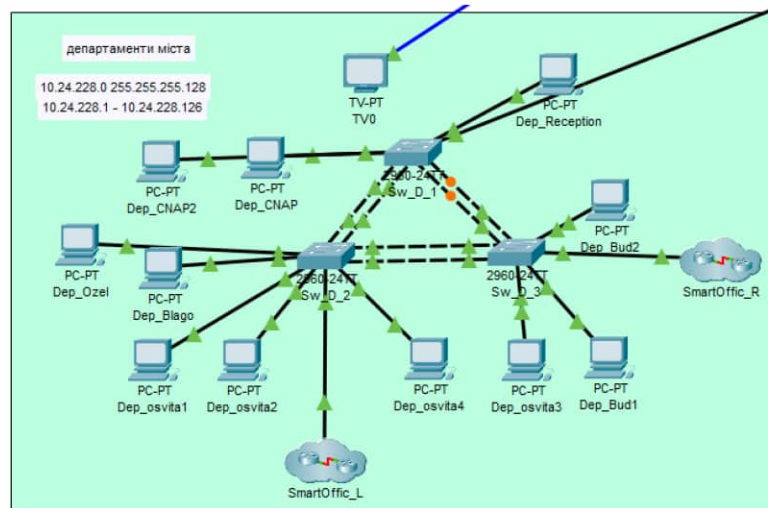


Рисунок 2.23 – Port Aggregation Protocol

Перевірити статус агрегованого каналу, переконатися, що всі порти активні та коректно функціонують можна за допомогою команди `show etherchannel summary` та `show etherchannel port-channel`.

```
Sw_D_1#show etherchannel summary
Flags:  D - down          P - in port-channel
        I - stand-alone  s - suspended
        H - Hot-standby (LACP only)
        R - Layer3       S - Layer2
        U - in use       f - failed to allocate aggregator
        u - unsuitable for bundling
        w - waiting to be aggregated
        d - default port

Number of channel-groups in use: 2
Number of aggregators:           2

Group  Port-channel  Protocol    Ports
-----+-----+-----+-----
1      Po1(SU)        PAgP       Fa0/1(P) Fa0/2(P)
3      Po3(SD)        PAgP       Fa0/3(I) Fa0/4(I)
Sw_D_1#
```

Рисунок 2.24 – Перевірка налаштування Port Aggregation Protocol

В підмережах кластеру City Office налаштовано протокол DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol). Це рішення зумовлене необхідністю автоматизації процесу конфігурації мережних параметрів для кінцевих мережних пристроїв (host), об'єднаних в LAN.

Впровадження DHCP в підмережі «Інформаційний відділ» дозволяє централізовано управляти IP-адресами, масками підмереж, шлюзами за замовчуванням та DNS-серверами, уникаючи ручної конфігурації кожного окремого пристрою. Впровадження DHCP дозволяє підвищити гнучкість мережі, дозволяючи швидко змінювати параметри конфігурації та адаптувати їх до потреб організації.

```
D_Office#sh ip dhcp binding
IP address      Client-ID/
                Hardware address
Lease expiration
Type
D_Office#sh ip dhcp binding
IP address      Client-ID/
                Hardware address
Lease expiration
Type
10.24.224.11    0001.64C1.E517    --    Automatic
10.24.224.12    0090.0CAB.4620    --    Automatic
10.24.224.13    0060.2FBB.EE2E    --    Automatic
10.24.224.14    0001.6301.BBE4    --    Automatic
10.24.224.15    0090.2BB4.7D97    --    Automatic
10.24.224.77    0001.9615.747C    --    Automatic
10.24.224.78    000B.BE26.8824    --    Automatic
10.24.224.79    000C.855D.AE8E    --    Automatic
10.24.224.76    0090.2B40.35A4    --    Automatic
10.24.224.141   0001.9617.5857    --    Automatic
10.24.224.140   00E0.B0E3.266A    --    Automatic
10.24.224.142   00D0.5822.05C5    --    Automatic
10.24.227.11    0009.7C93.6252    --    Automatic
10.24.227.12    00E0.8F25.88DD    --    Automatic
10.24.227.13    000A.F35B.3C93    --    Automatic
10.24.227.14    0002.1657.3379    --    Automatic
D_Office#
```

Рисунок 2.25 – Перевірка впровадження DHCP

### 2.3.2.3 Налаштування доступу в мережу провайдера

Для великої кількості хостів кластера Sity Office, в межах якого використовується блок приватних адрес, є необхідним впровадження технології NAT для доступу в віддалені мережі.

```
C_Office(config)#access-list 34 permit 10.24.224.0 0.0.7.255
C_Office(config)#ip nat pool InternetPlavni 209.165.200.5 209.165.200.14 netmask
255.255.255.240
C_Office(config)#ip nat inside source list 34 pool InternetPlavni
C_Office(config)#interface S0/1/0
C_Office(config-if)#ip nat outside
C_Office(config-if)#interface S0/1/1
C_Office(config-if)#ip nat inside
C_Office(config-if)#interface G0/1
C_Office(config-if)#ip nat inside
C_Office(config-if)#interface S0/0/1
C_Office(config-if)#ip nat inside
```

Рисунок 2.26 – Налаштування на C\_Office NAT

```

C_Office#show ip nat translations
Pro Inside global      Inside local      Outside local      Outside global
--- 209.165.202.3       10.24.227.10     ---                ---

C_Office#show ip nat translations
Pro Inside global      Inside local      Outside local      Outside global
icmp 209.165.202.3:2   10.24.227.10:2   203.0.0.10:2      203.0.0.10:2
icmp 209.165.202.3:4   10.24.227.10:4   203.0.0.10:4      203.0.0.10:4
icmp 209.165.202.6:2   10.24.224.10:2   203.0.0.10:2      203.0.0.10:2
icmp 209.165.202.6:8   10.24.224.10:8   203.0.0.10:8      203.0.0.10:8
icmp 209.165.202.6:9   10.24.224.10:9   203.0.0.10:9      203.0.0.10:9
icmp 209.165.202.7:3   10.24.226.10:3   203.0.0.10:3      203.0.0.10:3
icmp 209.165.202.7:4   10.24.226.10:4   203.0.0.10:4      203.0.0.10:4
--- 209.165.202.3       10.24.227.10     ---                ---

C_Office#

```

Рисунок 2.27 – Перевірка NAT при отриманні доступу до Main\_Server\_IoT

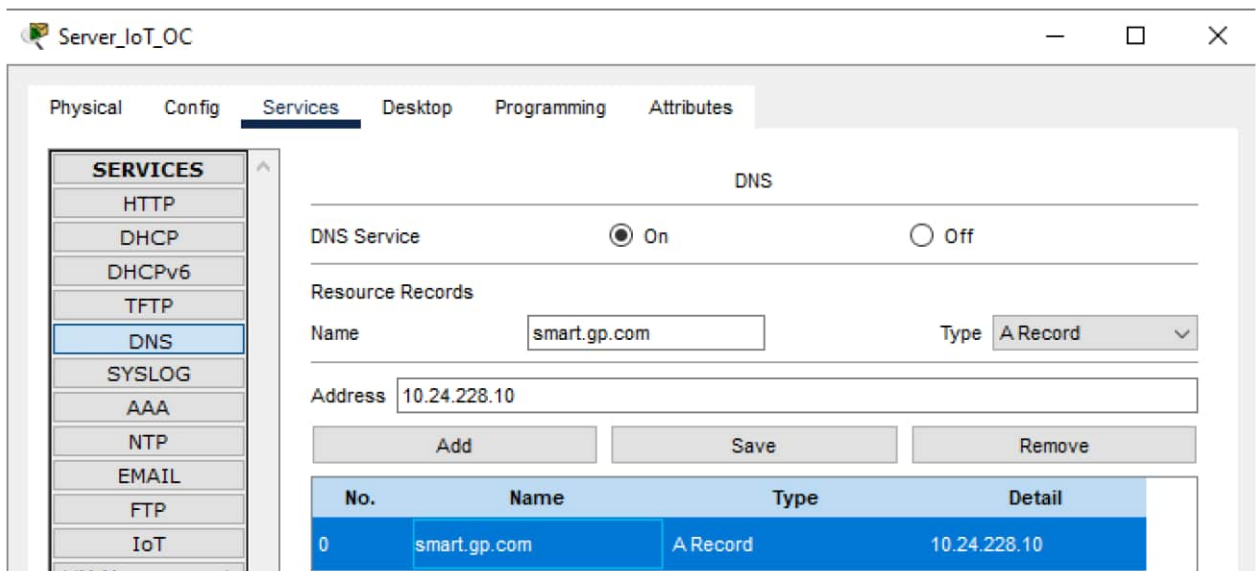


Рисунок 2.28 – Налаштування DNS

### 3 НАЛАШТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ІОТ

Розумні пристрої кластера City Office використовують бездротову технологію WiFi для доступу до хмарної платформи, що дозволяє обмінюватися даними в реальному часі, через мережу кластеру City Office. Пристрої поділені на дві групи за ознакою фізичного розташування. Доступ до мережі забезпечується двома пристроями Accesses Point Cisco Business 150AX.

До AP SmartOffic\_R приєднані розумні пристрої: температурний сенсор (1шт.); датчик виявлення руху (5 шт.); розумний вентилятор (3шт.); розумний кондиціонер (1 шт.); пристрій розумного освітлення (7 шт.); кавомашина (1 шт.).

Для ідентифікації підключення розумних пристроїв в мережу на AP SmartOffic\_R налаштовані параметри:

- SSID: SmartOfficeR;
- аутентифікація: WPA2-PSK Smart12322ck;
- алгоритм шифрування: AES.

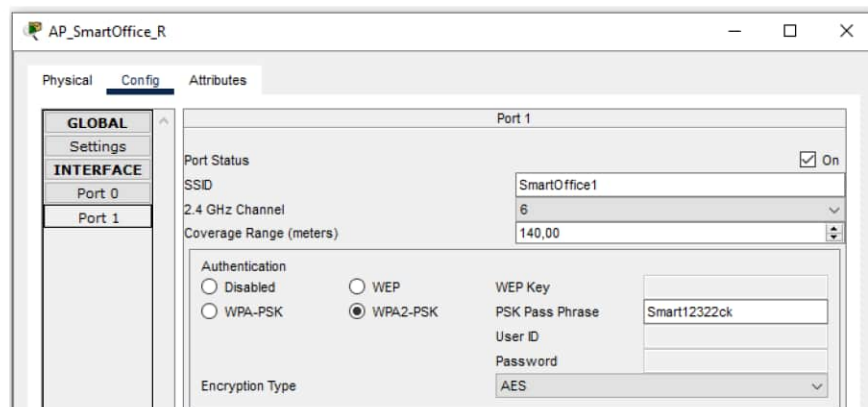


Рисунок 3.1 – AP SmartOffic\_R

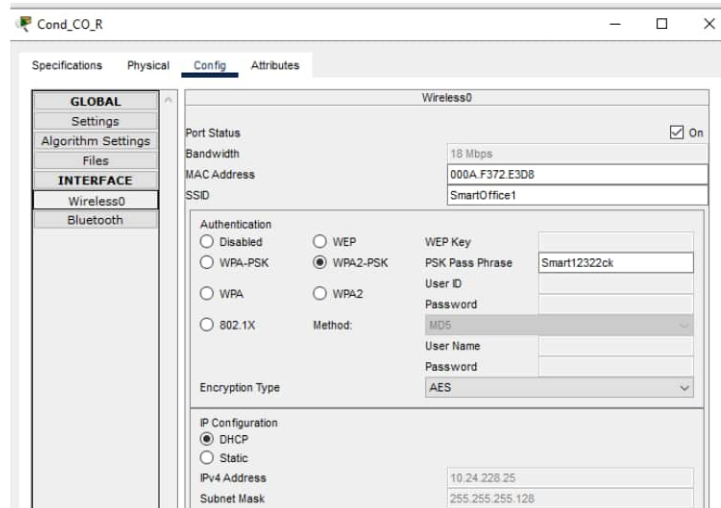


Рисунок 3.2 – Налаштування розумного кондиціонера правого крила будівлі

Сервер в підмережі «Інформаційний відділ» забезпечує підтримку хмари IoT для локального керування «розумними речами» в мережі міської адміністрації.

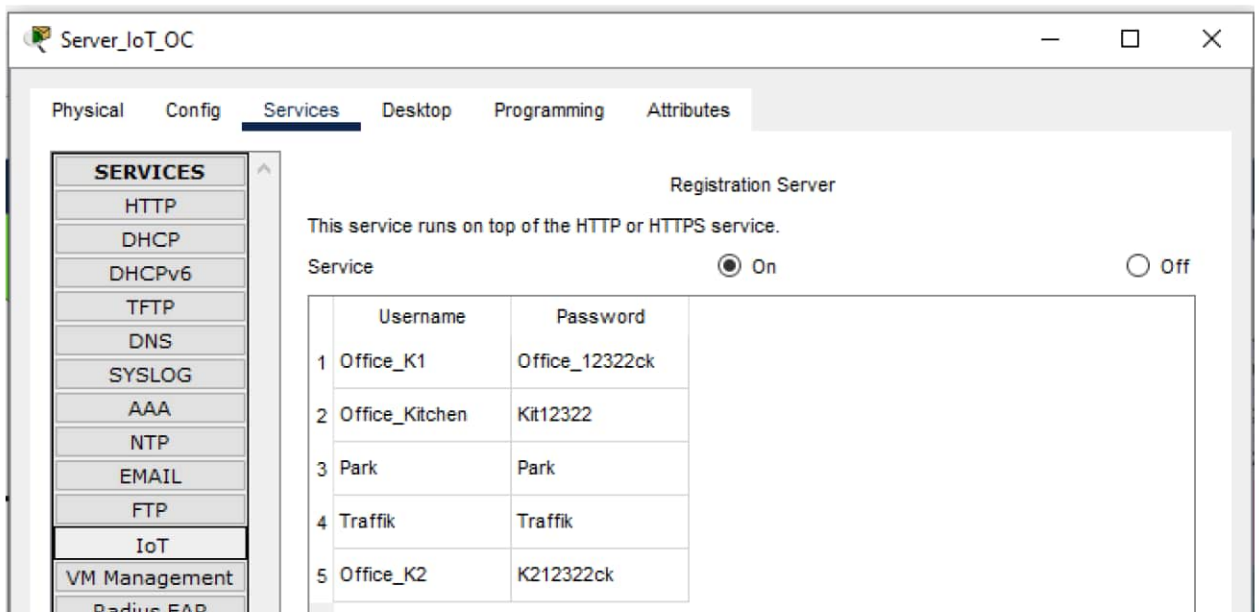
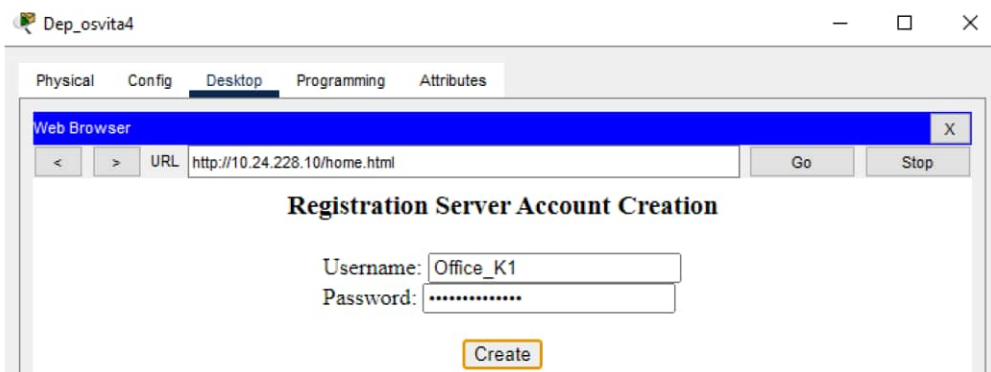


Рисунок 3.3 – Доступ до серверу IoT в кластері City Office

Для доступу з моніторингу та керування розумними пристроями на сервері створені облікові записи для відповідних груп IoT-пристроїв. Так, група IoT-пристроїв, що фізично розташовані в кімнаті відпочинку (пристрій розумного освітлення (1 шт.); кавомашина (1 шт.) та датчик руху (1 шт.)) зареєстровані під обліковим записом Office\_Kitchen.

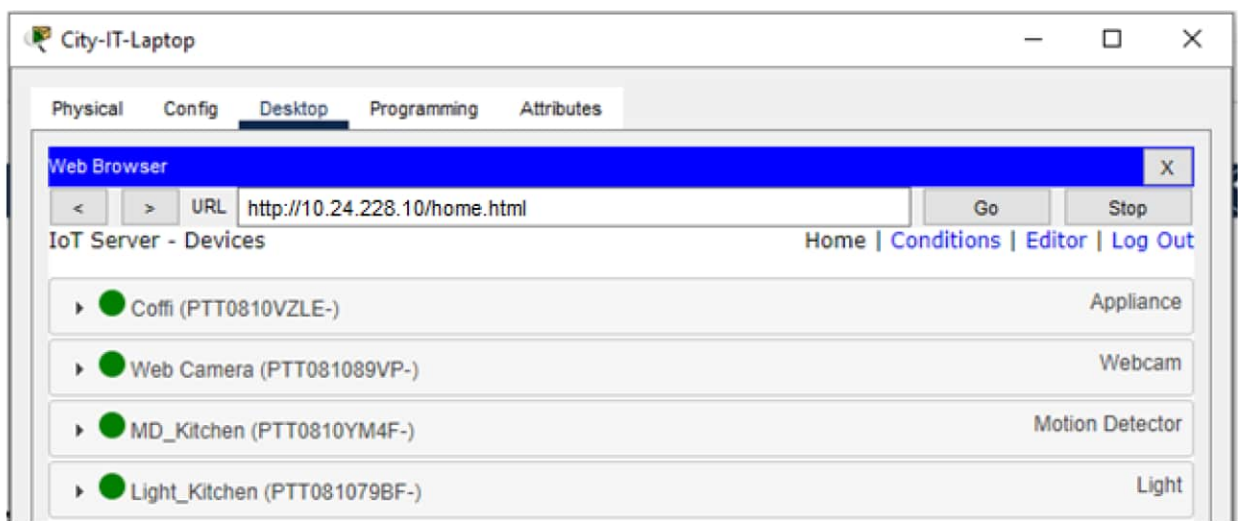


Рисунок 3.4 – Моніторинг розумних речей під обліковим записом Office\_Kitchen

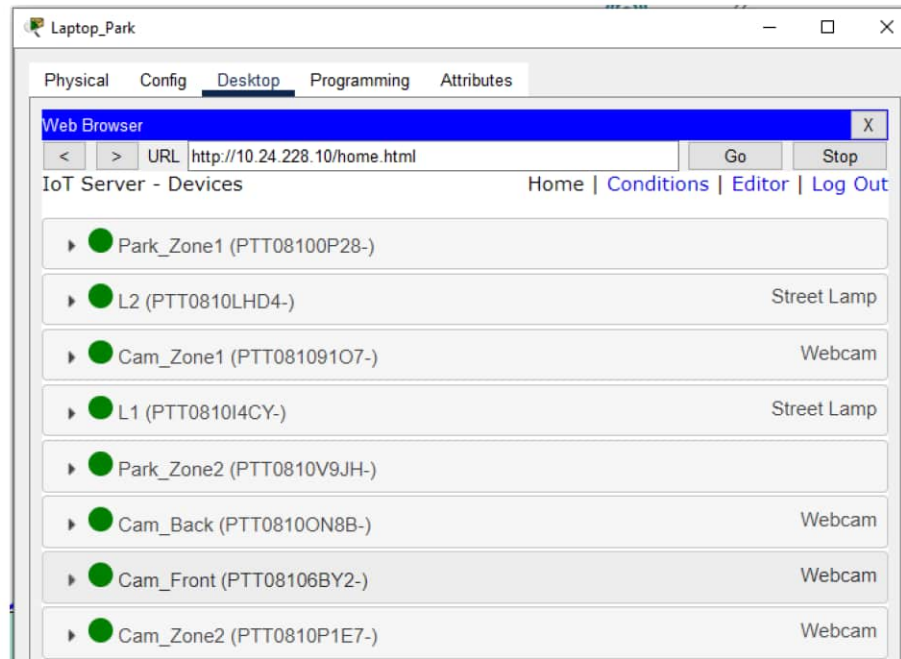


Рисунок 3.5 – Моніторинг розумних речей під обліковим записом Park

Для офісного приміщення будівлі міської адміністрації розроблена IoT-система.

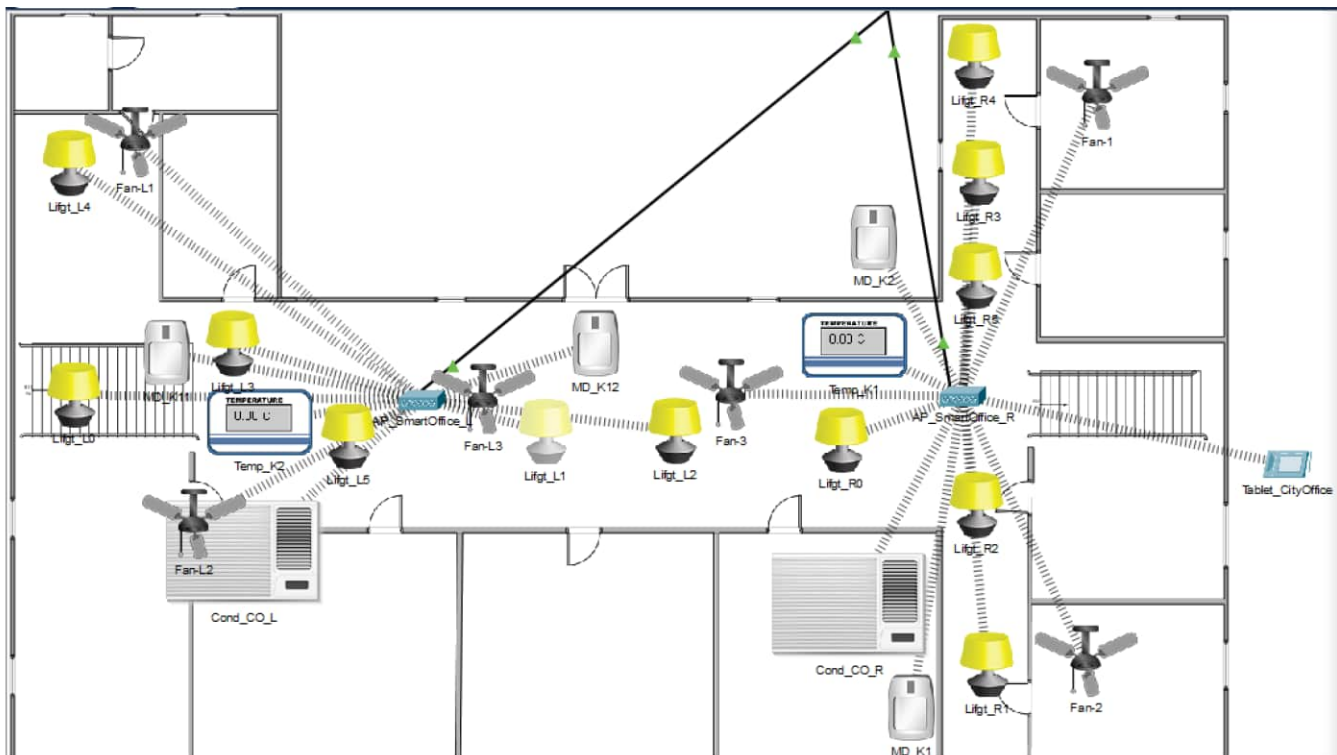


Рисунок 3.6 – Розташування розумних речей адміністративної будівлі

Функціями IoT-система SmartOffice є:

- контроль температури в двох точках приміщення;
- керування шістьма вентиляторами (по три на кожне крило будівлі);
- керування кондиціонерами (по одному в кожному крилі будівлі);
- контроль руху в чотирьох точках будівлі;
- керування освітленням відповідно до наявності рухів в контрольованих точках.

Хмарна платформи на City-IoTServer дозволяє виконувати керування IoT пристроями за допомогою сценаріїв (правил). Завдяки цьому підходу, платформа забезпечує гнучку та автоматизовану взаємодію між пристроями, дозволяючи реалізовувати складні логіки та реагувати на зміни у навколишньому середовищі в реальному часі. Наприклад, сценарій може автоматично керувати освітленням коридорів на основі даних з датчиків руху. Застосування сценаріїв на хмарній платформі дозволяє зниження людського фактору, підвищення ефективності використання ресурсів, а також оперативне реагування на критичні ситуації.

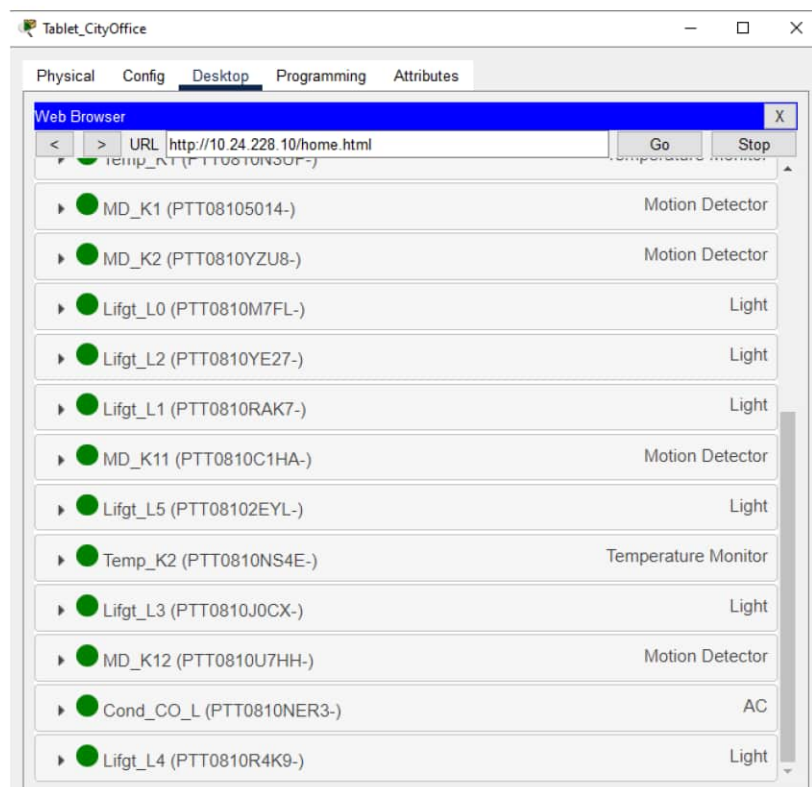


Рисунок 3.7 – Відображення станів розумних речей кластера CityOffice на сервері City-IoTServer

Actions	Enabled	Name	Condition	Actions
Edit Remove	Yes	Cond_Right_ON	Temp_K1 Temperature > 28.0 °C	Set Cond_CO_R On to true
Edit Remove	Yes	Cond_Right_OFF	Temp_K1 Temperature <= 27.0 °C	Set Cond_CO_R On to false
Edit Remove	Yes	Vent_Left_ON	Temp_K2 Temperature is between 24.0 °C and 28.0 °C	Set Fan-L2 Status to High Set Fan-L1 Status to High Set Fan-L3 Status to High
Edit Remove	Yes	Vent_Left_OFF	Temp_K2 Temperature <= 24.0 °C	Set Fan-L1 Status to Off Set Fan-L2 Status to Off Set Fan-L3 Status to Off
Edit Remove	Yes	Vent_Right_ON	Temp_K1 Temperature is between 24.0 °C and 28.0 °C	Set Fan-1 Status to High Set Fan-2 Status to High Set Fan-3 Status to High
Edit Remove	Yes	Vent_Right_OFF	Temp_K1 Temperature <= 24.0 °C	Set Fan-1 Status to Off Set Fan-2 Status to Off Set Fan-3 Status to Off
Edit Remove	Yes	Cond_Left_ON	Temp_K2 Temperature >= 28.0 °C	Set Cond_CO_L On to true
Edit Remove	Yes	Cond_Left_OFF	Temp_K2 Temperature <= 27.0 °C	Set Cond_CO_L On to false

Рисунок 3.8 – Правила на сервері City-IoT Server

Для отримання доступу до хмари City-Office необхідно:

- зайти до діалогового вікна хоста в мережі City-Office;
- перейти до вкладки Desktop і запустити додаток Web Browser;
- у адресному рядку зазначити IP-адресу сервера City-IoTServer;
- використовувати обліковий запис Park / Park як ім'я користувача та пароль для входу в City-IoT Server для спостереження IoT пристроїв розумної парковки;
  - використовувати Traffik / Traffik як ім'я користувача та пароль для входу в City IoT Server для спостереження IoT пристроїв розумного трафіка;
  - використовувати OfficeK1/ Office\_12322ск як ім'я користувача та пароль для входу в City IoT Server для спостереження IoT пристроїв міського офісу правого крила будівлі;

– використовувати OfficeK2 / K212322ск як ім'я користувача та пароль для входу в City IoT Server для спостереження IoT пристроїв міського офісу лівого крила будівлі.

Розумні речі кластеру Smart Monitoring та SmartHome підключені до хмари, що підтримується сервером Main\_Server\_IoT в кластері провайдера.

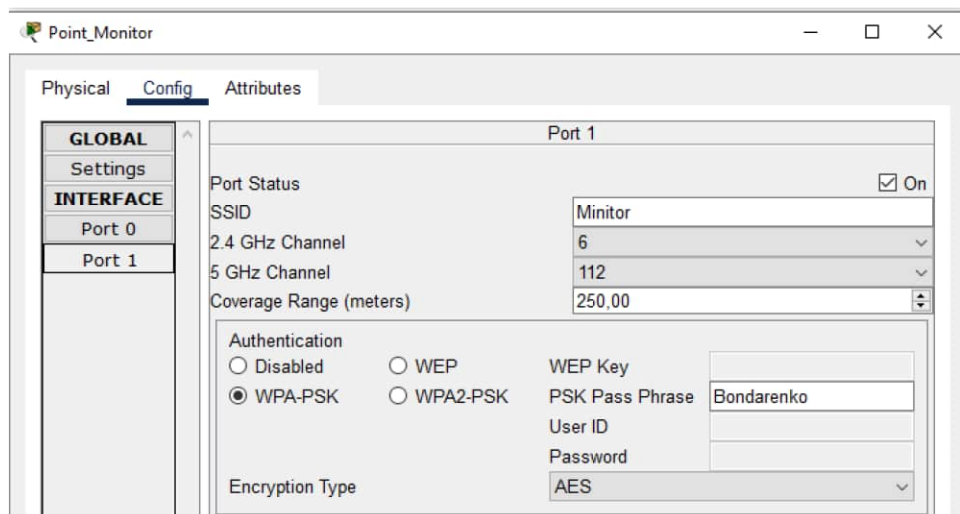


Рисунок 3.9 – Під'єднання до AP кластеру Smart Monitoring

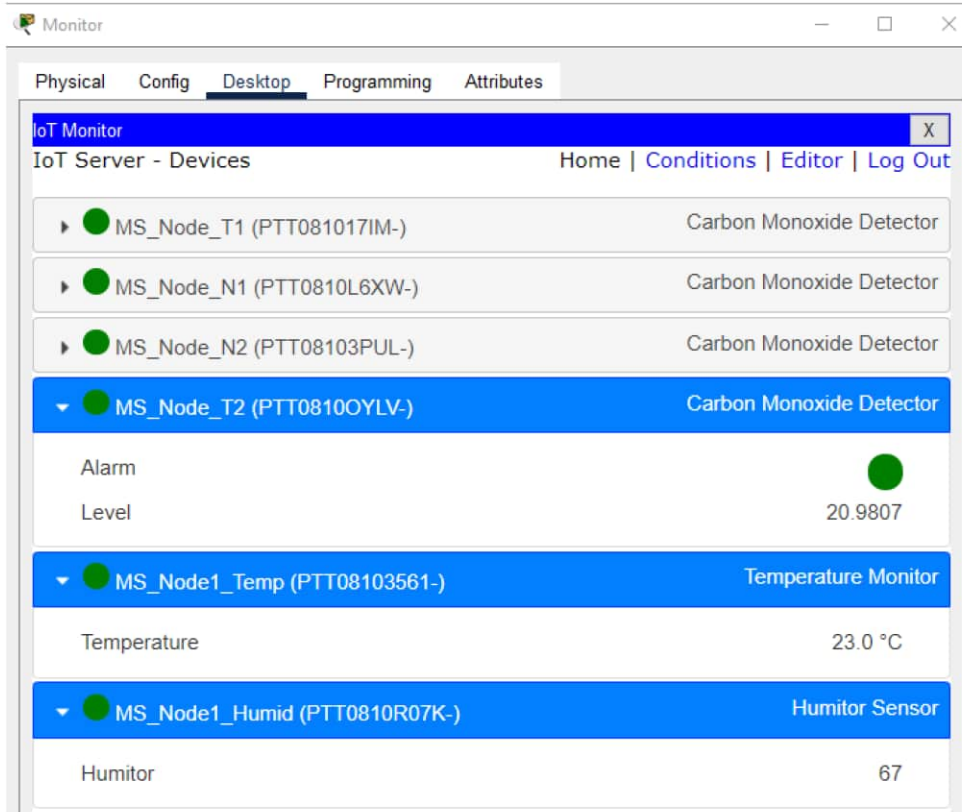


Рисунок 3.10– Відображення значень спостереження пристроями кластеру Smart Monitoring

## ВИСНОВКИ

Проект впровадження концепції Smart City в Горішніх Плавнях, спрямований на покращення якості життя мешканців та підвищення ефективності управління містом шляхом інтеграції Інтернету речей.

В ході виконання поставлених вимог були виконані задачі з аналізу умов застосування КС, що охоплюють архітектуру міської мережі, вибір технологій передачі даних, вибір та розгортання відповідного мережного обладнання, забезпечення сумісності та взаємодії різнорідних сенсорів та актуаторів, доступ до платформи для обробки та візуалізації даних, а також забезпечення кібербезпеки.

Комп'ютерна система розумного міста для впровадження технологій IoT об'єднує п'ять міських мереж: Smart Office, Smart Traffic, Smart Parking, Smart Home, Smart Monitoring.

Було детально розглянуто кластер City Office. За технічними вимогами та аналізу організаційної структури в будівлі адміністрації міста розгорнуто мережу, що забезпечує підтримку відповідних каналів зв'язку, мережних технологій, безпеки мережі та платформи для управління даними.

Для даного кластеру виконане:

- розбиття блоку IP-адрес на підмережі;
- забезпечено підключення IoT-пристроїв до сервера, який надає веб-інтерфейс для керування і спостереження станів розумних речей та їх керування за сценаріями;
- для міського департаменту «Інформаційний відділ» реалізовано технологію VLAN, комутатори інших департаментів на рівні доступу використовують технологію агрегації каналів;
- на IoT-сервер SmartOffice також передаються дані з мереж Smart Traffic та Smart Parking.

Дані розумних речей мереж Smart Home та Smart Monitoring передаються на сервер в кластері провайдера, доступ до якого також забезпечений з кластеру City Office.

Перевірка роботи та налаштувань комп'ютерної мережі та роботи IoT-системи виконана в симуляторі Cisco Packet Tracer.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Єршова О. Л., Бажан Л. І. Розумне місто: концепція, моделі, технології, стандартизація. Статисти ка України. 2020. № 2–3. С. 68–77. Doi: 10.31767/su.2-3(89-90)2020.02-03.08
2. Громадський простір. URL: <https://www.prostir.ua/?news=scho-take-smart-city-i-yak-vyhlyadaje-v-ukrajinskyh-realiyah> (дата звернення: 15.05.2025).
3. Розумне місто. URL: <https://deps.ua/ua/knowegable-base/reference-information/67697.html> (дата звернення: 1.05.2025).
4. Що таке розумне місто. URL: <https://www.dusuniot.com/uk/blog/what-is-a-smart-city/> (дата звернення: 1.04.2025).
5. Чому потрібні розумні міста? URL: <https://smartcity.mvk.if.ua/aboutz> (дата звернення: 11.04.2025).
6. 10 найрозумніших міст у світі. RL: <https://fintechinsider.com.ua/smart-mista/> (дата звернення: 17.04.2025).
7. Досвід України в розвитку Smart City. URL: <https://life.pravda.com.ua/columns/2018/11/27/234336/> (дата звернення: 14.04.2025).
8. Активне мережне обладнання. URL: <https://e-server.com.ua/uk/aktivne-obladnannja/tochki-dostupu/zovnishni-tochki-dostupu/tochka-dostupu-mikrotik-groovea-52-ac-rbgroovega-52hpacn-detail-2> (дата звернення: 14.04.2025).
9. Розумні IP-камери. URL: [https://hikvision.co.ua/ua/hikvision-ds-2df8c435mhs-delw/?gclid=CjwKCAjwwe2\\_BhBEEiwAM1I7sciD0IEfN6b6Dd7sM1Kfi4Xb31hOS1YIP0iY6lsDMmZPai7TsQzQoVoC3NEQAvD\\_BwE](https://hikvision.co.ua/ua/hikvision-ds-2df8c435mhs-delw/?gclid=CjwKCAjwwe2_BhBEEiwAM1I7sciD0IEfN6b6Dd7sM1Kfi4Xb31hOS1YIP0iY6lsDMmZPai7TsQzQoVoC3NEQAvD_BwE) (дата звернення: 14.04.2025).

10. Бездротові точки доступу. URL: <https://rozetka.com.ua/ua/mikrotik-rbgroovega-52hpacn/p413127990/> (дата звернення: 14.04.2025).

11. Обладнання Cisco. URL: <https://xn--h1aemkx.com.ua/marshrutizator-cisco-819-c819hgw-7-e-k9> (дата звернення: 14.04.2025).

12. Розумна система парковки. URL: <https://www.mokosmart.com/ru/smart-parking-system-using-iot/> (дата звернення: 19.04.2025).

13. Системи IoT. URL: <https://stfalcon.com/uk/blog/post/internet-of-things-apps> (дата звернення: 30.04.2025).

14. Andriienko, Anton. (2023). Упровадження концепції «Smart City» в управління великими містами України. 10.36074/Andriienko-monograph.2023.

15. Hall R. E. The Vision of a Smart city. Proceedings of the 2-nd International Life Extension Technology Workshop, Sept. 28, 2000. Paris : Brookhaven National Lab. 2000. URL: <http://www.osti.gov/bridge/servlets/purl/773961-oyxp82/webviewable/773961.pdf> (дата звернення: 01.05.2025).

16. Мураєв Є. В. Розвиток міст на основі концепції «Smart Cities» в умовах цифрової економіки: теоретико-методичні засади впровадження. Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2020. № 2 (12). С. 109–119.

17. Чукут С. А., Дмитренко В. І. Smart city чи електронне місто: сучасні підходи до розуміння впровадження е-урядування на місцевому рівні. Інвестиції: практика та досвід. 2016. № 13. С. 89–93.

18. Севастьянов Р. В. Актуальні проблеми розвитку «розумних міст» (Smart-city). Вісник Хмельницького національного університету. 2021. № 2. С. 170–175. DOI: 10.31891/2307-5740-2021-292-2-29.

19. Perera, C., Zaslavsky, A., Christen, P., & Georgakopoulos, D. (2014). Sensing as a service model for smart cities supported by internet of things. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, 25(1), 81–93. doi:10.1002/ett.2704 13.

## Додаток А

Текст програми налаштування маршрутизаторів

**Міністерство освіти і науки України**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**“ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”**

**ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**  
**НАЛАШТУВАННЯ МЕРЕЖІ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ**

Текст програми

804.02070743.24004-01 12 01

Листів 9

## АНОТАЦІЯ

Дана програма містить в собі частину програмного коду для програмування налаштування компонентів корпоративної мережі комп'ютерної системи. Програма призначена для забезпечення налаштування DHCP, AAA, інтерфейсів, протоколу маршрутизації NAT, консольних і vty ліній та створення мереж VPN, домену и ssh комп'ютерної системи.

## **ЗМІСТ**

1. Текст файлу конфігурації роутера D\_Office 3

## 1. Налаштування роутера D\_Office

```
!  
version 15.1  
no service timestamps log datetime msec  
no service timestamps debug datetime msec  
service password-encryption  
!  
hostname D_Office  
!  
enable secret 5 $1$mERr$hX5rVt7rPNoS4wqbXKX7m0  
  
ip dhcp excluded-address 10.24.224.1 10.24.224.10  
ip dhcp excluded-address 10.24.224.65 10.24.224.75  
ip dhcp excluded-address 10.24.224.129 10.24.224.139  
ip dhcp excluded-address 10.24.227.1 10.24.227.10  
!  
ip dhcp pool POOL_VLAN41  
network 10.24.224.0 255.255.255.192  
default-router 10.24.224.1  
dns-server 195.0.0.2  
ip dhcp pool POOL_VLAN42  
network 10.24.224.64 255.255.255.192  
default-router 10.24.224.65  
dns-server 195.0.0.2  
ip dhcp pool POOL_VLAN43  
network 10.24.224.128 255.255.255.192  
default-router 10.24.224.129  
dns-server 195.0.0.2  
ip dhcp pool POOL_VLAN_Fin  
network 10.24.227.0 255.255.255.0
```

```
default-router 10.24.227.1
dns-server 195.0.0.2
!
no ip cef
no ipv6 cef
!
username 12322ck_Bondarenko password 7 082048430017061E010803
license udi pid CISCO2911/K9 sn FTX152421U5-1
license boot module c2900 technology-package securityk9
!
spanning-tree mode pvst
!
no ip domain-lookup
ip domain-name D_Office.org.gp
!
interface GigabitEthernet0/0
no ip address
duplex auto
speed auto
!
interface GigabitEthernet0/0.41
encapsulation dot1Q 41
ip address 10.24.224.1 255.255.255.192
!
interface GigabitEthernet0/0.42
encapsulation dot1Q 42
ip address 10.24.224.65 255.255.255.192
!
interface GigabitEthernet0/0.43
encapsulation dot1Q 43
```

```
ip address 10.24.224.129 255.255.255.192
!
interface GigabitEthernet0/0.99
encapsulation dot1Q 99
ip address 10.24.224.193 255.255.255.240
!
interface GigabitEthernet0/1
bandwidth 128
ip address 10.24.227.1 255.255.255.0
duplex auto
speed auto
!
interface GigabitEthernet0/2
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface Serial0/0/0
bandwidth 128
clock rate 2000000
ip address 10.10.0.2 255.255.255.252
!
interface Serial0/0/1
no ip address
clock rate 2000000
shutdown
!
interface Vlan1
no ip address
```

```
shutdown
!
router eigrp 4
 redistribute static
 passive-interface GigabitEthernet0/0.41
 passive-interface GigabitEthernet0/0.42
 passive-interface GigabitEthernet0/0.43
 passive-interface GigabitEthernet0/0.99
 network 10.10.0.0 0.0.0.3
 network 10.24.227.0 0.0.0.255
 network 10.24.224.0 0.0.0.63
 network 10.24.224.64 0.0.0.63
 network 110.24.224.128 0.0.0.63
 network 10.24.224.192 0.0.0.15
!
ip nat pool Internet1 209.165.202.5 209.165.202.30 netmask 255.255.255.0
ip nat inside source list 4 pool Internet1
ip nat inside source static 10.24.227.131 209.165.202.5
ip classless
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 209.165.202.1
access-list 4 permit 10.24.227.0 0.0.15.255
!
banner motd #123-22ck Bondarenko You enter in sekure area#
!
ip classless
!
ip flow-export version 9
!
!
```

```
!  
line con 0  
  password 7 0822455D0A16  
line aux 0  
line vty 0 4  
  password 7 0822455D0A16  
  login authentication default  
  transport input ssh  
line vty 5 15  
  password 7 0822455D0A16  
  transport input ssh  
end
```