

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ
ІНСТИТУТ ім. Ю. М. ПОТЕБНІ
Кафедра інформаційної економіки, підприємництва та фінансів
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота(проект)

магістра
(рівень вищої освіти)

на тему Інформатизація процесів моніторингу в системі «Smart City Запоріжжя»
на базі IoT - платформи

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.0510-іє-з
спеціальності 051 Економіка
(код і назва спеціальності)

спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)

освітньої програми Інформаційна економіка
(назва освітньої програми)

І.М. Онопрієнко
(ініціали та прізвище)

Керівник доц., д.е.н., доц. Клопов І.О.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2021

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні
Кафедра інформаційної економіки, підприємництва та фінансів

Рівень вищої освіти магістр

Спеціальність 051 Економіка

(код та назва)

Спеціалізація _____

(код та назва)

Освітня програма Інформаційна економіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

« _____ » _____ 20 ____ року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЄКТ) СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Онопрієнко Ілля Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) Інформатизація процесів моніторингу в системі «Smart City Запоріжжя» на базі IoT - платформи

керівник роботи Клопов І. О., д.е.н., доц.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від «30» червня 2021 року № 975-с

Строк подання студентом роботи _____

2. Вихідні дані до роботи інформаційні потоки процесів моніторингу в системі «Smart City Запоріжжя»

3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Розгляд системи розумного міста, та знайомство з інтернетом речей. 2. Аналіз технологій розумного міста, програмні та апаратні складові. 3. Практична реалізація системи розумного міста Запоріжжя з елементами моніторингу.

4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Схема зв'язку компонентів в мережі LoRaWAN. Базова станція Kerlink Wirne iStation. Підсистема диспетчерської служби. Підсистема технології регулювання руху. Фрагмент графіка координованого регулювання, Соборний проспект, Запоріжжя. Схема реалізації розумного освітлення.

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	доцент, д.е.н. доцент кафедри інформаційної економіки, підприємництва та фінансів Клопов І.О.	17.09	19.10
2	доцент, д.е.н. доцент кафедри інформаційної економіки, підприємництва та фінансів Клопов І.О.	19.10	29.10
3	доцент, д.е.н. доцент кафедри інформаційної економіки, підприємництва та фінансів Клопов І.О.	29.10	16.11

6. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Призначення наукових керівників. Затвердження тем дипломних робіт	25.10.2021	
2	Напрацювання теоретичного матеріалу: дослідження сутності об'єкту та предмету дослідження, критичний аналіз існуючих методологічних засад, вибір та обґрунтування напрямку проведення дослідження	29.10.2021	
3	Апробація результатів на Міжнародних та Всеукраїнських конференціях	5.11.2021	
4	Розробка економіко-математичного забезпечення основних елементів концептуального підходу	19.11.2021	
5	Збір та систематизація статистичного та нормативного матеріалу дослідження.	30.11.2021	
6	Узагальнення отриманих результатів. Оформлення роботи	01.12.2021	
7	Надання роботи та автореферату до рецензії. Нормоконтроль	03.12.2021	
8	Прилюдний захист дипломної роботи на засіданні ЕК	10.12.2021	

Студент _____
(підпис)І.М.Онопрієнко
(ініціали та прізвище)Керівник роботи (проєкту) _____
(підпис)І. О. Клопов
(ініціали та прізвище)**Нормоконтроль пройдено**Нормоконтролер _____
(підпис) (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Онопрієнко І. М. Інформатизація процесів моніторингу в системі «Smart City Запоріжжя» на базі IoT – платформи.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 051 – Економіка, науковий керівник І. О. Клопов. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні ЗНУ, кафедра інформаційної економіки, підприємництва та фінансів, 2021.

Магістерська робота присвячена розробці концепції системи «Smart city Запоріжжя» на базі IoT - платформи. В роботі досліджені технології розумного міста, програмні та апаратні частини; проаналізовані сучасні тенденції побудови розумних міст; описані вектори розвитку розумного міста. Вперше створена концепція впровадження системи розумного м. Запоріжжя. Дістали подальшого розвитку теоретичні та методичні засади застосування бездротових технологій .

Ключові слова: СИСТЕМА SMART CITY, ТЕХНОЛОГІЯ LORAWAN, СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ, ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ВЕЛИКІ ДАНІ, РОЗВИТОК, БЕЗПЕКА.

SUMMARY

Onoprienko IM Informatization of monitoring processes in the system "Smart City of Zaporozhye" on the basis of IoT – platform.

Qualification final work for obtaining a master's degree in specialty 051 - Economics, supervisor IO Klopov. Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu. M. Potebny ZNU, Department of Information Economics, Entrepreneurship and Finance, 2021.

The master's thesis is devoted to the development of the concept of the system "Smart city of Zaporozhye" on the basis of IoT - platform. The technology of smart city, software and hardware parts are investigated in the work; the modern tendencies of building smart cities are analyzed; described the vectors of development of a smart city. For the first time the concept of implementation of the smart city system of Zaporizhia was created. Theoretical and methodical bases of application of wireless technologies have received further development.

Keywords: SMART CITY SYSTEM, LORAWAN TECHNOLOGY, MONITORING SYSTEM, INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES, BIG DATA, DEVELOPMENT, DEVELOPMENT.

Аннотация

Оноприенко И. Н. Информатизация процессов мониторинга в системе «Smart City Запорожье» на базе IoT – платформы.

Квалификационная выпускная работа для получения степени высшего образования магистра по специальности 051 – Экономика, научный руководитель И. А. Клопов. Инженерный учебно-научный институт им. Ю. М. Потебни ЗНУ, кафедра информационной экономики, предпринимательства и финансов, 2021.

Магистерская работа посвящена разработке концепции системы «Smart city Запорожье» на базе IoT – платформы. В работе исследованы технологии умного города, программные и аппаратные части; проанализированы современные тенденции построения умных городов; описаны векторы развития умного города. Впервые создана концепция внедрения системы умного г. Запорожья. Получили дальнейшее развитие теоретические и методические основы применения беспроводных технологий.

Ключевые слова: СИСТЕМА SMART CITY, ТЕХНОЛОГИЯ LORAWAN, СИСТЕМА МОНИТОРИНГА, ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, БОЛЬШИЕ ДАННЫЕ, РАЗВИТИЕ, БЕЗОПАСНОСТЬ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 РОЗГЛЯД СИСТЕМИ РОЗУМНОГО МІСТА, ТА ЗНАЙОМСТВО З ІНТЕРНЕТОМ РЕЧЕЙ.....	10
1.1. Концепція Розумного міста: якості та особливості розробки проектів.....	10
1.2. Дослідження зарубіжного досвіду реалізації проектів концепції Розумне місто.....	19
1.3. Технологія інтернету речей (Internet of Things).....	38
1.4. Висновки до розділу 1.....	42
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ РОЗУМНОГО МІСТА, ПРОГРАМНІ ТА АПАРАТНІ СКЛАДОВІ.....	44
2.1. Технології реалізації системи Розумного міста.....	44
2.2. Апаратна частина прикладу впровадження системи розумного міста	63
2.3. Платформа моніторингу для системи Розумного міста.....	73
2.4. Висновки до розділу 2.....	75
РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ РОЗУМНОГО МІСТА ЗАПОРІЖЖЯ З ЕЛЕМЕНТАМИ МОНІТОРИНГУ.....	76
3.1 Загальні підходи до створення умов для розвитку системи Розумного міста.....	76
3.2. Напрями розвитку Розумного міста.....	78
3.3 Кластерні етапи впровадження системи Розумного міста.....	95
3.4. Висновки до розділу 3.....	103
ВИСНОВКИ.....	105
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	106

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

IoT (Internet of Things) – інтернет речей.

3G (Third generation) – третє покоління.

4G (Fourth Generation) – четверте покоління.

LTE (Long-Term Evolution) – довгий розвиток.

LPWAN (Low Power Wide-area Network) – глобальна мережа з низьким енергоспоживанням.

NB-IoT (Narrow Band Internet of Things) – вузькополосний інтернет речей.

BLE (Bluetooth Low Energy) – технологія Bluetooth з низьким енергоспоживанням.

ВСТУП

Система «Інтернету речей» – це новітній погляд на речі, який здатний докорінно змінити уявлення суспільства про такі речі як розвиток інформаційних та телекомунікаційних систем, автоматизація та системний аналіз управлінських процесів у сфері житлово-комунального господарства, побудова новітніх проектів розумних та безпечних міст.

Актуальність. За прогнозами ООН, до 2050 року 70% населення світу житиме в містах. Влада мегаполісів розвинених країн спрямовує зусилля на те, щоб зробити життя в містах максимально комфортним, безпечним і якісним. Покращувати життя в містах дозволяє «Інтернет речей» – технологія, що створює рішення на основі даних. Іспанський Центр глобалізації та стратегії бізнес-школи у 2020 році назвав «найрозумнішими» Лондон, Нью-Йорк, Париж, Токіо, Рейк'явік. Київ у рейтингу – 115-й серед 174 міст. На жаль, українські міста поки що лише вчаться «розумнішати», але перспективи з'явитися в міжнародних рейтингах smart cities у них є [1]. Проаналізувавши кількість вже реалізованих проектів розумних міст в Україні, слід розуміти, що ця система знаходиться на початку свого активного розгортання, і тому попит на розробку проектів буде зростати кожен рік.

Мета роботи – полягає в розробці системи Розумного міста, на основі сучасних IoT технології та впровадження моніторингових систем.

Об'єкт дослідження – новітні інформаційні технології моніторингу важливих сфер життя міста.

Предмет дослідження – є система Розумного міста на основі IoT мережі.

Методи дослідження – методи системного аналізу властивостей бездротових IoT технології в якості фундаменту для побудови системи Розумне місто, проведення аналізу у порівнянні різних шляхів реалізації існуючих технологій IoT, теоретична розробка концепції системи Розумного міста.

Для досягнення мети дослідження поставлені та вирішені наступні *задачі*:

1. Проаналізовано сфери застосування, виявлення інформаційних та

функціональних вимог до системи Розумного міста.

2. Спроековано основні компоненти системи Розумного міста, аналіз та верифікація використаних технологій для розгортання системи.

3. Виявлено ефект від впровадження системи Розумного міста в м.Запоріжжі

4. Виявлено переваги використання моніторингових сервісів в м.Запоріжжі.

Результати теоретичного аналізу проблеми розробки системи моніторингу «Smart City Запоріжжя» висвітлено на Міжнародній науково-практичній конференції «Європейський вектор модернізації інженерної та економіко-управлінської освіти в умовах сталого розвитку промислового регіону» [2].

РОЗДІЛ 1

РОЗГЛЯД СИСТЕМИ РОЗУМНОГО МІСТА, ТА ЗНАЙОМСТВО З ІНТЕРНЕТОМ РЕЧЕЙ

1.1. Концепція Розумного міста: якості та особливості розробки проектів

Існують різноманітні уявлення щодо трактування терміну «Розумне місто».

Розумне місто (Smart City) – це таке місто, яке втілює та користується комплексом передових інформаційних, цифрових і інженерних рішень і організаційних заходів, спрямованих на досягнення максимальної ефективності керування ресурсами та надання умов, для створення на території сприятливих умов перебування і проживання, фінансової активності.

Розумне місто – це взаємопов'язана система інформаційних та комунікативних технологій завдяки яким покращується управління внутрішніми процесами міста та поліпшується рівень життя населення міста.

Розумне місто – це потужна синергія інформаційних, економічних, промислових, соціально направлених, цифрових і людських систем заради комфортного та безпечного існування мешканців [3].

Розумне місто – концепція інтеграції інформаційних і комунікаційних технологій та Інтернету речей для управління міським господарством, такими як: громадський транспорт, комунальні підприємства, школи, дитячі садки, медичні заклади, бібліотеки, навчальні заклади, лікарні, системи водопостачання та управління відходами, правоохоронні органи та інші громадські служби.

Можливості системи Розумного міста. Розумні міста в економічному і соціальному напрямку спрямовані на комфортне життя. Вони постійно контролюють найважливіші інфраструктурні об'єкти – автомобільні дороги і мости, залізниці, аеропорти, системи зв'язку, електричні мережі і багато іншого з метою ефективного розподілу ресурсів і забезпечення безпеки населення [4].

Розумні міста постійно збільшують кількість послуг, що надаються населенню, забезпечуючи укріплення таких показників як щастя, задоволення проживання на конкретній території.

У структурному аспекті Розумне місто – це система, в якій відбувається тісна співпраця багатьох компонентів. Ця взаємодія великої кількості компонентів зобов'язує відкритості та стандартизації. Система Розумного міста, в якій відсутня відкритість і стандартизація, може стати громіздким і дорогим тягарем. До складових технологій системи Розумне місто відносять високошвидкісні оптичні, провідні, сенсорні і бездротові мережі є необхідними для успішної реалізації таких переваг, як забезпечуються завдяки інтелектуальним транспортним системам.

Основна відмінність Розумного міста від міста традиційного полягає в якості взаємин з громадянами. У традиційному місті інформаційні послуги не можуть гнучко реагувати на зміни економічних, соціальних і культурних умов, як послуги Розумного міста. Виходить, що Розумне місто, перш за все спрямований на саму людини, ґрунтується на системі інфраструктури інформаційно-комунікаційних технологіях і безперервному розвитку міста при безперервному обліку вимог екологічної та економічної стійкості.

В даний період часу, розвивати існуючі території, на яких ми всі мешкаємо, колишніми методами вже неефективно. Існуючі моделі застарівають. Це розуміють дуже багато людей. Тому потрібно створювати і розвивати нові способи розвитку міста.

У відповідь на ці виклики в західних державах впроваджується система Розумного міста, яка стає стратегічним механізмом розвитку, об'єднавши в купу збільшення інформації, сучасні комунікації і технології природного і соціального капіталу.

Розумне місто (в тому числі спільноти, бізнес-кластери, міські агломерації або регіони) реалізує інформаційні технології для:

– більш ефективного використання фізичної інфраструктури (будівництво, дороги, екологія та інші фізичні активи) на основі штучного інтелекту та аналізу

даних, щоб підтримувати сильне і здорове економічне, соціальне, культурне розвиток;

– ефективної взаємодії з громадянами з питань місцевого самоврядування та для пошуку і затвердження рішень шляхом використання відкритих інноваційних процесів і електронного участі, поліпшення колективного розуму міських установ за допомогою електронного управління, з акцентом на участь громадян міста та спільне проектування;

– навчання, пристосування і вводу новаторства і тим самим більш ефективно і оперативно реагувати на зміну ситуації шляхом поліпшення міського мислення.

Розумне місто – це місто, інфраструктура якого заснована на новітніх технологіях, які дозволяють максимально ефективно використовувати природні джерела енергії і майже цілком виключити шкідливий вплив на людину. До цього можна віднести: новітні рішення в електроенергетиці, водопостачанні, транспортної системи і будівництві споруд [5].

Термін Розумне місто – збірне поняття, котре складається з розумної серед, розумної економіки, розумного управління, розумних громадян і звісно з розумних технологій. Всі ці загальні частини з'єднуються з традиційними регіональними теоріями зростання і розвитку міст. Кожне це поняття будується на здатності конкурентоспроможності регіону, поліпшення якості життя, участі містян у управлінні власною громадою.

Сильні та слабкі сторони системи Розумного міста. Головна ідея Розумного міста – це побудова інформаційного простору, здатного з'єднати інформацію про функціонування контрольованих об'єктів (теплових і електричних лічильників енергії, електротехники, ліфтів, технічних засобів безпеки і т.д.). Контроль і управління об'єктами відбувається з будь-якої відстані в реальному часі, незалежно від положення об'єкта у місцевості і основного пункту керування в місті.

Проаналізувавши зібрану інформацію можна знайти слабкі місця в функціонуванні організації, постачальників ресурсів, персоналу і обладнання.

Реалізовані проекти концепції Розумного міста дозволяють, як контролювати роботу устаткування, так і приймати найбільш вірні управлінські рішення.

Характеристики Розумного міста:

- мікрорайон - це містобудівна одиниця міста;
- автономність міста;
- соціальна, культурна і ділова самодостатність;
- розробка проектів за стандартами «екологічного» будівництва;
- використання новітніх інформаційних і комунікаційних технологій;
- впровадження інноваційних технологій транспорту, енергетики і будівництва.

Основні механізми оптимізації споживання ресурсів при реалізації проектів системи Розумне місто:

- розподіл навантажень на інфраструктурні мережі за часом, тобто зменшення провалів і піків для зниження нерівномірного споживання (основна проблема всіх інфраструктур);
- розподіл ресурсів в просторі, тобто виключення лінійних систем, а створення мережових систем постачання ресурсу, які дадуть можливість маневрувати потоками і виключати аварійні і пікові ділянки;
- створення динамічно керованих джерел потужності: мало інерційні генератори й демпфери, накопичувачі та ін.;
- створення розподіленої генерації різного рівня;
- зменшення втрат і споживання ресурсів кінцевих споживачів.

Розумне місто – концепція, в основі якої знаходиться населений пункт, який використовує різноманітні інформаційні технології для більш ефективного функціонування всіх своїх служб і систем. Основна ідея такого міста ґрунтується в зборі різноманітної інформації (в реальному часі) і використанні її для прийняття раціональних, конструктивних рішень [6].

Система Розумне місто спрямована на підвищення конкурентоспроможності міст, формування ефективної системи управління

міським господарством, створення безпечних і комфортних умов для життя городян і базується на 5 ключових принципах:

1. Орієнтація на людину.
2. Технологічність міської інфраструктури.
3. Підвищення якості управління міськими ресурсами.
4. Комфортне і безпечне середовище.
5. Акцент на економічній ефективності, в тому числі, сервісної складової міського середовища.

Основний інструмент реалізації цих принципів – широке впровадження передових цифрових і інженерних рішень в міській та комунальній інфраструктурі.

Мета Розумного міста складається як в цифровій трансформації і автоматизації процесів, так і в комплексному збільшенні ефективності інфраструктури міста.

Необхідно створювати центр розробки концепції Розумне місто, який повинен буде займатися розробкою, впровадженням та популяризацією технологій, програм і обладнання, які спрямовані на збільшення рівня цифровізації міського господарства, а також підготовку і надання допомоги проектам міждержавного співробітництва з питань житлової політики, розвитку міського середовища та управління природними ресурсами, насамперед стосуються створення і функціонування розумних міст [7].

Розумне місто визначається як новий підхід до розвитку міста та одночасно накопичену суму великої кількості технологічних інновацій. Створення міських інтелектуальних технологій безпосередньо пов'язане з ростом кількості міст, і як наслідок, істотне збільшення навантаження на служби міста і проблемами з керуванням в великих мегаполісах. Через великий масштаб міст, виникає проблема контролю всіх сфер міста, тому потрібно спростити роботу міських служб і за рахунок застосування нових проектів Розумне місто вирішити дану проблему в управлінні містом, і як наслідок, перейти до ефективного управління.

Розумні міста в економічному і соціальному аспектах роблять постійний моніторинг головних об'єктів інфраструктури, таких як, автомобільні дороги та аеропорти, з метою оптимального розподілу ресурсів і забезпечення безпеки; збільшують число наданих населенню послуг.

Концепції залучення «розумних» інформаційних технологій побудована на основі обміну між городянами, інфраструктури міста, представниками адміністрації міста, співробітниками компаній, підрозділами та службами. За допомогою аналізованих даних учасників міського середовища за допомогою систем автоматизації, надається можливість здійснення швидкого реагування і інтерактивне зміна інфраструктури за потребами мешканців, а також створення безпечного середовища в місті.

Створення єдиного інформаційного середовища «розумного» міста є головним критерієм для подальшого розвитку концепції Розумне місто в місті. Основним елементом «розумного» міста є автоматизована система, яка ґрунтується на аналізі даних від різноманітних джерел інформації і яка дозволяє обробляти дані в реальному часі, багатофакторний аналіз і ініціювати оперативне реагування в двох режимах: підтримки прийняття рішень і в повністю автоматичному.

Система може включати в себе різні підсистеми сфер міського господарства: інтелектуальні транспортні системи, системи оплати за використання інфраструктурою, розумні парковки та інформаційні оповіщення для городян, автомобілі з низьким рівнем викидів, екологічний громадський транспорт, розумне відеоспостереження і безпеку, розумне освітлення, розумна утилізація відходів, віддалене управління будівлею і квартирою, енергоефективне проектування будівель, інноваційні методи очищення води, інфраструктура електротранспорту, відновлювальна генерація. Використання перерахованих аспектів підвищує ефективність роботи багатьох міських служб - вони забезпечують швидке і якісного обслуговування населення міста.

Джерелами інформації для концепції «Розумне» місто може бути датчики об'єктів інфраструктури міста, звернення громадян міста, дані моніторингу

міських служб та інші. Датчики, встановлені на об'єктах міської інфраструктури, можуть передавати такі дані: місце розташування об'єкта, тиск, вібрації, температуру, склад повітряного середовища, відеосигнал, факт роботи певного пристрою, час події, рівень освітлення, напруга мережі і безліч інших. У свою чергу, необхідно навчитися в реальному часі отримувати з потоків даних потрібну інформацію і архівувати ці дані для подальшого аналізу, щоб забезпечити нову якість надання міських послуг.

Однак, у концепції «Розумного» міста є ряд проблем, які необхідно вирішити для ефективного функціонування. Виділимо, що проблеми «розумних» міст пов'язані з недовірою громадян, надавати необхідну інформацію, так як городяни бояться, що інформаційні системи Розумного міста крім необхідних даних отримують і їх особисту інформацію. Дана проблема пов'язана з тим, що городяни слабо взаємодіють між собою. Рішенням може бути передача контролю даної сфери громадянам міста. Одним з важливих аспектів є пред'явлення інформаційної безпеки і безпеки середовища, тому інтелектуалізація міст починається з системи безпеки.

Інтелектуальний аналіз може функціонувати за раніше створеним алгоритмам, або з використанням складної прогнозової аналітики, або з залученням інтегрування використаних до цього способів. В даний момент, можна відзначити, що вже існують різні підсистеми міської інфраструктури. На сьогоднішній день запропоновані різні моделі переходу до концепції Розумне місто. Одним з кроків є зміна якості управління містом.

Важливі виклики системи Розумного міста. Виділяють ряд завдань в галузі управління, грамотна автоматизація яких дозволить підвищити якість міського управління:

1. Налагодити комунікацію між трьома учасниками міського середовища: жителями, міськими органами влади, які керують і обслуговуючими компаніями.
2. Підвищити оперативність роботи органів місцевого самоврядування.
3. Залучити жителів в розвиток міського середовища (участь в обговореннях проектів, голосування за проекти і т.д.).

Виділені завдання можна вирішити існуючими проектами концепції «Розумне місто», що дозволяють комплексно вирішити завдання управління інфраструктурою міста і наблизитися до бажаного ефекту для всіх учасників міського середовища. Для міста відкриються нові можливості, такі як: ефективне використання існуючих ресурсів, поліпшення керованості інфраструктури міста, а також перехід міста в більш комфортний, а головне безпечний рівень життя.

Проекти концепції Розумне місто можуть оперативно вирішувати пригнічені завдання, які суттєво полегшать діяльність людини. На сьогоднішній день багато голів міст підтверджують, що величезний масштаб мегаполісів вимагає введення нових систем управління міським середовищем, які збільшують ефективність контролю за сферами міста і підвищують якість життя.

Виходячи з наданої інформації, можна зробити висновок, що факторами сучасного розвитку економіки є якість виробничого, людського капіталу і головне, наявність сучасних технологій. Вся сукупність систем міського середовища формують загальний науково-технологічний та економічний потенціал розвитку держави [8].

В сучасних прочитаннях концепція Розумне місто не замикається тільки на технологіях як головному факторі розвитку міст.

По справжньому «розумними» вважаються міста, в яких створені всі умови для зростання людського капіталу. Чим більше таких можливостей і чим сприятливіше середовище, тим «розумніші» місто. Основні напрями розвитку Розумного міста зображені на рисунку 1.1.

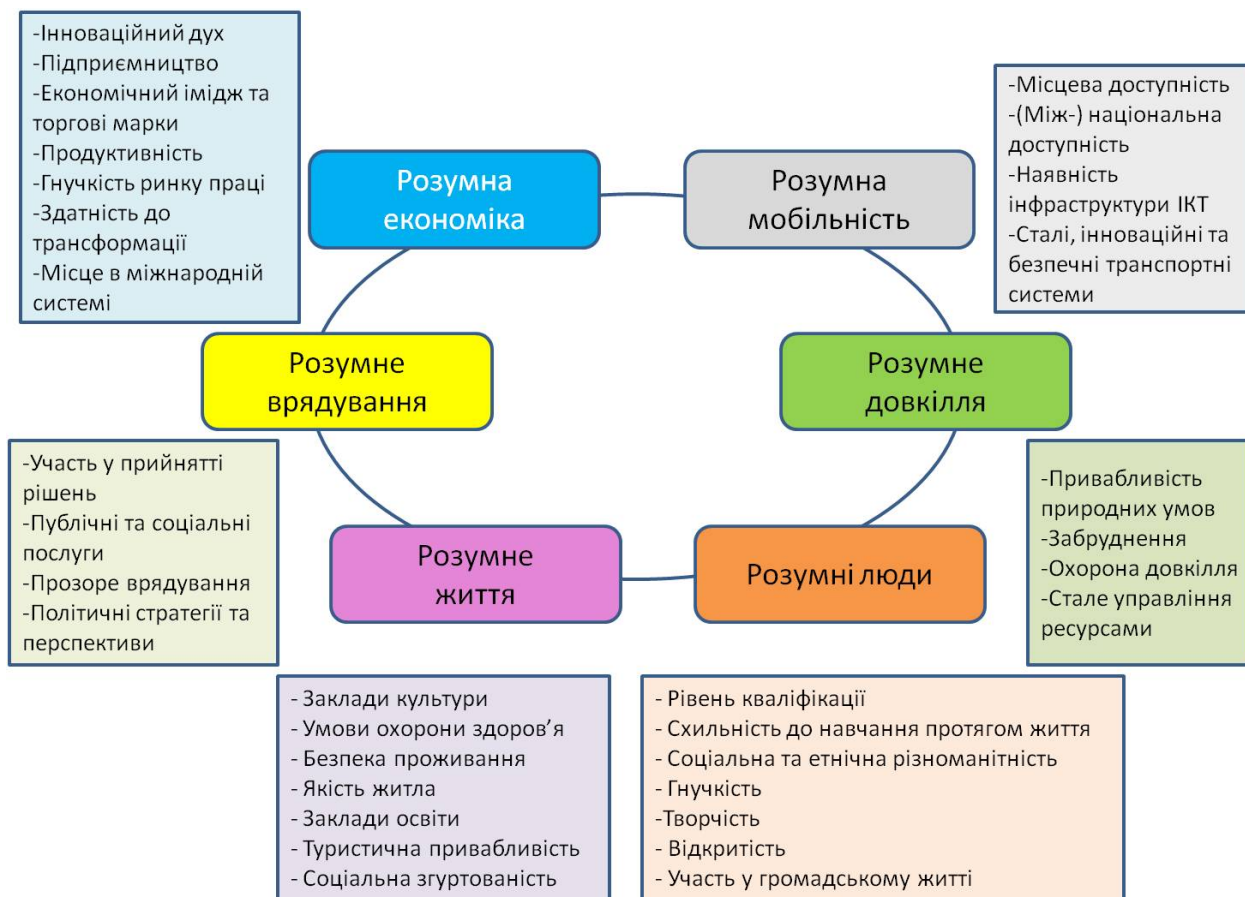


Рисунок 1.1 - Основні напрями Розумного міста

У подальших планах міст і держав – це повна автоматизація міського середовища з можливістю переростання в федеральну автоматизацію, де «розумні» міста будуть одним з ланкою цілого держави [9]. Представлена автоматизація забезпечить одночасно безліч перерахованих раніше функцій, а саме: повну безпеку на всій території країни, поліпшення охорони здоров'я, поліпшення якості освіти, зниження навантаження на державні служби та збільшення їх швидкості робіт, раціональне використання природних і створених ресурсів і в цілому створення комфортного середовища для громадян.

1.2. Дослідження зарубіжного досвіду реалізації проектів концепції Розумне місто

Перші проекти концепції Розумне місто в світі були використані для створення високотехнологічних кластерів за допомогою концентрації комунікаційних ресурсів в межах округу, міста або регіону, які ставали каталізаторами інноваційного розвитку.

В останні роки саме концепція розумних стійких міст стає найбільш популярною при розробці стратегій розвитку міст Західної Європи, Південно-Східної Азії, США. З 2014 року більшість європейських столиць заявляють про перехід до розумного і стійкого зростання міст. Згідно загальноприйнятою трактуванні ООН, розумний стійкий місто - це місто, в якому Інформаційно-комунікаційні технології та інші інструменти, з одного боку, використовуються для підвищення якості життя, ефективності функціонування міста і надання міських послуг, для зміцнення конкурентоспроможності, а з іншого - задовольняють потреби сьогодення і майбутнього покоління, не надаючи негативного впливу на економічну, соціальну і екологічну компоненти міста. На думку ряду дослідників, концепція розумного сталого міста об'єднує кращі риси найбільш популярних концепцій розвитку міст (Цифрові міста, екоміста, стійкі міста, розумні міста) і являє собою ідеальну форму побудови сучасних міст для реалізації збалансованого та сталого підходу до економічного, соціального, екологічному та інституційному розвитку.

Досвід країн Північної Європи в створенні розумних міст. Концепція сталого зростання є однією з найбільш популярною концепцій розвитку міст з початку 1950-х рр., причому особливу популярність ця концепція отримала в англійських країнах. Але розвиток Інтернету та ІТ-технологій призвело в середині 1990-х рр. до розвитку концепції смарт сіті, яка також оцінювалася дослідниками як спосіб вирішення соціальних, економічних і екологічних проблем, хоча практика її реалізації і не дозволяла вирішувати їх все в силу надмірної техноцентричності. У підсумку, починаючи з 2013 р, концепції

більшості найбільших міст світу були переглянуті з акцентом на сталий розвиток. При цьому особливий інтерес представляє досвід країн

Європейського Союзу по створенню стійких і розумних міст. У 2010 р Уряд ЄС початок просувати створення і розумних міст в рамках стратегії «Європа 2020», яка націлена на досягнення розумного, стійкого та інклюзивного зростання, заснованого на знаннях, інноваціях, ресурсоефективності, екологічно чистої і конкурентоспроможної економіки.

Для досягнення поставленої мети в Євросоюзі були створені різні формальні і неформальні інститути, що підтримують створення, функціонування розумних стійких міст. До числа подібних інститутів слід віднести «Програму підтримки ІТ-технологій для розвитку інформаційної інфраструктури розумних міст» (ICT Policy Support Program), «Європейське інноваційне партнерство по розумним містам і співтовариствам» (EIP-SCC), що об'єднує місцеві органи влади, компанії, НВО, наукові співтовариства і громадян по всій Європі, «Платформу зацікавлених сторін розумних міст Європейської комісії». Крім того, для відкритого обговорення проблем створення та функціонування розумних міст в ЄС створені різні тематичні мережі, які об'єднують міста як за регіональним принципом, так і за пріоритетами в реалізованих концепціях.

Розвиток сучасних технологій в рамках розумних стійких міст в ЄС підтримується через різні фінансові механізми. Зокрема, 3% від бюджету Євросоюзу спрямовується на підтримку інноваційних досліджень і розробок, що підтримують досягнення намічених цілей сталого розвитку. Крім того, в Євросоюзі передбачається пряме фінансування окремих міст, що створюють додаткові робочі місця в галузях, пов'язаних з сучасними технологіями, що розробляють раціональні рішення для міських проблем в області енергетики, транспорту, навколишнього середовища.

Європейська комісія заявляє, що в результаті реалізації планомірної політики з розвитку розумних стійких міст більше половини європейських міст з населенням більше 100 000 чоловік реалізували концепцію розумного міста.

Найбільших успіхів у створенні розумних і стійких міст досягли скандинавські країни, які ще з кінця 1980-х рр. заклали принципи сталого розвитку в національні стратегії, а з 2014 р принципи сталого розвитку були включені в міські програми розвитку. Це підтверджує також факт того, що країни Північної Європи останні роки стійко лідирують у світових рейтингах сталого розвитку. Так, за даними, представленим в «Sustainable Development Report 2019», Данія займала в 2019 р перше місце, Швеція - друга, Фінляндія - третє, а Норвегія і Ісландія - восьме і чотирнадцятий відповідно. Із звіту про сталий розвиток також випливає, що країни досягли значного прогресу в досягненні намічених цілей сталого розвитку, але особливо у викоріненні убогості і досягненні рівності, в переході на поновлювані джерело енергії [10].

Важливим фактором розвитку розумних стійких міст в Північній Європі є високий рівень цифровізації економіки і суспільства. Так, в 2019 року в рейтингу країн ЄС за величиною Індексу цифровізації економіки і суспільства (DESI) Фінляндія займає перше місце, обігнавши Швецію і Данію, лідирували в попередні роки.

Інновації є невід'ємною частиною концепції розумних міст. Інноваційні та технологічні рішення, створені на місцях і використовуються для задоволення потреб міста і його спільнот, безсумнівно, роблять розумне місто незалежним і економічно стійким. Більшість дослідників сходяться на думці, що такі значні успіхи скандинавських країн були пов'язані зі змінами в Національних програмах інноваційного розвитку. Так, Фінляндія однією з перших в 1980-х рр. прийняла концепцію національної інформаційної системи в якості базового елементу інноваційної та технологічної політики, спрямованої на підтримку розробок в сфері промисловості та ІТ-технологій. Пізніше, на початку 2000-х, була розроблена «Програма політики інформаційного суспільства», спрямована на підтримку і зростання конкретних галузей економіки за рахунок активного впровадження інформаційно-комунікаційних технологій. Успіх реалізованої політики НІС Фінляндії та інших країн Північної Європи був також заснований на використанні «моделі потрійної спіралі» (The Triple Helix Model), яка

передбачає тісну співпрацю між трьома сторонами або основними учасниками розробок нових технологій: державними науково-дослідним центрами, університетами, приватними організаціями.

Однак в ході реалізації концепції розумних міст стало очевидно, що модель потрібної спіралі вимагала додавання четвертого учасника - жителя міста, для якого в цілому і проводяться всі міські перетворення. Використання концепту «розумне місто» неможливо без використання поняття «Розумний громадянин», розуміння якого тісно пов'язане з поняттям «людський капітал», тим самим реалізація концепції «розумний місто» безпосередньо пов'язана з актуалізацією людського капіталу. В результаті виникає так звана «Модель четвертий спіралі» (The Quadruple Helix Model), яка стає основою концепції розумного сталого міста.

Однак автори підкреслюють, що ні одні тільки інновації є компонентом успіху в створенні розумних міст. Важливим фактором успішності реалізації концепції розумного сталого міста в країнах Північної Європи стало прийняття нерозривно пов'язаних стратегій розвитку міст на національному, регіональному та місцевому рівні, а також розуміння необхідності вузької спеціалізації регіонів і вирішення глобальних проблем на локальному рівні [11].

Аналіз офіційних сайтів урядів країн Північної Європи, Європейського Союзу, а також дані тематичних мереж, присвячених смарт сіті, свідчать про те, що ряд міст Данії, Швеції, Фінляндії та Ісландії досягли певних успіхів в реалізації концепції розумного міста, а деякі з міст активно просувають найбільш ефективні інтелектуальні технології розумних міст на міжнародному ринку.

Крім того, в міжнародних рейтингах смарт сіті представлено досить велику кількість міст Північної Європи. Так, в рейтингу Smart Cities Index - 2019 компанії Easy Park представлено 4 датських, 10 фінських міст, столиця Ісландії і 3 норвезьких розумних міста.

Як показує Таблиця 1.1, в список розумних міст увійшли всі 4 столиці (Копенгаген, Осло, Гельсінкі, Рейк'явік), 13 міст і комун з чисельністю населення понад 100 000 чоловік і 3 міста з чисельністю менше 100 000 чоловік.

Переважання великих міст в цілому не випадково, оскільки реалізація концепції вимагає не тільки великих фінансових вкладень з боку міських муніципалітетів, а й наявності університетів і науково-дослідних центрів, які частіше сконцентровані в містах. Крім того, економіки великих міст, як правило, є більш привабливими для інвесторів.

Таблиця 1.1

Приклад реалізації системи Розумного міста

№	Країна / місто	Населення, чол.	Мета створення розумного міста
1	2	3	4
Данія			
1	Копенгаген	615 993	Розумне, зелене зростання
2	Орхус Smart Aarhus	340 421	Пошук стійких рішень міських проблем через партнерські відносини між зацікавленими сторонами і розвинену ІТ-інфраструктуру
3	Вайле Smart Vajle	114 140	Створення міста, готового до майбутніх потрясінь, що сприяє сталого розвитку, збільшення добробуту і всебічного зростання
4	Льонгбю	52 000	Створення розумного міста знань
5	Сюддюрс	42 000	Створення розумного стійкого міста, враховує вимоги громадян та гостей міста
Фінляндія			
6	Хельсинки	648 042	Створення найфункціональнішого міста у світі, вуглецева нейтральність до 2035 р.
7	Тампере Smart Tampere	232 932	Підвищення якості життя городян та якості послуг за активної участі громадян в управлінні містом

Продовження табл. 1.1

8	Турку Smart and wise Turku	191 461	Створення якісніших послуг для громадян та формування партнерства, досягнення карбонової нейтральності до 2029 р.
9	Оулу Smart Oulu Intelligent city	202 058	Створення розумного стійкого міста з високою якістю життя і можливостями для бізнесу
10	Еспоо Smart and green Espoo	258 683	Створення міста для тихої, здорової та безпечного життя городян
11	Вантаа Aviapolis Airport City	228 678	Створення Авіаполісу – динамічно району, що розвивається, сприяючого розвитку бізнесу, підвищення якості життя населення
Норвегія			
12	Тронхейм	194 051	Створення розумного стійкого міста майбутнього з низьким рівнем викидів вуглецю і стійкого до клімату- змін
13	Крістіансан	110 400	Створення «найкращого міста для всіх» на основі вивчення потреб громадян
14	Тромсе	75 638	Вирішення проблем, пов'язаних з швидким зростанням міста на основі співробітництва між зацікавленими сторонами та залучення городян
15	Берген	279 792	Підвищення рівня інновацій у регіоні та вирішення соціальних проблем
16	Смарт Осло	673 469	Створення розумного, екологічного, більш інклюзивного та креативного міста
Ісландія			
17	Рейк'явік SmartCity Reykjavik	126 041	Створення міста, яке використовує інформаційні, комунікаційні та телекомунікаційні технології для сталого підвищення якості життя

У таблиці 1.1 також представлені цілі розвитку міст, згідно з офіційними стратегіям. Проведений аналіз офіційних стратегій міст та міських сайтів свідчить про те, що нерідко міста намагаються розвивати характеристики розумного стійкого міста в рамках різних реалізованих проєктів та програм. Водночас усі міста Північної Європи націлені на підвищення якості життя в містах, на досягнення цілей сталого розвитку, а також на підвищення конкурентоспроможності міської економіки за допомогою розвитку ІТ-індустрії та тиражування найбільш успішного досвіду у галузі створення розумних міських рішень.

Особливості будівництва розумних міст в інших розвинутих регіонах. Розумні міста в світі широко поширилися, і до 2018 року їх кількість досягла 143 проєкту різного ступеня завершеності: в Північній Америці - 35 проєктів, в Південній Америці - 11, в Європі - 47, в Азії - 40, 10 - на Середньому Сході і в Африці. Проєкти умовно поділяються на будівельні проєкти нових міст і проєкти перетворення існуючих міст.

Австралія, Сідней. У столиці Австралії визначення ступеня завантаженості автомобільних трас використовується система SCATS. Вона обчислює щільність завантаження доріг за допомогою вмонтованих у дорожнє полотно датчиків та сенсорів. Інформація надходить у спеціальні ЦОД, які, аналізуючи дані системи, самостійно керують світлофорами. В результаті протяжність пробок скоротилася на 40%, час у дорозі – на 20%, обсяг палива, що спалюється – на 12%, а обсяг вихлопних газів – на 7%. В Австралії до системи SCATS підключено більшість перехресть – близько 11 тисяч. За даними влади штату Новий Південний Уельс, використання адаптивної системи регулювання дозволило скоротити запізнення машин на 20%, пробки - на 40%, а кількість палива, що спалюється в Сідней, впала на 12%. Відповідно, на 7% скоротився обсяг вихлопних газів [12].

Онлайн-сервіси дозволяють австралійцям дізнаватися про стан повітря завдяки інтеграції даних систем моніторингу атмосфери з мобільними сервісами. Цей проєкт є пілотним і запущений лише в одному районі Сіднея. За надання інформації відповідають чотирнадцять датчиків, які передають дані цілодобово.

Системі під силу визначити хімічний склад та вміст шкідливих частинок у повітрі.

Моніторинг стану міської атмосфери – ще один коник Сіднея. Національний центр ІКТ Австралії (NICTA) та Департамент захисту навколишнього середовища штату Новий Південний Уельс (NSW EPA) запустили пілотний проект із вимірювання забрудненості повітря в області Хантер-Веллі (Hunter Valley). Тут встановили 14 датчиків, які збирають дані про стан повітря у цілодобовому режимі. Вони можуть визначати вміст озону, двоокису азоту, чадного газу, діоксиду сірки та твердих частинок, а також вимірювати показник прозорості повітря. З цих даних спеціальний алгоритм обчислює індекс якості повітря (AQI – air quality index). За цим індексом можна прогнозувати рівень забруднення атмосфери у різних частинах штату. Інформація ця відкрита, тому про стан повітря в місті жителі Сіднея можуть дізнатися так само, як про прогноз погоди – з комп'ютерів або смартфонів.

Іспанія, Мадрид. Мадрид входить до п'ятірки найбільш густо населених муніципалітетів Європи. Для довідки місто виробляє близько 1 млн тонн побутових відходів на рік, а його жителі споживають близько 15 млн кубометрів води за 12 місяців. Крім того, місто займається управлінням множинними майновими активами, наприклад, власним парком з 1,7 млн. транспортних одиниць, більш ніж 250 тис. освітлювальних приладів, а також стежить за станом 287 тис. Дерев [13].

У липні 2014 р. стало відомо про те, що Мадрид використовуватиме технології IBM Smarter Cities для покращення роботи сервісів, що надаються громадянам міською адміністрацією, а також роботи інструментів комунікації та взаємодії з мешканцями. Підрозділ IBM, INSA, стверджує, що даний проект є найбільшим у галузі створення сервісної екосистеми в Іспанії, головна його мета полягає у покращенні міського життя для всього тримільйонного населення Мадрида.

Вартість проекту – 14,7 млн євро, основу впроваджуваних рішень становитимуть технології для аналізу та управління великими даними. З їхньою

допомогою міська адміністрація керуватиме роботою з кожним сервіс-провайдером та відповідним чином оплачуватиме її залежно від рівня послуг. Йдеться про підрядників адміністрації, які стежать за станом вулиць, освітленням, іригацією, зеленими насадженнями, здійснюють прибирання території та вивезення, а також переробку сміття.

У місті реалізується понад 80 розумних ініціатив від прикладного порталу до схем заохочення короткострокового користування вільними міськими землями. У Барселоні інформація з усіх міських датчиків, а їх налічується понад 600, збирається спеціальною інтегрованою платформою Sentilo.

Ці дані – відкриті, а на їх основі міська влада планує забудову міської межі, прокладання автотрас та інженерних комунікацій.

Система збору сміття у цьому мегаполісі також відрізняється інтелектом. Ультразвукові сенсори, вмонтовані в сміттєві контейнери, сповістять комунальні служби, що настав час приступати до вивезення відходів. Система самостійно розраховує графік пересування комунального спецтранспорту, щоб заощадити паливо, людські ресурси та своєчасно вивозити відходи.

Останнім часом завдяки вдосконаленню систем відеоспостереження покращилась безпека мешканців міста. За офіційними даними, у місті відмічено спад кримінальної активності, при цьому частка крадіжок, на які у 2014 р. припадало більше половини всіх злочинів, за рік упала на 30,2%.

Іспанія, Барселона. Столиця Каталонії активно впроваджує рішення, що базуються на даних. Це єдине місто, де створена та діє спільна платформа для збору показань з усіх датчиків. Інтегрована система Sentilo (у перекладі з мови есперанто – «сенсор») представлена на рисунку 1.2 і поєднує прилади спостереження водопостачання, світла, енергетики, дорожньої обстановки, рівня шуму тощо. – всього близько 550 датчиків, які збирають інформацію про обстановку у місті. Усі дані відкриті. Тож вони не лише допомагають владі планувати міську забудову, прокладання нових доріг та інженерних комунікацій, а й є гарною основою для розробок незалежних комерційних компаній [14].

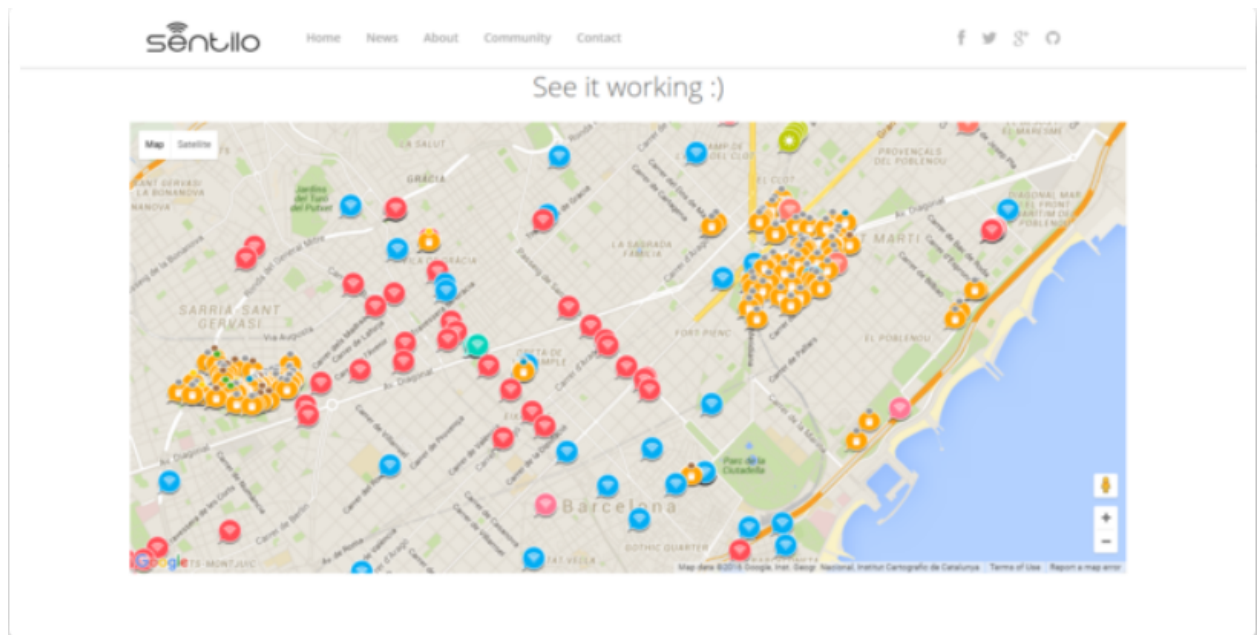


Рисунок 1.2 - Мапа розташування сенсорних IoT пристроїв системи Sentilo

У Барселоні впроваджено передову систему розумного збору сміття. Контейнери обладнані ультразвуковими сенсорами, які подають сигнал, коли контейнер повний. Сміттєзбиральні машини приходять за графіком, складеним за допомогою цієї системи, що дозволяє значно економити паливо та робочий час.

Барселона посідає друге місце після Нью-Йорка за рівнем розвитку міської мережі Wi-Fi. У місті встановлено 590 точок доступу, зокрема 220 – у міських парках. До кінця цього року точками доступу буде оснащено міський транспорт. У результаті в місті буде вже понад 1500 точок доступу, що виведено Барселону у безумовні лідери рейтингу.

Загалом експерти PwC відзначають високий рівень готовності Барселони до запровадження систем розумного міста. Для цього тут є і система збору даних, і потужні центри їхньої обробки, але головне – добре розвинені центри компетенції: університети та дослідницькі інститути.

Бразилія. Ріо-де-Жанейро. Показовий досвід впровадження рішень Smarter Cities у Ріо-де-Жанейро. Рішення про необхідність організації у місті Rio Operations Center виникло після чергового сходу селю з пагорба, де розташовувалися частина міських районів. У зв'язку з сильними зливами сіли

сходили досить часто, але один з них виявився особливо руйнівним, загинуло багато людей, знищено будинки. За домовленістю з ІВМ міська адміністрація прийняла рішення організувати центр, до якого надходила б інформація про погоду, стан ґрунтів, ситуацію на дорогах тощо. – всього до центру зображеному на рисунку 1.3 поставляються дані понад 30 відомств і, відповідно, з'явилася можливість забезпечити зворотний зв'язок, зв'язавши між собою всі ці відомства.



Рисунок 1.3 - Приклад організації центру обробки інформації Smarter Cities

Тепер при отриманні інформації про сильну зливу, що наближається, міські служби точно знають, на яку ділянку потрібно послати максимальну кількість рятувальників, де потрібно швидко організувати евакуацію людей, які шляхи краще використовувати і т.д [15].

У листопаді 2011 року систему було ще удосконалено: систему оповіщення міської влади та аварійних служб про зміну погодних умов було автоматизовано (до цього оповіщення розсилаються вручну). Крім того, інформація з Rio Operations Center щодня публікується у соціальних мережах та розсилається на мобільні пристрої користувачів. Крім того, на Facebook і Twitter публікується постійно поновлювані метеозведення, стан на дорогах та інша корисна інформація.

Ізраїль. Тель-Авів. У Тель-Авіві вирішили в 2016 році збудувати дорогу, яка буде здатна заряджати електромобілі прямо по ходу руху. Як відомо, найбільшим недоліком таких авто є постійна потреба у підзарядці. За задумом ізраїльських вчених, енергія вироблятиметься за допомогою спеціального дорожнього полотна. Для цього при прокладанні доріг передбачається використовувати спеціальну машину, яка копатиме невеликі траншеї глибиною близько 8 см для індукційних котушок. Далі траншея заливатиметься асфальтом, поле чого встановлені в ній котушки почнуть взаємодіяти з автомобілями, що проїжджають, передаючи їм електроенергію. Передбачається, що випромінювання від котушок представлених на рисунку 1.4 не перевищуватиме 25 см - цього буде достатньо, щоб «дістати» до автомобіля, і, водночас, мало, щоб нашкодити здоров'ю водія.



Рисунок 1.4 - Енергетична смуга

Компанія Electroad вже провела комплексне тестування рішення у своїх лабораторіях. На першому етапі енергетичну смугу планується створити для громадського транспорту. Далі буде модифіковано інші ділянки доріг. На переконання фахівців Electroad, розроблена технологія має низку переваг, щоб стати основою для побудови дорожньо-транспортної інфраструктури найближчого майбутнього. Так, вага батареї електричного автобуса може становити до 5 тонн, а вартість – кілька сотень тисяч доларів. При цьому дальність поїздки такого автобуса все одно буде обмежена ємністю батареї. Рішення Electroad дозволяє зробити електричні автобуси легшими та підвищити максимальну дальність поїздок.

Саудівська Аравія, Неом. Наслідний принц Саудівської Аравії Мухаммед Салман аль Сауд оголосив у жовтні 2017 року про будівництво нового суперміста, яке називають «найамбіційнішим проектом в історії». Держава планує витратити на її зведення 500 мільярдів доларів і активно шукає інвесторів, обіцяючи створити з нуля на порожній землі високотехнологічне поселення нового типу із власними законами.

Нове місто Neom за проектом представленим на рисунку 1.5 пропонується побудувати на ділянці землі площею 25 тисяч квадратних кілометрів (площа, скажімо, Нью-Йорка – 1200 квадратних кілометрів) на березі Червоного моря біля Саудівської Аравії, Йорданії та Єгипту. В описі проекту йдеться про те, що місто розташується на території всіх трьох країн, хоча поки що ні Каїр, ні Амман ці плани не коментували.

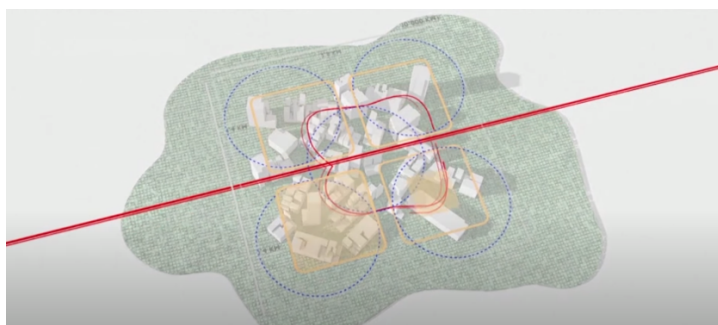


Рисунок 1.5 - Проект міста майбутнього Неом

Місто отримуватиме електрику за рахунок сонячних батарей та інших відновлюваних джерел енергії. Вчені нового міста розроблять нові способи зберігання природних ресурсів та енергії як на основі існуючих технологій, так і за допомогою тих, про які світ поки не чув.

У Neom буде повністю екологічний транспорт, а саме місто стане сполучною ланкою між Африкою та Азією. Місто забезпечуватиме себе їжею за рахунок нових технологій, а також ферм із використанням морської води. Наукові лабораторії Neom сфокусуються на розробці біотехнологій та інноваційних способів виробництва. Передбачається, що місто привабить таланти з усіх галузей, включаючи мистецтво [16].

У презентації зазначають, що ділянка землі, яка передбачається під будівництво міста, вдалий з погляду клімату, оскільки середня температура тут на 10 градусів нижча, ніж на решті країн Перської затоки. Прохолодний вітер із Червоного моря робить клімат приємним, це «ідеалістична та мирна пустеля».

Передбачається, що Neom буде своєрідною державою в державі, або навіть незалежною освітою з власними законами та податковими правилами та «електронним урядом»; основною метою проекту названо створення «ідеалістичного суспільства».

Південна Корея, Сонгдо. Міжнародного ділового району Сонгдо (songdo це ИБД) – це «розумне місто» або «всевидюче місто» реалізований з нуля на 600 га (1 500 одиниць) на меліорованих землях уздовж Інчхон набережну, в 30 кілометрах на північний захід від Сеула, Південна Корея і підключений до Міжнародного аеропорту Інчхон в 12,3 км. залізобетонного автодорожнього моста, званого міст Інчхон. Поряд з Yeongjong і Cheongna, він є частиною вільної економічної зони Інчхон.

Songdo IBD був побудований і створений, щоб бути «всюдисущим містом», або розумним містом. Те, що є «всевидячею» технологією, тобто комп'ютери вбудовані в будівлі і вулиці міста. Наприклад, жителі Songdo IBD можуть проводити відеоконференції зі своїми сусідами або навіть відвідувати заняття віддалено. Вони можуть контролювати освітлення, опалення, кондиціонування повітря і багато іншого, все з натисканням кнопки на панелі управління.

Датчики збирають інформацію про такі речі, як транспортний потік і споживання енергії. Ця інформація може бути перероблена в оповіщення, які повідомляють громадянам, коли автобус прибуде, або інформують влади, коли відбувається злочин.

Португалія, місто PlanIT Valley. Поблизу північно португальського муніципалітету Паредеш колишній співробітник Microsoft Стів Льюїс будує розумне місто PlanIT Valley, практично всі елементи якого - від дорожнього трафіку до світла ліхтарів - керуватимуться за допомогою єдиної операційної

системи. Перші мешканці мають заселитися у PlanIT Valley вже найближчими роками.

PlanIT Valley – тестовий майданчик для нових розумних технологій і водночас бізнес-інкубатор для технологічних стартапів. В основі – єдина операційна система, яка пов'язує між собою необмежену кількість смартфонів, планшетів, комп'ютерів і навіть «розумних будівель», а також збирає та аналізує корисні відомості про життя та потреби населення.

Споруджувати це поселення вирішили в Португалії – одній з найбідніших країн Євросоюзу. Такий вибір можна пояснити бажанням прискорити будівництво: фінансові потрясіння зробили португальських чиновників більш зговорливими, вони готові йти на бюрократичні компроміси. Зводять PlanIT поряд із містом Порто [17].

Глава компанії Living PlanIT, заснованої в 2006 році, Стів Льюїс не втомлюється пояснювати, що його розумне місто – не подружжя арабським і азіатським витівкам. Завдяки єдиній операційній системі місто нагадуватиме живий організм. Нервові закінчення – це мільйони датчиків, що заміряють усі можливі параметри: температуру, рівень освітлення, вологість, трафік, опалення та водопостачання. Дані постійно збираються і аналізуються. Якщо десь трапився надлишок води, насоси перекачають в іншу частину міста. Якщо прогноз погоди обіцяє похмурий холодний день, система заздалегідь відключить сонячні елементи, підвищить температуру в будинках та яскравість вуличних ліхтарів. Програму вже розробили – вона називається Urban OS.

Головна особливість PlanIT у тому, що частиною міської інфраструктури зможуть керувати самі мешканці, для цього розробили систему Place Apps. Стів Льюїс позиціонує її як еквівалент iPhone-додатків по відношенню до міського середовища. На практиці це може виглядати так: закохана парочка сидить у парку на лавці, настає романтичний момент, і молодик крадькома приглушує освітлення за допомогою свого смартфона. Або, наприклад, школяр, який не прийшов вчасно додому, загравшись у парку, чує, як та сама лавка каже йому:

«Швидко додому!» Поки що місто, щоправда, можна контролювати лише з єдиного інформаційного центру.

Робота основних мереж та життєво важливої інфраструктури міста, звичайно, залишиться під контролем фахівців. Вони аналізуватимуть дії Urban OS, представлені на рисунку 1.6, та допомагатимуть системі приймати складні рішення: раціонально розподіляти енергоресурси, стежити за екологічною безпекою, попереджати пожежі та мінімізувати кількість ДТП, правильно спрямовуючи транспортні потоки. З таким підходом PlanIT Valley має стати не лише найпросунутішим, а й найбезпечнішим містом на планеті. Питання лише, хто саме там житиме і як туди потрапити.



Рисунок 1.6 - Реалізовані системи в місті PlanIT Valley

Перші десять тисяч мешканців – це майбутній обслуговуючий персонал, керівництво міста та їхні сім'ї. Якщо все складеться, у 2013 році їм належить не тільки випробувати всі принади цифрового світу на собі, а й підготувати ґрунт для наступної хвилі мігрантів. Так що спочатку це справді буде Академмістечко, і простим смертним, навіть гікам і айтишникам, робити там нічого. Натомість до 2015 року, обіцяє Стів Льюїс, PlanIT Valley готовий буде прийняти ще 120-140 тисяч людей. В основному це будуть співробітники компаній, які брали участь у розробці платформ та програм для Urban OS. Їх близько трьохсот, і імена варіюються від Philips і Hitachi до Microsoft і McLaren – їхні співробітники житимуть у PlanIT безкоштовно.

ОАЕ, Масдар. Масдар розташований неподалік Абу-Дабі – столиці ОАЕ. Для будівництва міста виділено 6 квадратних кілометрів, на яких збудують 1500 бізнес-центрів та житлові приміщення для 50 тисяч осіб. Спеціально для міста розробили систему охолодження, оскільки в ОАЕ дуже спекотний клімат. 46-метрова вежа буде створювати постійний потік повітря, який дозволяє тримати температуру на рівні 15-20 градусів. Будівлі будуть розташовані близько один до одного, щоб на вулиці потрапляли менше сонячних променів. Будинки обладнані додатковими щитами від сонця з інтелектуальним управлінням – їхнє становище змінюється залежно від положення сонця.

Від зовнішнього довкілля Масдар захищатимуть теракотові стіни. Вони затримують спекотні вітри та піщані бурі, що часто виникають у пустелі. Masdar City має стати містом без автомобілів. Точніше, без приватних автомобілів на звичному пальному. Тут будуть безпілотні електрокари, що працюють як таксі. Місто має стати першим подібним поселенням та задати вектор розвитку для майбутнього містобудування, орієнтованого на екологію [18].

Будівництво Масдара йде повільніше, ніж планувалося. Архітектори зіткнулися з низкою проблем, що виникли на етапі реалізації проекту. Початковий план будівництва підземної транспортної системи довелося відкласти. Необхідність в особистому транспорті все ж таки виникла, тому в Масдарі можна їздити на особистих електрокарах.

Для економії ресурсів у місті взагалі немає електричних вимикачів та кранів для води. Для включення необхідних приладів використовуються датчики руху як тільки людина підходить до датчика, вмикається освітлення та вода. Для забезпечення міста енергією використовують переважно сонячні батареї. Для них на околицях міста виділено поле розміром 21 га. На цій площі розміщено понад 87 тисяч сонячних панелей. На додаток до цього сонячні панелі встановлені на дахах будівель. Кількість сонця в ОАЕ дозволяє використовувати енергію сонця із високим ККД.

Реалізувати план з нульового викиду вуглецю поки що не вдалося. Місто все одно виділяє парникові гази. Хоча зараз у Масдарі проживає лише 300 осіб –

це аспіранти Інституту науки і техніки Масдар. Всі вони безкоштовно проживають у місті та здобувають освіту. На даний момент збудовано лише 5% від запланованого. Дату завершення будівництва перенесли на 2030 рік, але це може виявитися не фінальною датою.

У центрі Масдара знаходиться штаб-квартира Siemens, поблизу є банк, відділення пошти, магазин продуктів, а також кілька закладів громадського харчування. Вітряну вежу теж збудували, вона допомагає знижувати температуру у місті.

Незважаючи на складнощі у реалізації, проект Масдар підтримують багато організацій та політичних діячів. Гіллари Клінтон відвідувала Масдар і заявляла про підтримку такої ініціативи. Проект також знайшов відгук у міжнародних організацій – WWF та BioRegional назвали Масдар «живою спільнотою єдиної планети».

Намагання створити місто з нульовим викидом вуглецю не залишаться непоміченими. Розробки Масдара, структура якого представлена на рисунку 1.7, зможуть використовувати при будівництві нових міст, заснованих на відновлюваній енергетиці та нульових викидах вуглецю. Рано чи пізно такі технології отримають розвиток, тому можна з упевненістю: Масдар – справжній прорив у будівництві екологічно чистих міст.

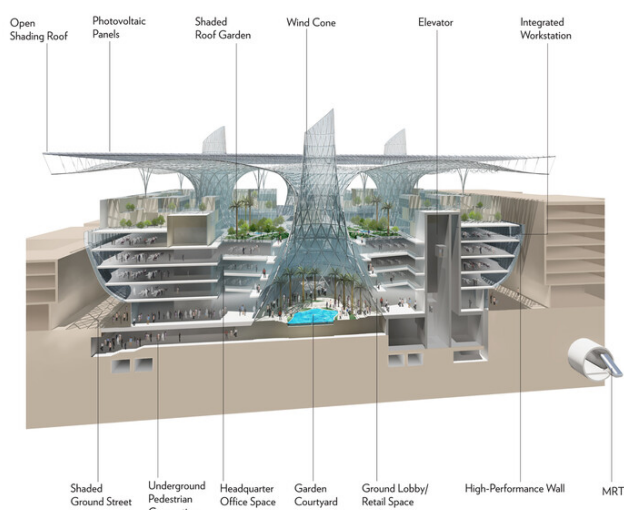


Рисунок 1.7 - Структура сучасного екоміста Масдар

Аналіз міських стратегій розвитку свідчить у тому, що майже все розглянуті міста для реалізації концепції будують розумні квартали, живі лабораторії, що дозволяють городянам тестувати розумні міські рішення, визначати їх ефективність і можливість подальшого тиражування цього досвіду. "Живі лабораторії" (Living labs) також можна оцінювати як спосіб залучення жителів до прийняття рішень щодо відбору найбільш затребуваних та оптимальних розумних міських технологій, спосіб уникнути порожніх витрат фінансових ресурсів на незатребувані інтелектуальні рішення.

У світовій практиці створення подібних лабораторій оцінюється неоднозначно і критикується низкою дослідників. Ця критика пов'язана з тим, що якщо створення живих лабораторій ініційоване ІТ-компаніями, то вони, зазвичай, зацікавлені в тестуванні та комерційному просуванні інтелектуальних рішень, поява яких не завжди цікава жителям, оскільки ці рішення спрямовані на стеження, контроль за громадянами. В якості подібного прикладу можна навести досвід Торонто та Side Walk Lab, яка тестувала та просувала незатребувані розумні технології, і в результаті намічені цілі з будівництва доступного житла, скорочення витрат городян на мобільність городян так і не було досягнуто.

Успіх більшості міст Північної Європи можна пов'язати з наявністю в них найбільших університетів та науково-дослідних центрів, які створюють фундамент для наукових досліджень та розвитку високотехнологічних секторів економіки у стратегіях низки міст вказана мета – створення міста знань, центру співробітництва між усіма акторами розумних стійких міст.

Досвід країн Північної Європи дає змогу стверджувати, що інноваційні, інтелектуальні та розумні міста стали актуальними концепціями у містобудуванні. Досвід скандинавських міст свідчить про те, що найбільшого поширення розумні технології набули у сфері міського руху та транспорту (розумна мобільність). При цьому інновації та інтелектуальні технології, пов'язані з чистими технологіями та екологічною стійкістю, матимуть постійне і все зростаюче значення у місті.

Крім розумної мобільності, пріоритетним напрямом розвитку розумних стійких міст залишається така сфера, як «розумне управління», що використовує різні платформні рішення для управління містом, для залучення городян у цей процес. Проте більшість технологій, пов'язаних із забезпеченням безпеки городян, зокрема й інформаційної, нерідко критикуються дослідниками. Однією з найважливіших характеристик міст, що аналізуються, є можливість використання всіма учасниками ринку для просування своїх послуг і продукції відкритих даних (Open Data), що що акумулюються містами щодня. Однак акумуляція великого масиву приватної інформації про мешканців міст також залишається об'єктом критики, оскільки створює багато етичних проблем. Важливо, щоб дані, що збираються, не ставали інструментом для покарання або маніпуляції жителями, а дозволяли б приймати науково обґрунтовані рішення з питань та проблем управління містами.

1.3. Технологія інтернету речей (Internet of Things)

Загальна інформація про інтернет речей. Поняття Інтернету речей являє собою концепцію обчислювальної мережі фізичних об'єктів або так званих речей, які оснащені деякими вбудованими технологіями для взаємодії із зовнішнім середовищем або один з одним. Така концепція розглядає подібні мережі як явище, здатне змінити економічні та соціальні процеси шляхом виключення необхідності участі людини у низці операцій та дій.

Суть цієї концепції сформульована наприкінці ХХ століття як позначення перспектив широкого використання засобів радіочастотної ідентифікації для взаємодії фізичних об'єктів як між собою, так і із зовнішнім оточенням. Подальше наповнення поняття Інтернету речей різноманітним технологічним змістом та впровадження інноваційних рішень для реалізації вищезгаданої концепції протягом останнього десятиліття вважається тенденцією у галузі інформаційних технологій. Причиною цього є насамперед використання хмарних обчислень, повсюдне поширення бездротових мереж, початок

активного переходу на IPv6 і, звичайно, розвиток технологій міжмашинної взаємодії.

На сьогоднішній день термін «Інтернет речей» має відношення не лише до кіберфізичних систем для так званого домашнього використання, а й до масштабніших промислових об'єктів. Скажімо, розвиток розподіленої мережевої інфраструктури в автоматизованій системі управління технологічним процесом спричинило появу такого поняття, як індустріальний чи промисловий Інтернет речей [19].

Історія розвитку інтернету речей. Концепція Інтернету речей була передбачена ще на початку минулого століття Миколою Теслою – тоді фізик припускав, що радіохвилі можуть виконувати функцію нейронів якогось «великого мозку», що управляє фізичними предметами, а інструменти для досягнення такого результату будуть настільки компактними, що помістяться в кишеню. У 1990 році Джон Ромкі, один із творців TCP/IP, створив першу у світі Інтернет-річ, підключивши до мережі свій тостер. Сам же термін «Інтернет речей» узвичаїв у 1999 році засновник дослідницької групи при Массачусетському Технологічному інституті Кевін Ештон на презентації для керівництва Procter&Gamble. Він запропонував збільшити ефективність логістичних процесів без втручання людини: за допомогою радіодатчиків збирати інформацію про наявність товарів на складах підприємства та відслідковувати їхній рух до торгових точок. Кожна мітка надсилала в мережу дані про своє місцезнаходження зараз. Використання міток радіочастотної ідентифікації прискорило реакцію постачальників та ритейлерів на зміну попиту та пропозиції. Товари не залежувалися на складі, а вирушали туди, де вони справді необхідні. Варто також згадати, що цього ж 1999 року на базі інституту було створено Центр автоматичної ідентифікації, який розглядав питання сенсорних технологій та радіочастотної ідентифікації, завдяки якому концепція і набула такого широкого поширення.

Вже в 2004 році в Scientific American була опублікована стаття, що наочно показує можливості концепції, що розглядається в побутовому застосуванні.

Зокрема, у статті наочно відображено, як побутові прилади, домашні системи, різні датчики та інші об'єкти можуть взаємодіяти один з одним за допомогою комунікаційних мереж та забезпечувати повністю автономне виконання побутових процесів, таких як полив рослин, підтримка температурного режиму, управління споживанням енергії та інші. Представлені варіанти домашньої автоматизації не відрізнялися новизною, проте зміщення фокусу уваги на об'єднання «речей» в єдину обчислювальну мережу, що обслуговується інтернет-протоколами, а також пильний розгляд Інтернету як особливого явища сприяли популяризації концепції.

Аналітики компанії Cisco вважають «справжнім народженням Інтернету речей» період з 2008 по 2009 рік, оскільки саме до цього часу кількість пристроїв, підключених до глобальної мережі, перевищила чисельність людства. Таким чином відбувся перехід від «Інтернету людей» до «Інтернету речей» [20].

Починаючи з 2009 року за підтримки Європейської комісії в Брюсселі щорічно проводиться конференція Internet of Things, на якій доповіді представляють чиновники країн Євросоюзу, єврокомісари, провідні вчені дослідницьких центрів. У цей же час Інтернет речей відіграє важливу роль у розвитку парадигми «туманних обчислень» – хмарних сервісів у навколишньому середовищі.

Таким чином, менш ніж за 20 років Інтернет речей став трендом у галузі інформаційних технологій, пройшовши шлях від радіочипів, що наносяться на складські ящики, до глобальної інтернетизації та оцифрування всіляких пристроїв або так званих «речей».

Опис концепції інтернету речей. Визначень Інтернету речей дуже багато. Одне з найбільш вдалих дав Роб ван Краненбург, керівник проекту розвитку «Internet of Things»: Інтернет речей – концепція простору, в якому все з аналогового та цифрового світів може бути поєднане, що перевизначить наші відносини з об'єктами, а також властивості та суть самих об'єктів.

У справжній курсовій роботі під Інтернетом речей розумітимемо єдину мережу, що з'єднує навколишні об'єкти реального світу і віртуальні об'єкти.

Тобто це не просто підключені до мережі Інтернет пристрої, об'єднані між собою дротовими або бездротовими каналами зв'язку, а тісніша інтеграція, де спілкування здійснюється між людьми та пристроями.

Вникаючи в суть концепції, важливо зрозуміти, що ж у разі має на увазі під словом «речі». Речі, з точки зору Інтернету речей, це фізичні об'єкти, запрограмовані на обмін інформацією один з одним або із зовнішнім середовищем [21].

Ви можете виділити основні особливості Інтернету речей. Він передбачає постійний супровід повсякденних дій людини і має орієнтованість на результат, причому людина повинна позначити лише її, а не методи її досягнення.

Промисловий чи індустріальний Інтернет речей поєднує концепцію міжмашинного спілкування, використання великих обсягів даних та перевірені технології автоматизації виробництва. Його ключова ідея полягає у перевазі машини над людиною у точному та безперервному зборі інформації. Інтернет речей здатний підвищити рівень контролю якості продукції, побудувати процес розумного та екологічного виробництва, забезпечити надійне постачання сировини та в цілому оптимізувати роботу заводського конвеєра.

Технології засобів ідентифікації. Задіяння в Інтернеті речей предметів фізичного світу, які можуть бути не оснащені засобами підключення до мереж передачі даних, потребує застосування технологій ідентифікації цих предметів або так званих «речей». Хоча поштовхом для появи концепції стала технологія радіочастотної ідентифікації, як подібні технології можуть застосовуватися й інші засоби, що використовуються для автоматичної ідентифікації, наприклад, ідентифікатори, що оптично розпізнаються (QR-коди, штрих-коди) або алгоритми визначення місцезнаходження в режимі реального часу. При всеосяжному поширенні Інтернету речей важливо забезпечити унікальність ідентифікаторів об'єктів, що, своєю чергою, вимагає стандартизації.

Для об'єктів, безпосередньо підключених до мереж, традиційним ідентифікатором є MAC-адреса мережевого адаптера, що дозволяє ідентифікувати пристрій на каналному рівні. Причому діапазон доступних

адрес практично невичерпний (248 адрес у просторі MAC-48), проте використання ідентифікатора каналного рівня не дуже зручно для додатків. Більш широкі можливості для ідентифікації для таких пристроїв дає протокол IPv6, що забезпечує унікальними адресами мережевого рівня не менше 300 млн пристроїв на одного жителя Землі.

Технології засобів виміру. Особливу роль інтернеті речей грають засоби виміру, які забезпечують перетворення відомостей про довкілля в машиночитаемые дані, і цим наповнюють обчислювальне середовище значної інформацією. Використовується широкий клас засобів вимірювання від елементарних датчиків (наприклад, температури, тиску, освітленості), приладів обліку споживання (таких, як інтелектуальні лічильники) до складних інтегрованих вимірювальних систем. У рамках концепції Інтернету речей важливо об'єднання засобів вимірювання в мережі (наприклад, бездротові датчикові мережі, вимірювальні комплекси), за рахунок чого можливе побудова систем міжмашинної взаємодії [22].

Як особлива практична проблема впровадження Інтернету речей наголошується на необхідності забезпечення максимальної автономності засобів вимірювання, насамперед проблема енергопостачання датчиків. Знаходження ефективних рішень, що забезпечують автономне живлення сенсорів (використання фотоелементів, перетворення енергії вібрації, повітряних потоків, використання бездротової передачі електрики) дозволяє масштабувати сенсорні мережі без підвищення витрат на обслуговування (у вигляді зміни елементів живлення або підзарядки акумуляторів датчиків).

1.4. Висновки по розділу 1

Розглянуті варіанти розвитку концепції Розумного міста в європейській і азіатській частині розрізняються, а саме, в азіатських країнах переважає технологічна спрямованість, а в європейських - соціальна спрямованість.

Досвід впровадження проектів Розумне місто показує, що при великих фінансових витратах на реалізацію концепції в реалізованих містах проектів спостерігається окупність у вигляді економічного прибутку або за рахунок великого соціального ефекту.

Встановлено, що нова технологія, Інтернет речей має свої недоліки та вразливості. Серед них можна зазначити такі:

1. Відсутність єдиних стандартів. Поки що мережі «речей» локалізовані на маленьких ділянках і об'єднують невелику кількість об'єктів. Кожна така мережа використовує свою систему захисту, тому зв'язати їх дуже непросто.

2. Проблеми з інформаційною безпекою. Якщо всі мережі використовуватимуть єдиний протокол, ймовірність кібератак зросте в десятки, а то й у сотні разів.

3. Відсутність автономності. Для повноцінного функціонування датчики та об'єкти повинні навчитися використовувати природну енергію – поки вони працюють від елементів живлення.

Проте з розвитком Інтернету речей все більше предметів підключатимуться до глобальної мережі, тим самим створюючи нові можливості у сфері безпеки, аналітики та управління, відкриваючи все нові та більш широкі перспективи та сприяючи підвищенню якості життя населення. На відміну від традиційного «людського» інтернету, Інтернет речей застосовується для раціонального і практичного підходу. Його ключове завдання – автоматизація, оптимізація, скорочення матеріальних та тимчасових витрат. Інтернет речей економить не лише гроші, а й час: машини здатні змінити людину на рутинній роботі та звільнити від виконання ризикованих чи стандартних завдань.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ РОЗУМНОГО МІСТА, ПРОГРАМНІ ТА АПАРАТНІ СКЛАДОВІ

2.1. Технології реалізації системи Розумного міста

NB-IoT. Інноваційною технологією Інтернету є рішення вузькосмугового IoT (Narrow-Band IoT або NB-IoT). Це бездротовий вузькосмуговий різновид глобальних мереж з низьким енергоспоживанням (Low Power Wide Area, LPWA), який насамперед призначений для додатків міжмашинної взаємодії (M2M). Стандарт NB-IoT відкриє компаніям, що спеціалізуються на наданні телекомунікаційних послуг, широкий спектр нових можливостей. Зокрема, суттєво збільшить доходність операторів від одного абонента (Average revenue per user, ARPU). Технологія NB-IoT займе свою низькошвидкісну нішу у класі рішень, де пріоритетне значення має безперебійна передача даних та низьке енергоспоживання.

Стандарт NB-IoT був специфікований консорціумом 3GPP у 2016 році в Release 13 (LTE Advanced Pro) і зараз проходить тестування. Фахівці вважають, що технологія NB-IoT набуде популярності серед операторів, т.к. її обслуговування та експлуатація обійдеться їм дешевше, ніж передових на сьогоднішній день мереж LTE та GSM. Це зумовлено її характеристиками. Стандарт NB-IoT є двостороннім зв'язком, що діє в частотному каналі шириною 200 кГц. Для того, щоб запустити мережу в експлуатацію, оператору лише необхідно встановити на базовій станції спеціальне програмне забезпечення. Це актуально, якщо розгортати мережу IoT вже на існуючих частотах.

3GPP продумує модель функціонування мережі. Консорціум пропонує три варіанти розгортання мережі NB-IoT. Перший – це NB-IoT Guard Band, тобто.

для Narrowband IoT буде виділено окремий частотний спектр. Другий – це In Band, тобто. технологія буде розміщена у захисному частотному інтервалі мереж LTE. Третій – отримав назву Stand Alone. Згідно з його концепцією, NB-IoT та LTE працюють в одному частотному діапазоні. Таким чином, мережу NB-IoT можна розгорнути в частотних діапазонах, в якому в даний час функціонує стандарт GSM, після їх реформування в LTE, або в захисних інтервалах між мережами GSM і LTE. Швидкість передачі даних NB-IoT, зображена на рисунку 2.1, досягає 200 кбіт/с, що є достатнім для пристроїв, що періодично передають однотипні дані невеликого обсягу.



Рисунок 2.1 – Швидкість передачі даних в стандарті NB-IoT

У свою чергу, розробники обіцяють, що термін служби елемента живлення обладнання NB-IoT без підзарядки досягатиме 10 років. Очікується, що ціна терміналу NB-IoT становитиме \$5.

Наступною найважливішою особливістю технології NB-IoT є можливість підключати до однієї соті базової станції до 100 тисяч пристроїв NB-IoT, що в десятки разів перевищує можливості чинних стандартів мобільного зв'язку. Це дозволяє отримати додаткову комерційну вигоду на основі застосування аналізу IoT-даних методами великих даних (Big Data). У рамках співробітництва із суміжними галузями оператори, на додаток до продажу послуг зв'язку, мають можливість продавати аналітичні дані третім особам.

Такі переваги стандарту NB-IoT дозволяють значно збільшити зону покриття, забезпечивши зв'язок важкодоступних місць та регіонів.

Багато галузей діяльності виявляють інтерес до продуктів IoT, які підвищують ефективність бізнес-процесів. Насамперед це ЖКГ, транспортна сфера, охорона здоров'я, автомобільна промисловість.

Інтернет речей передбачає понад п'ятдесят варіантів використання, включаючи інтелектуальні датчики (на електрику, газ, воду), управління об'єктами, системи охоронної та пожежної сигналізації для дому та комерційної нерухомості, персональні датчики «електронного здоров'я», системи відстеження людей, тварин чи предметів, елементи інфраструктури «розумного» міста (наприклад, вуличні лампи або сміттєві контейнери, «розумного» будинку та підключені промислові інструменти тощо).

Аналітики вважають, що саме B2B-сегмент стане рушійною силою розвитку Інтернету речей і саме він виявлятиме найбільший інтерес до цих продуктів на першому етапі їхньої комерціалізації. Це також пояснюється тим, що зашити в комплектацію розумного пристрою структуровану бізнес-процедуру простіше, ніж потреби приватного користувача. Очікується, що обсяг ринку вузькосмугового (Narrowband) IoT до 2022 досягне близько 200 млн. дол.

Фахівці називають різні цифри про кількість підключених у найближчі 4-6 років IoT-пристроїв. Складність прогнозування пояснюється тим, що Інтернет речей має великий потенціал у промисловій сфері, яка є досить енергоємною і вимагає великої кількості підключених пристроїв.

Очікується, що перші тести стандарту NB-IoT розпочнуться на кордоні 2016-2017 років. Говорити про комерційне розгортання подібних мереж поки що зарано. Це пов'язано не тільки з нестачею електронних компонентів та проблемами розподілу виділених частот, але й з регуляторними механізмами. Представники Huawei відзначають, що на сьогоднішній день Росія не має причин залишатися позаду розвитку технології. Федеральні оператори досить міцно впровадили мережі LTE, що дуже важливо задля прогресування Narrowband IoT. Серед світових розробників стандарту NB-IoT, окрім Huawei, можна назвати Qualcomm, Intel Corporation, Nokia Networks, Verizon, Samsung Group, AT&T та інші.

Враховуючи, що стандарт NB-IoT лише сформований, їхня концепція ще відточується. Ряд розробників планують розширити функціонал мережі наступних релізах голосовим сервісом, т.к. швидкість роботи мережі дозволяє це

зробити. Також, швидше за все, NB-IoT стане однією зі складових специфікації мереж 5G (Narrowband 5G).

З метою популяризації та розгортання стандарту NB-IoT, Huawei на початку цього року підписало угоду про наміри з компанією TIM. Партнери створюють відкриту лабораторію для організації робіт над вузькосмуговим IoT та проведення випробувань у польових умовах.

Зрозуміло, що попит цю технологію зростатиме, т.к. її характеристики відповідають ринковим тенденціям та споживчим потребам. Вона надає широке покриття (у тому числі у підвальних приміщеннях), енергозбереження, можливість підключення великої кількості пристроїв та низьку вартість їхнього обслуговування [23].

SigFox. Технологія SigFox була винайдена та запатентована у 2009 році французькою компанією з однойменною назвою. Зараз офіс компанії розташований на півдні Франції неподалік міста Тулуза. Першу мережу SigFox було розгорнуто у Франції у 2012 році, а до 2014 року було забезпечено загальнонаціональне покриття країни.

До 2015 SigFox планувала вийти на американський ринок, але зіткнулася з проблемами в дозволеному в США частотному діапазоні, т.к. частотний діапазон, що використовується в США більш схильний до перешкод, ніж європейський діапазон. У той же час, технологія SigFox поширилася на країни Азіатсько-Тихоокеанського регіону.

Політика SigFox передбачає надання відкритої інформації про необхідне для побудови мережі апаратне забезпечення (базові станції та модулі), при цьому програмне забезпечення є закритим і продається операторам як послуга. В даний час SigFox є у більш ніж 60 країнах [24].

Для передачі даних SigFox використовує ультра-вузьку смугу частот (Ultra-Narrow Band, UNB) з двійково-фазовою маніпуляцією (BPSK), а для кодування даних змінює фазу несучої радіохвилі. Це дозволяє зменшити рівень шуму на стороні, що приймає, отже, зробити приймаючі пристрої більш дешевими:

1. Радіус дії: 30-50 км (3-10 км у зашумлених та важкодоступних районах).

2. Термін служби пристроїв без заміни батареї: 20 років від 2 батарейок типу AA.

3. Частоти, що використовуються: 868 МГц (Європа) і 902 МГц (США).

4. Топологія мережі: зірка (базова станція, до якої підключаються кінцеві точки).

Існуючий стандарт SigFox визначає максимальну кількість повідомлень від базової станції до кінцевого пристрою на день: 140 повідомлень, при цьому кожне повідомлення має бути не більше 12 байт (виключаючи заголовок повідомлення та інформацію про передачу). Також кількість повідомлень, що виходять від кінцевого пристрою: 4 повідомлень на день з корисним навантаженням 8 байт [25].

Пристрій, що працює у мережі Sigfox, може щодня надіслати до 140 повідомлень розміром до 12 байт. У цей обсяг можуть бути включені координати девайса, звіт про потужність, що споживається пристроєм, сигнали тривоги і т.д.

Sigfox, як і LoRa, створили сильні екосистеми мережевих та телекомунікаційних партнерів для надання IoT-сервісів та будівництва власних громадських LPWA-мереж.

6LoWPAN. Стандарт 6LoWPAN підключає безліч пристроїв до хмари. Мала потужність, IP-адресні вузли і підтримка великих мереж мереж роблять цю бездротову технологію хорошим вибором для додатків Інтернету речей (IoT). Повне ім'я «IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks» означає «передача пакетів IPv6 поверх малопотужних бездротових персональних мереж», отже, 6LoWPAN є мережевою технологією або рівнем адаптації, який дозволяє ефективно передавати пакети IPv6 у невеликих фреймах каналного рівня, визначених у бездротових каналах. стандарті IEEE 802.15.4. Побудова наскрізної інфраструктури на основі Інтернет-протоколів (IP) увібрала всі досягнення більш ніж 30-річного розвитку технології IP, цьому сприяли відкриті стандарти та їх сумісність, що значною мірою продемонстровано щоденним використанням Інтернету його майже 3 мільярдами користувачів.

6LoWPAN – відкритий стандарт, визначений в RFC 6282 Робочою групою інженерів Інтернету (IETF) – організацією зі стандартизації, яка визначає багато відкритих стандартів, що використовуються в Інтернеті, такі як UDP, TCP і HTTP, і це далеко не повний перелік. Чудова особливість 6LoWPAN полягає в тому, що він був спочатку задуманий, щоб підтримувати малопотужні бездротові мережі 2,4 ГГц, побудовані на базі IEEE 802.15.4, але тепер цей стандарт адаптований і використовується в багатьох інших середовищах мережевої передачі, включаючи бездротові мережі в діапазонах нижче 1 ГГц, Smart Bluetooth, передачу даних по лініях електропередачі (PLC) та малопотужні мережі Wi-Fi.

На рисунку 2.2 наведено приклад мережі IPv6, що включає в себе комірку (mesh) 6LoWPAN-мережа. Вихідний канал до Інтернету забезпечує точний доступ (AP), що діє як маршрутизатор IPv6. У типовій конфігурації до точки доступу підключається кілька різних пристроїв, таких як ПК, сервери тощо. 6LoWPAN-мережа пов'язана з IPv6-мережею за допомогою використання граничного маршрутизатора (граничного маршрутизатора). Граничний маршрутизатор виконує три дії: обмін даними між пристроями 6LoWPAN та Інтернетом (або іншою IPv6-сіткою), локальний обмін даними між пристроями у 6LoWPAN-мережі та формування та обслуговування радіопідмережі (6LoWPAN-мережі) [26].

Взаємодіючи природним способом з IP у рідному форматі, 6LoWPAN-мережі зв'язуються з іншими мережами через стандартні IP-маршрутизатори. Як показано на малюнку 1, мережі 6LoWPAN, як правило, працюватимуть як кінцеві на межі глобальної мережі. Це означає, що вхідні дані призначені для одного з пристроїв 6LoWPAN. Одна 6LoWPAN-мережа може бути пов'язана з іншими IP-мережами через один або більше граничних маршрутизаторів, які відправляють IP-датаграми між різними середовищами передачі. Забезпечення зв'язку з іншими IP-мережами може надаватися через будь-який довільний канал, такий як Ethernet, Wi-Fi або 3G/4G. Оскільки 6LoWPAN тільки конкретизує операції IPv6 поверх стандарту IEEE 802.15.4, граничні маршрутизатори можуть також

підтримувати механізми переходу IPv6, щоб з'єднати 6LoWPAN-мережі з IPv4-мережами, наприклад механізм NAT64, визначений в RFC 6146. Ці механізми переходу IPW6, щоб реалізувати IPv4 повністю або частково.

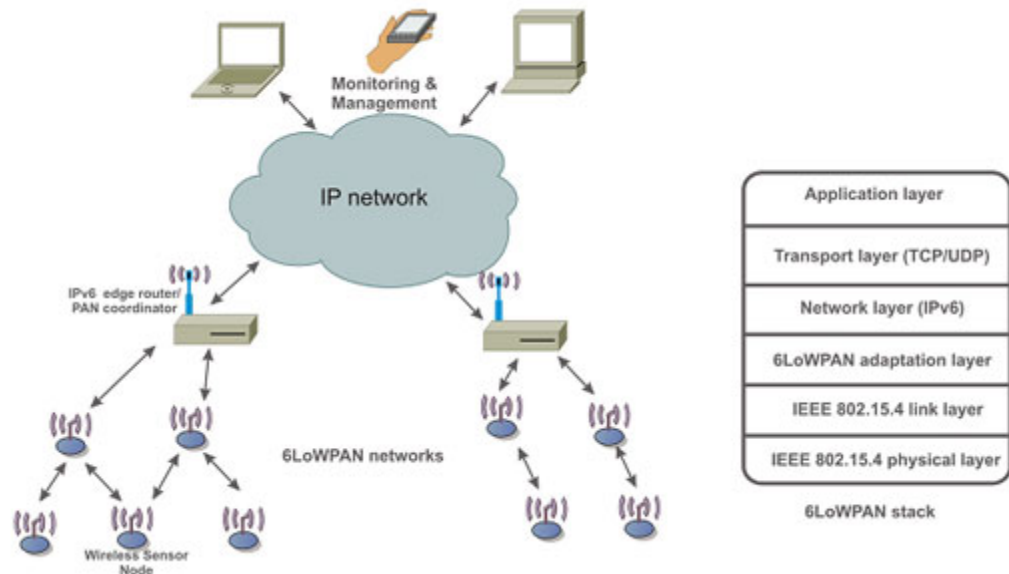


Рисунок 2.2 - 6LoWPAN увімкнення IPv6 через малопотужні бездротові сенсорні пристрої

6LoWPAN порівняно новий для ринку. Його характеристики роблять технології ідеальними для таких ринків, як домашня автоматизація з датчиками та виконавчими механізмами, контроль та управління вуличним освітленням, освітлення у квартирах, інтелектуальний облік електроенергії та типові програми IoT із підключеними до Інтернету пристроями. Сучасні розробки використовують діапазон 2,4 ГГц та субгігагерцевий діапазон, ґрунтуючись на перевагах IEEE 802.15.4, включаючи підтримку топології великих mesh-мереж з надійною передачею даних та малим енергоспоживанням. Додайте до цього переваги використання IP-технологій з безліччю програм, розроблених за останні 30 років. Легко зрозуміти, чому 6LoWPAN з відкритими стандартами, довгим часом життя, невеликим періодом освоєння (оскільки багато розробників вже знають IP) і прозорою Інтернет-інтеграцією має дуже хороші позиції, щоб заповнити ринок Інтернет речей, що швидко зростає.

Характеристики 6LoWPAN роблять цей стандарт ідеальним для застосування в побутовій автоматизації з датчиками виконавчих механізмів, в управлінні вуличним та домашнім освітленням, в системах інтелектуального обліку та типових додатках IoT із підключеними до Інтернету пристроями. Його переваги це робота в субгігагерцевому діапазоні та діапазоні 2,4 ГГц, надійна передача даних та мале енергоспоживання.

Bluetooth LE. Технологія Bluetooth завершила революцію в бездротовому зв'язку між пристроями завдяки широкому поширенню та простоті. Вона дозволяє обмінюватися інформацією без кабелів на високому рівні безпеки. Із-за своєї невеликої необхідної потужності та низької вартості вона відіграла поворотну в розвитку самих різних додатків – від швидкодіючих автоелектронік до складних медичних пристроїв.

Простота і всеобщее знання технології Bluetooth позначають, що будь-який пристрій з Bluetooth може об'єднатися з іншим близьким пристроєм з допомогою процесу, відомого як зв'язок. Зв'язок дає змогу пристрою встановити повнодуплексний зв'язок, передати дані та голос на невеликі відстані через спеціальні мережі, відомі як мережі, які можуть об'єднати до восьми пристроїв. Один пристрій виконує функцію провідного, а інші пристрої в мережі пікосети відомі. Ведучій пристрій працює як концентратор, а відомі зв'язуються через нього одно з іншим. Друга важлива характеристика технології Bluetooth полягає у використанні скачкообразної перебудови частоти для зменшення впливу перешкод [27].

Bluetooth Low Energy – це інтелектуальна та економічна версія бездротової технології Bluetooth. Вона вже грає важливу роль у превращенні розумних гаджетів у ще більш розумних, робить їх компактними, доступними та менш складними.

Bluetooth Low Energy (BLE), а також позиціонований як Bluetooth Smart, почав своє розвиток як частина специфікації ядра Bluetooth версії 4.0. Спочатку, до прийняття групи Bluetooth Special Interest Group (SIG), вона була розроблена фірмою Nokia під назвою Wibree. Первоначальний акцент у цьому був на

забезпеченості стандартами радіозв'язку з мінімально можливим енергоспоживанням, спеціально оптимізованим для отримання низьких витрат, невеликих смуг пропускання, мінімального енергоспоживання та невисокої складності.

Ці цілі проекту очевидні з базової специфікації, демонструє стремління зробити BLE подовженим стандартом з низьким енергоспоживанням, розробленим для практичної реалізації виробниками напівпровідникових компонентів та використання в практичних додатках при мінімальній потребі енергії та мінімальному бюджеті. Це вже широко поширена технологія, реально спроможна забезпечити продовження роботи від однієї дискової батарейки.

При тому, що технологія BLE найкраща сама по собі, що обумовило феноменальну швидкість її поширення, це звичайна технологія з розумними компромісами, яка з'явилася в потрібний час. По кількості виробів, у яких уже міститься BLE, цей загальний молодий стандарт на багато оперує інші бездротові технології в цьому ж точці їх життєвого циклу [28].

Проблемами, з якими зіткнувся класичний Bluetooth, є швидка витрата заряду батареї та часті втрати зв'язку, необхідного періодичного повторного зв'язку. Здатність успішно вирішити ці проблеми і стала однією з причин швидкого поширення BLE. В подальшому просуванню способствовало феноменальний ріст ринку смартфонів, планшетів і мобільних пристроїв. Раннє і активне прийняття BLE важливими мобільними індустріями відкрило двері для більш широкого впровадження BLE. Це, у свою чергу, підтолкнуло виробників напівпровідників до того, щоб сконцентрувати свої обмежені ресурси на технологічних технологіях, які, за їх оцінкою, швидше за все будуть розвиватися в довгостроковій перспективі.

По мірі дорослішання ринків мобільних пристроїв і планшетів, потреба в поєднанні цього обладнання з зовнішнім світом отримує величезний потенціал зростання. Це дає поставщикам периферійного обладнання унікальну можливість розробки інноваційних пристроїв, які вирішують проблеми споживачів, про існування яких сьогодні вони можуть навіть не розглянути.

Таким чином, в BLE було створено безліч переваг, що відкривають невеликим і проворним компаніям-розробникам доступ до потенційно величезного ринку з призначеними для вирішення конкретних задач креативними та інноваційними продуктами щодо скромного бюджету проекту. Сьогодні BLE також дозволяє цим розробникам проектувати конкурентоспроможні продукти, що дозволяє спілкуватися з будь-якою сучасною мобільною платформою, використовуючи легкі доступні мікросхеми, інструменти та стандарти.

Особливості технології:

1. Найнижче енергоспоживання. Для зниження споживання енергії пристрій BLE більшу частину часу проводить у сплячому режимі. Коли відбувається подія, пристрій прокидається і передає коротке повідомлення на шлюз, персональний комп'ютер або смартфон. Максимальне/пікове споживання потужності становить менше 15 мА, а середнє – близько 1 мкА. У порівнянні з класичним Bluetooth, активна споживана потужність знижена вдесятеро. У програмах з рідкісною періодичністю включення одна дискова батарея може забезпечити надійну роботу протягом 5-10 років;

2. Маловитратність та сумісність. Для сумісності з класичною технологією Bluetooth та невисокої ціни реалізації у невеликих пристроях з батарейним живленням існують два типи чіпсетів: дворезимні, за допомогою функціональності як BLE, так і класичного Bluetooth. Автономні BLE, оптимізовані для невеликих пристроїв з батарейним живленням, з акцентом на низьку вартість та малу потужність, що споживається;

3. Захищеність, безпека та надійність. У BLE використовується та ж технологія адаптивної стрибкоподібної перебудови частоти (AFH), що й у класичній Bluetooth. Це дозволяє BLE забезпечувати надійну передачу в умовах «зашумленого» ефіру, типових для домашніх, промислових та медичних програм. Для мінімізації витрат і споживання енергії при використанні AFH кількість каналів у BLE скорочено до 40 при ширині кожного каналу 2 МГц замість 79 каналів шириною 1 МГц, що використовуються в класичній технології Bluetooth;

4. Співіснування бездротових стандартів. Частоту 2.4 ГГц неліцензійного діапазону ISM використовують технологію Bluetooth, бездротові локальні мережі, IEEE 802.15.4/ZigBee, а також кілька фірмових стандартів. При такій великій кількості технологій в одному радіопросторі перешкоди можуть погіршити характеристики бездротової мережі (тобто збільшити затримки та зменшити пропускну здатність) внаслідок необхідності виправлення помилок та повторних передач. У відповідальних додатках вплив перешкод може бути знижений за рахунок частотного планування та спеціальної конструкції антени. Оскільки і в класичній Bluetooth, і в BLE використовується AFH, що мінімізує перешкоди від інших стандартів радіозв'язку, обмін через Bluetooth стійкий та надійний;

5. Дальність зв'язку. Технологія модуляції, що використовується в BLE, дещо відрізняється від технології класичної Bluetooth. Ця відмінність у модуляції забезпечує дальність зв'язку до 300 метрів за потужності передавача радіочіпсету 10 дБм (максимум, дозволений для BLE);

6. Простота використання та інтеграції. Зазвичай пикосеть BLE заснована на з'єднанні провідного пристрою з декількома веденими. Пристрій може бути ведучим, або веденим, але не тим і іншим одночасно. Провідний пристрій вирішує, як часто ведені можуть виходити на зв'язок, а ведені можуть передавати дані тільки на запит ведучого. Новою особливістю BLE, доданою до класичної Bluetooth, є функція оповіщення, за допомогою якої ведений пристрій може оголосити, що він має якусь інформацію для передачі ведучому. У сповіщенні може також бути подія або результат вимірювання.

ZigBee. ZigBee – протокол верхнього рівня, що базується на бездротовому стандарті IEEE 802.15.4. Біля джерел протоколу стоїть організація ZigBee Alliance, яка відповідає за його розвиток і просування, а також за сертифікацію обладнання. Вперше ZigBee було представлено публіці у 2004 році. Через рік специфікації першої версії протоколу було затверджено, і він став впроваджуватися в кінцеві пристрої.

Справжнє прокляття ZigBee – проблеми із сумісністю обладнання. Викликані вони цілою низкою причин. Почнемо з того, що стандарт пережив кілька оновлень – у 2006, 2007 та 2012 роках. Зрозуміло, автори нових специфікацій приділили увагу питанням сумісності, проте практика показує, що гаджети різних стандартів у межах однієї мережі краще не використовувати.

На цьому проблеми не закінчуються: для протоколу передбачено кілька профілів, які визначають призначення пристрою. Серед них – Health Care, Home Automation, Light Link, Telecom Services та інші. Якщо один із пристроїв підтримує певний профіль, а інший – ні, то взаємодіяти один з одним вони не зможуть. Благо, гаджети, призначені для автоматизації будинку, використовують один конкретний профіль Home Automation.

Втім, навіть збіг за версією стандарту та профілю не гарантує стовідсоткової сумісності, оскільки виробництвом комунікаційних чіпів із підтримкою ZigBee займається безліч компаній. Кожна з них інтерпретує специфікації по-своєму, деякі вендори вносять певні оптимізації роботи протоколу. Підсумок невтішний і ймовірність того, що пристрої від різних виробників відмовляться працювати один з одним, дуже велика [29].

А ще, ZigBee має ряд відгалужень: у 2009 році був представлений стандарт ZigBee RF4CE (скорочення від Radio Frequency for Consumer Electronics), а рік тому світло побачило ZigBee IP. Перший протокол створений для дистанційного керування побутовою технікою, такою як телевізори та музичні центри: пульти з підтримкою ZigBee RF4CE передають дані по радіоканалу, а тому вони надають більше можливостей, ніж їхні інфрачервоні побратими. ZigBee IP - розробка, що дозволяє розгорнути мережу 6LoWPAN поверх малопотужних пристроїв з підтримкою IEEE 802.15.4. Таке завдання вирішує протокол Thread, активно просувається компанією Nest (читай, Google). На папері ZigBee IP виглядає перспективно, але виробники не поспішають запроваджувати його у свої пристрої.

Насамкінець слід згадати про таке явище, як ZigBee Pro. У рамках чергового апгрейду, що відбувся у 2007 році, розробники представили відразу дві реалізації

стандарту: просту ZigBee та просунуту ZigBee Pro. Більшість сучасних пристроїв для автоматизації будинку базується на Pro-версії від 2007 року. При цьому в описах обладнання приписка Pro часто опускається, що створює додаткову плутанину.

З урахуванням всього вищесказаного можна сформулювати таке правило: при створенні мережі ZigBee необхідно вибирати пристрої від одного виробника, випущені в рамках одного часового періоду (що сучасніше - тим краще). Це має позбавити більшості проблем із сумісністю.

Незважаючи на плутанину зі специфікаціями, основні принципи роботи ZigBee не змінюються багато років. Передача даних у межах мережі здійснюється за радіоканалом. Використовувані частоти залежать від регіону: для Європи вибрано значення 868 МГц, для США та інших країн – 915 МГц. Крім того, стандарт передбачає роботу на частоті 2,4 ГГц – вона не має прив'язки до географічного положення. Дивно, але така різноманітність варіантів мало позначається на питаннях сумісності: за фактом, практично все ZigBee-обладнання використовує частоту 2,4 ГГц. Цей варіант забезпечує найбільшу пропускну здатність – теоретично, вона може досягати значення 250 Кбіт/с. Дальнобійність сигналу всередині приміщення становить 10-20 метрів.

На момент появи головним козирем ZigBee була підтримка пористої топології мережі. На практиці це означає, що пристрої можуть передавати сигнал «ланцюжком», від одного гаджета до іншого, поки пакет даних не досягне мети. Це суттєво підвищує стійкість до відмови системи і збільшує можливу зону покриття. Слід зазначити, що не всі пристрої ZigBee можуть виступати в якості проміжної ланки.

Гаджети всередині мережі поділяються на три групи: координатори (ZC), маршрутизатори (ZR) та кінцеві пристрої (ZED). Координатор – обов'язковий компонент. Він формує дерево мережі, зберігає ключі безпеки і часто виступає в ролі «вікна» у зовнішній світ. Маршрутизатори - це гаджети, які не тільки виконують свою базову функцію, але й займаються передачею сигналу «ланцюгом». ZED – найбільш примітивні пристрої. У цю категорію потрапляють

різні пульти та датчики. Вони можуть спілкуватися з координатором або маршрутизатором, але передавати пакети від одного компонента до іншого їм не під силу. Більшість часу ZED не діють, а тому їх енергоспоживання вкрай мало. Як правило, живляться вони від батареї.

У пізніх реалізаціях ZigBee з'явилася можливість створювати пристрої, які можуть обходитися без постійного джерела живлення. Приклад такого гаджета – пульт Hue tap, призначений для управління «розумними» лампочками Philips Hue. У ньому відсутня батарейка, а передачі сигналу використовується енергія, одержувана при натисканні на кнопку. Це свідчить про вкрай низьке енергоспоживання ZigBee-модулів, а також їхню здатність блискавично підключатися до бездротової мережі.

ZigBee використовує 16-бітну адресацію, тобто один координатор, теоретично, може взяти під свою опіку понад 65 000 пристроїв. Водночас, творцями передбачена можливість одночасного використання кількох мереж. У готелі Aria, що у Лас-Вегасі, розміщено близько 75 000 гаджетів за допомогою ZigBee, і вони непогано уживаються один з одним. Словом, власникам приватних будинків про обмеження кількості пристроїв можна взагалі не замислюватися.

Загалом, якщо забути про проблеми із сумісністю, то ZigBee виглядає досить привабливим варіантом для організації «розумного» будинку. Плюсів протоколу достатньо: тут і хороша чуйність, і низьке енергоспоживання, і відсутність необхідності прокладати дроти. Але який ZigBee у порівнянні з конкурентами в особі Z-Wave та Insteon?

Устаткування всіх трьох стандартів можна порівняти за вартістю, проте в Європі найбільшого поширення набули пристрої Z-Wave. Гаджети ZigBee користуються меншою популярністю, а Insteon поки що лише дивовижний гість.

І ZigBee, і Z-Wave підтримують пористу топологію мережі, проте в питаннях надійності та зручності вони все ж таки поступаються Insteon. Останній стандарт забезпечує передачу даних одразу двома каналами зв'язку — провідному та бездротовому — що практично виключає можливість втрати пакетів. Крім того, мережа Insteon може функціонувати без центрального контролера, в ній немає

поділу пристроїв на класи типу ZC, ZR і ZED. Як наслідок, це найпростіший варіант з погляду складання та налаштування.

Таким чином, ні за одним із критеріїв ZigBee не є лідером. Стандарт життєздатний, його успішно застосовують для автоматизації будинків, але явних переваг він, на жаль, позбавлений.

LoRaWAN. Специфікація LoRaWAN є широкосмуговим мережевим протоколом малої потужності (LPWA), призначений для бездротового підключення «речей», до регіональних, національних чи глобальних мереж і орієнтований на основні вимоги до Інтернету, такі як двонаправлений зв'язок, наскрізна безпека, мобільність та послуги локалізації.

Мережева архітектура LoRaWAN розгортається в топології «зірка – зірка», в якій шлюзи ретранслюють повідомлення між кінцевими пристроями та центральним мережевим сервером. Шлюзи підключаються до мережного сервера через стандартні IP-з'єднання і працюють як прозорий міст, просто перетворюючи RF-пакети на IP-пакети і навпаки. Бездротовий зв'язок використовує переваги Long Range (Діапазон Далекої Дії) для фізичного рівня LoRa, що дозволяє одностороннє з'єднання між кінцевим пристроєм і одним або декількома шлюзами. Всі режими здатні до двоспрямованого зв'язку, і є підтримка груп багатоадресної адресації для ефективного використання спектра під час таких завдань, як модернізація прошивки повітрям (FOTA) або інші повідомлення масового поширення.

Характеристики визначають параметри фізичного рівня (LoRaWAN) пристрою інфраструктури (LoRa) і, таким чином, забезпечують безшовну інтероперабельність між виробниками, про що свідчить програма сертифікації пристроїв.

Хоча специфікація визначає технічну реалізацію, вона не визначає будь-якої комерційної моделі або типу розгортання (публічний, колективний, приватний, корпоративний), і тому пропонує галузі свободу інновацій та диференціації того, як вона використовується. Схема зв'язку компонентів в мережі LoRaWAN зображена на рисунку 2.3.

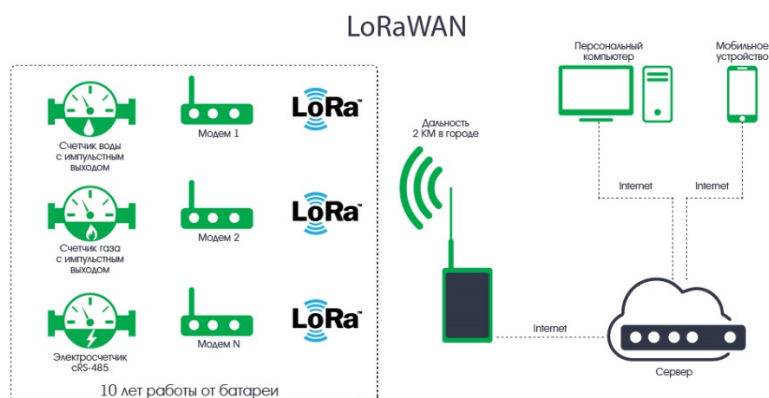


Рисунок 2.3 – Схема зв'язку компонентів в мережі LoRaWAN

LoRaWAN має три різні класи кінцевих пристроїв для задоволення різних потреб, відображених у широкому спектрі додатків.

Клас А – двонаправлені кінцеві пристрої з найменшою потужністю.

Клас А повинен підтримуватись усіма кінцевими пристроями LoRaWAN за умовчанням. Передача завжди ініціюється кінцевим пристроєм та повністю асинхронна. Кожна передача по висхідній лінії зв'язку може бути відправлена у будь-який час і за нею слідує два короткі вікна низхідної лінії зв'язку, що дає можливість для двонаправленого зв'язку або команд управління мережею, якщо це необхідно. Це протокол типу ALOHA.

Кінцевий пристрій може увійти в режим з низьким споживанням енергії залежно від його індивідуальних налаштувань. Це робить клас А найенергоєфективнішим і час життя сенсора від 5 років і вище, водночас дозволяючи здійснювати зв'язок по висхідній лінії зв'язку в будь-який час.

Оскільки зв'язок по низхідній лінії зв'язку завжди повинен слідувати за передачею по висхідній лінії зв'язку з розкладом, визначеним додатком кінцевого пристрою, зв'язок по низхідній лінії зв'язку повинен буферизуватися на мережному сервері до наступної події висхідної лінії зв'язку. Синхронізація різних класів пристроїв зображені на рисунку 2.4, рисунку 2.5, рисунку 2.6.



Рисунок 2.4 – Клас А двонаправлені кінцеві пристрої з певним часом очікування низхідного потоку

На додаток до початкових вікон прийому класу А пристрої класу В синхронізуються з мережею з використанням періодичних маяків і відкривають «слоти для перевірки» низхідного потоку за розкладом. Це забезпечує мережі можливість відправляти низхідний зв'язок із певною затримкою, але за рахунок деякого додаткового енергоспоживання в кінцевому пристрої. Затримка програмується до 128 секунд для різних програм, а додаткове енергоспоживання досить низьке, щоб залишатися в силі для програм з батарейним живленням.

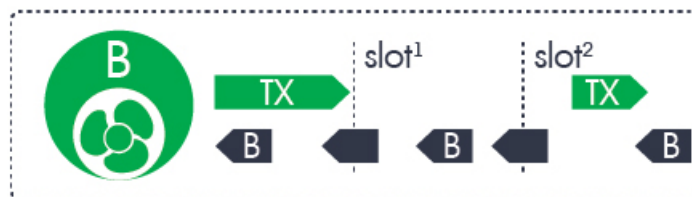


Рисунок 2.5 – Клас В двонаправлені кінцеві пристрої з найменшою затримкою

На додаток до структури класу А у висхідній лінії зв'язку, за якою слідує два вікна низхідної лінії зв'язку, клас С додатково зменшує затримку на низхідній лінії зв'язку, постійно підтримуючи прийом на кінцевому пристрої, коли пристрій не передає (напівдуплекс). Виходячи з цього, мережевий сервер може ініціювати передачу по низхідній лінії зв'язку в будь-який час, якщо приймач кінцевого пристрою відкритий, тому немає затримки. Компромісом є витік потужності приймача (до ~ 50 мВт), і тому клас С підходить для додатків, де є безперервна потужність.

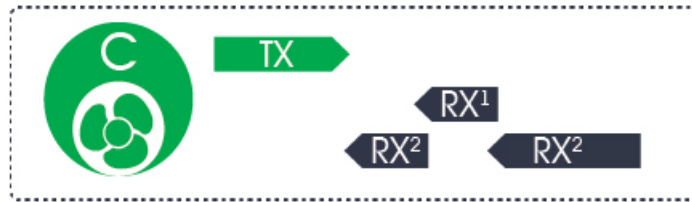


Рисунок 2.6 – Клас С

Швидкість передачі даних. На додаток до стрибкоподібної перебудови частоти всі пакети зв'язку між кінцевими пристроями та шлюзами також включають параметр «Швидкість передачі даних» (Data Rate). Вибір DR дозволяє встановити динамічний компроміс між діапазоном зв'язку та тривалістю повідомлення. Крім того, завдяки технології з розширеним спектром, зв'язок з різними DR не заважає один одному та створює набір віртуальних «кодових» каналів, що збільшують пропускну здатність шлюзу. Щоб максимально збільшити час автономної роботи кінцевих пристроїв та загальну пропускну здатність мережі, мережевий сервер LoRaWAN керує налаштуванням DR та вихідною потужністю RF для кожного кінцевого пристрою індивідуально за допомогою схеми адаптивної швидкості передачі даних (ADR) [30].

Швидкість передачі в режимі LoRaWAN коливається від 0,3 кбіт/с до 50 кбіт/с (у режимі FSK).

Безпека є основним завданням для будь-якого масового розгортання IoT, а специфікація LoRaWAN визначає два рівні криптографії:

1. Унікальний 128-розрядний ключ мережного сеансу, що спільно використовується між кінцевим пристроєм і мережевим сервером (NwkSKey).
2. Унікальний 128-бітовий ключ сеансу програми (AppSKey), що спільно використовується на рівні програми.

Алгоритми AES використовуються для забезпечення автентифікації та цілісності пакетів на мережному сервері та наскрізного шифрування на сервері програм. Надаючи ці два рівні, стає можливим реалізувати «розраховані на багато користувачів» спільні мережі без того, щоб оператор мережі мав видимість даних корисного навантаження користувачів.

Ключі можуть бути активовані за допомогою персоналізації (ABP) на виробничій лінії або при введенні в експлуатацію або можуть бути активовані «по повітрю» безпосередньо на місці підключення (OTAA). OTAA дозволяє за потреби повторно підключати пристрої [30].

Варіанти використання бездротових мереж LoRaWAN:

- зчитування показань лічильників газу, води, електрики;
- Smart Grid (моніторинг електричних мереж нового покоління);
- моніторинг автотранспорту та вантажів на певній території (визначення розташування, інформація про стан транспортних засобів та вантажів);
- контроль стану контейнерів/ємностей на виробництві (нафтохімічні виробництва, контейнери для відходів виробництва, контейнери з небезпечними речовинами);
- моніторинг виробничого обладнання (зменшення простою, контроль параметрів, забезпечення безпеки персоналу);
- розумні паркування (моніторинг доступності паркувальних місць);
- моніторинг смітєвих баків (оптимізація процесів утилізації сміття);
- розумне вуличне та ін. освітлення (віддалене управління, контроль стану);
- моніторинг погодних умов;
- контроль стану люків (запобігання несанкціонованим проникненням);
- контроль наявності шкідливих речовин, у атмосфері;
- збір даних про стан навколишнього середовища (забруднення, шум, дощ, вітер тощо);
- пожежна, охоронна сигналізація;
- автоматизація будівель (контроль температури, вологості, керування воротами, жалюзі).

2.2. Апаратна частина прикладу впровадження системи розумного міста

Базові станції. Базові станції (шлюзи, концентратори) мережі LoRaWAN формують прозорий міст ретрансляції повідомлень між кінцевими пристроями та центральним сервером мережі за допомогою Ethernet, Wi-Fi, GSM або інших телекомунікаційних каналів зв'язку шляхом організації стандартного IP-з'єднання. Залежно від бажаної каналної ємності та місць встановлення доступні різні версії шлюзів, вони можуть монтуватися як усередині приміщень, так і на вежах або будинках.

Великий плюс технології LoRaWAN – дешевизна, простота та абсолютна симетричність рішень для абонентських пристроїв та базових станцій.

Базова станція Kerlink Wirnet iStation. Ідеальне рішення для проектів, що здійснюються в рамках розумного міста, розумного будинку та інших «розумних» систем. Ця модель зображена на рисунку 2.7, проста в установці, забезпечує максимальне покриття та високу ефективність роботи [32].



Рисунок 2.7 – Базова станція Kerlink Wirnet iStation

Основні можливості.

Корпус та габарити:

- корпус алюміній, полікарбонат, сталь нержавіюча, ступінь захисту IP67;
- розмір: 265x165x100 мм;

- вага: близько 1,4 кг (включаючи монтажний комплект).

Підключення та енергоспоживання:

- PoE Mode A/Mode B (802.3af);
- конденсатор для повного закриття програм у разі збою живлення.

Функціонал:

- дротове підключення Ethernet 10/100 Мбіт/с (RJ45);
- передача даних: стільниковий зв'язок 2G/3G/4G (SIM-карта формат mini-SIM);
- інтегровані внутрішні антени GPS, 4G, LoRa (максимальне посилення = 2,6 dBi), є можливість встановити зовнішню антену посиленням 36 dBi;
- 2 налаштовуються LED індикатора (живлення, статус мережі),
- USB (Type C) для конфігурації,
- функціональна кнопка перезапуску;
- просте та зручне налаштування, управління, контроль та оновлення через Kerlink Waneasy Management Center (екстренні повідомлення, оновлення прошивки);
- можливість віддаленого налаштування та керування через WebGUI;
- віддалений доступ SSH;
- аналізатор трафіку LBT (Listen Before Talk);
- радіосканер для моніторингу ефіру (аналізатор спектру);
- CPU: ARM Cortex A9, DDRAM 256MB, 8GB eMMC (6GB доступні для користувача).

Висока надійність:

- Semtech Reference Design v2;
- вбудовані смугові фільтри;
- LoRa_E Ready: еволюційний дизайн із використанням модему SDR;
- безпечна архітектура;
- SecureBoot (фірмова прошивка);

- SecureStorage (ключі та сертифікати в захищеній області) з використанням рішення ProvenCore;
- захищені з'єднання та передача даних (OpenVPN/IPsec);
- перезапуск (watchdog) та відновлення до попередніх конфігурацій налаштування мережі (або заводських налаштувань, якщо проблема перезапуску не вирішена).

Особливості програмного забезпечення

- динамічний веб-інтерфейс (On-the fly modifications);
- програмований шлюз: набір інструментів, бібліотек та заголовків, файли для компіляції програм або додаткові пакети додатків,
- операційна система: KerOS із вбудованим GNU/Linux на основі Yocto 2.4 та LTS ядра 4.14;
- підтримка мов: Python2, C/C++ та Shell,
- включено пакети: SQLite (Database), Connman/Ofono, NTPd.

Базова станція Four-Faith F8L10GW. F8L10GW – базова станція (шлюз) бездротової передачі даних. Шлюз відповідає стандартному протоколу LoRaWAN і сумісний із пристроями LoRaWAN. Збирає корисну інформацію від сенсорів і відправляє дані на сервер хмар через бездротову стільникову мережу 3G / 4G або дротову мережу Ethernet.

Базова станція LoRaWAN використовує високопродуктивний промисловий 32-бітовий процесор та бездротовий модуль. Шлюз підтримує 1 локальну мережу Ethernet, 1 інтерфейс WIFI, налаштування бездротової мережі WIFI, керування та оновлення OTA, GPS, живлення від мережі електропостачання 100 ~ 240 В. Додаткові способи електроживлення, такі як POE та DC [33].

Продукт широко використовується в промисловості (M2M), смарт мережах, смарт транспорті (логістика), промислової автоматизації, смарт будинках, контролі пожежної та громадської безпеки, мобільних POS-шлюзах, охорони навколишнього середовища, метеорології, цифрової медицини, телеметрії, військової галузі, освоєння космосу, сільському господарстві, лісовому

господарстві, водопостачанні, гірничодобувній промисловості, нафтохімії та інших напрямках. Зображення Four-Faith F8L10GW представлено на рисунку 2.8.



Рисунок 2.8 – Базова станція Four-Faith F8L10GW

Корпус та габарити:

- алюмінієвий корпус; ступінь захисту IP65;
- 289.4x217.5x115.0 mm (без урахування підключених антен).

Підключення та енергоспоживання:

- підтримка AC100-240V, POE (опціонально), DC 12-48V (опціонально) або сонячного джерела живлення (опціонально);
- шлюз F8L10GW максимально споживає 6,6 Ватт (передача даних у мережу по 3G/4G, включені модуль GPS та модуль LoRa).

Функціонал:

- забезпечуються режими проводового підключення Ethernet та dhcp-4G (за замовчуванням);
- підтримка протоколу LoRaWAN: клас А, клас В та клас С;
- підтримка WIFI мереж стандартів 802.11B/G/N;
- WIFI підтримує різні типи шифрування, такі як WEP, WPA та WPA2;
- підтримка протоколу бездротової передачі даних LoRaWAN;
- висока надійність;
- WDT watchdog timer для забезпечення стабільності системи;

- інтерфейс Ethernet із вбудованим електростатичним захистом до 15 кВ;
- інтерфейс SIM/UIM-карти із вбудованим електростатичним захистом до 15 кВ;
- інтерфейс живлення з вбудованою гальванічною розв'язкою, контролем перенапруги та грозозахистом;
- інтерфейс антени з блискавкозахисту;
- інтерфейс та користувацькі можливості;
- підтримує стандартний інтерфейс Ethernet та WIFI, можливість підключення до пристрою по Ethernet та WIFI безпосередньо;
- підтримує стандартний дротовий WAN-інтерфейс (підтримка стандартного протоколу PPPoE), може бути безпосередньо підключений до ADSL;
- має програмне забезпечення для центрального керування обладнанням;
- зручна конфігурація системи та інтерфейс обслуговування;
- інтелектуальний термінал автоматично вводить статус передачі після включення живлення.

Базова станція Tectelic KONA Mega. KONA Mega від TEKTELIC дозволяє розгортати гнучкі LoRaWAN мережі у європейському частотному діапазоні EU868 (868 МГц). Підтримка двох антен LoRa забезпечує пристрої KONA Mega чудові радіочастотні характеристики та покращені параметр сигнал-шум (SNR) для кінцевих сенсорів. Покращені радіочастотні параметри пристроїв гарантують безперебійну передачу інформації та підвищення продуктивності батареї сенсорів. В умовах високої ймовірності інтерференції в публічних діапазонах частот, шлюз KONA Mega EU надає гарантовану якість сервісу для пристроїв, оскільки має високоселективний смуговий фільтр (High-Q RF Cavity) діапазону. Спільність роботи приймача високої чутливості та ефективного смугового фільтра KONA Mega EU забезпечують найкращі радіочастотні характеристики вхідного сигналу. Шлюз KONA Mega EU, зображений на рисунку 2.9, підходить як для великих мережевих операторів, так і для організації державних або приватних мереж радіодоступу, яким потрібні

високоєфективні та надійні шлюзи, а наявність можливості підключення кількох антен до пристрою KONA Mega робить його комерційно ефективним рішенням у галузі, знижуючи витрати на розгортання інфраструктури [34].

Завдяки наявності Graphic User Interface (GUI) Kona FT є можливість проводити віддалене конфігурування, адміністрування та оновлення програмного забезпечення.



Рисунок 2.9 – Базова станція Tektelic KONA Mega

Особливості шлюзів KONA Mega:

- пристрій операторського класу з повною підтримкою оновлень та конфігурування без виведення обладнання із сервісу;
- протестовано та підтверджено використання у найекстремальніших кліматичних та температурних умовах;
- високоселективні вбудовані смугові фільтри KONA Mega EU бездоганно відфільтровують шум сусідніх частотних діапазонів (мережі мобільного доступу, спеціалізовані радіомережі);
- швидка інтеграція пристрою у мережі, і навіть підтримка до 12 млн. повідомлень щодня;
- підтримка різних стандартів підключення шлюзу до мережі (3G/4G, Ethernet);
- корпус IP67;

– повністю інтегрований у широку екосистему LoRaWAN додатків та сервісів.

Датчики інтернету речей. Датчики Інтернету речей (IoT-датчики) – це пристрої, які вимірюють характеристики об'єктів, підключених до Інтернету речей, фіксують зміни довкілля і потім перетворюють отримані дані для подальшої обробки.

Таким чином, головне завдання IoT датчиків – вловлювати зміни заданих параметрів у навколишньому середовищі та потім перетворювати отримані дані на цифровий вигляд.

За типом вихідного сигналу датчики IoT класифікуються:

- аналогові – датчики температури, вологості, освітленості, струму та напруги, споживаної потужності, витрати, рівня, тиску та інші;
- дискретні – датчики відкриття\закриття, руху\переміщення, води\протікання;
- імпульсні – датчики витрат речовин;
- цифрові – аналоговий датчик із підключеним цифровим перетворювачем.

За способом передачі інформації IoT датчики можна класифікувати:

- провідні датчики (всі аналогові датчики, а також дискретні та імпульсні);
- бездротові датчики.

Tektelic KONA Industrial Transceiver and Sensor зображен на рисунку 2.10. Промисловий KONA трансівер та датчик - ідеальне рішення для взаємодії автоматики та контрольно-вимірювальних приладів мережами LoRaWANTM. Промисловий трансівер підтримує до 3х аналогових і цифрових входів, що дозволяють здійснювати дистанційний збір даних, 2 виходи, що перемикаються, для активації виконавчих механізмів і різних компонентів системи управління, а також інтерфейс RS-232, RS-422 або RS-485 з численними протоколами. Він також вимірює і повідомляє температуру, вологість або інші функції користувача. Вбудована батарея Li-SOCl₂ використовується до 10 років [35].



Рисунок 2.10 – Tektelic KONA Industrial Sensor

Можливість застосування:

- автоматизація промислових процесів;
- розумне сільське господарство;
- розумна виробнича будівля;
- промисловий контроль;
- лічильник та енергосистема;
- автонастроюваний протокол CANbus;
- модернізація M2M LoRaWAN.

Tektelic KONA All-in-One Smart Room Sensor зображен на рисунку 2.11. Датчик KONA All-in-One Smart Room Sensor включає можливість вимірювання всіх основних параметрів середовища в одному маленькому пристрої. Датчик ідеально підходить для комплексного моніторингу будинку та офісу, надаючи дані та звіти про температуру, вологість, силу освітлення, наявність руху в приміщенні, вібрації або виявлення витіку, відкритих/закритих дверей та вікон. Датчик KONA All-in-One Smart Room Sensor відображає стан елементів живлення (батареї), що забезпечує зручність обслуговування та експлуатації [36].



Рисунок 2.11 – Tektelic KONA Room Sensor

Можливість застосування:

- визначення руху (двері, висувна скринька);
- визначення руху у приміщенні (PIR);
- визначення відкриття дверей/вікон;
- контроль статусу зовнішнього контакту;
- управління магнітним перемикачем (запуск пристроїв);
- вимірювання G-Force (настроюваний пусковий механізм);
- читання імпульсів (вода, газ, інші показники);
- визначення освітленості приміщення;
- вимірювання температури/вологості;
- визначення витоку.

Датчик освітленості Netvox R718G зображений на рисунку 2.12. Датчик R718G має вбудований датчик освітлення, який можна використовувати для визначення інтенсивності навколишнього освітлення. R718G визначає значення інтенсивності навколишнього освітлення та відправляє їх на сервер. Зібрані дані відображаються на інших пристроях [37].



Рисунок 2.12 – Датчик освітленості Netvox R718G

Особливості датчиків Netvox:

- дальність передачі 10 км;
- LoRaWAN Клас А сумісний;
- поширення спектру стрибкоподібної перебудови частоти (FHSS);
- покращене керування живленням для збільшення терміну служби батареї;
- Encrypt-RF™ Security (обмін ключами Діффі-Хеллмана + AES-128 CBC для повідомлень з даними датчиків);
- строк служби батареї - 2 роки;
- 5 років (Умови: температура навколишнього середовища 25 ° C, 20 тригерів на день, потужність tx = 20 дБм, коефіцієнт поширення LoRa SF = 10);
- бездротові оновлення (в майбутньому);
- стороння онлайн-система моніторингу та оповіщення бездротових датчиків для налаштування датчиків, перегляду даних та встановлення оповіщень за допомогою текстових повідомлень SMS та електронної пошти (додатково);
- доступна стороння платформа: Actility/ThingPark, TTN, MyDevices/Cayenne, ThingsBoard.io.

2.3. Платформа моніторингу для системи Розумного міста

Платформа моніторингу для системи Розумного міста - це комплекс програм, які застосовуються для підключення різноманітних інтернет речей до хмарної інфраструктури зберігання інформації та надання віддаленого доступу до них.

На даний момент найбільш затребуваними програмними платформами для інтернету речей вважаються:

- хмарна платформа Azure від компанії Microsoft;
- комерційну публічну хмару Web Services від компанії Amazon;
- Cloud Platform від компанії Google.

Microsoft Azure. Microsoft Azure – облачна платформа компанії Microsoft. Предоставляет возможность разработки, выполнения приложений и хранения данных на серверах, расположенных в распределённых дата-центрах. У Microsoft Azure представлено понад 600 сервісів, серед них є кілька рішень для IoT [38]:

- Azure IoT Hub дозволяє підключати, відстежувати та керувати ресурсами IoT;
- Azure IoT Edge – це керований сервіс, побудований на IoT Hub, який дозволяє здійснювати хмарний аналіз, розгорнутий локально на граничних пристроях IoT;
- Azure IoT Central – це керована програма SaaS, яка спрощує підключення, моніторинг та управління ресурсами IoT;
- Azure Digital Twins – це служба IoT, яка допомагає будувати моделі фізичних середовищ, створювати графіки просторового інтелекту для моделювання відносин та взаємодій між людьми, місцями та пристроями.
- Azure Time Series Insights – це кероване комплексне рішення, що дозволяє отримувати, зберігати і вимагати дані тимчасових рядів IoT, а також візуалізувати дані для їх аналізу [39].

Amazon Web Services. Amazon Web Services (AWS) – комерційна публічна хмара, що підтримується та розвивається компанією Amazon з 2006 року. Надає

передплатникам послуги як по інфраструктурній моделі (віртуальні сервери, ресурси зберігання), так і платформного рівня (хмарні бази даних, хмарне програмне забезпечення, хмарні безсерверні обчислення, засоби розробки).

Значною мірою вплинув формування концепції хмарних обчислень загалом, і визначило основні напрями розвитку суспільної моделі розгортання. Тривалий час був найбільшим у світі за виручкою публічною хмарою, у другій половині 2010-х років поступившись цим показником Azure від Microsoft, при цьому зберігаючи домінування в сегментах інфраструктурних і платформних послуг. Станом на 2017 рік річний виторг від послуг AWS перевищив \$20.4 млрд, що склало близько 11,5 % доходів.

Сервіси AWS IoT:

- FreeRTOS. Розгортайте операційну систему для мікроконтролерів, яка спрощує керування невеликими малопотужними периферійними пристроями;

- AWS IoT Greengrass. Створюйте та розгортайте інтелектуальні програми IoT, а також керуйте ними на периферії за допомогою прикордонного середовища виконання з відкритим вихідним кодом та хмарного сервісу;

- AWS IoT Core. Підключайте пристрої IoT до AWS без необхідності виділення серверів та керування ними;

- AWS IoT SiteWise. Збирайте та аналізуйте масштабні промислові дані та приймайте найкращі рішення на їх основі [40].

Google Cloud Platform. Google Cloud Platform – набір хмарних служб, що надаються компанією Google, які виконуються на тій самій інфраструктурі, яку Google використовує для своїх продуктів, призначених для кінцевих споживачів, таких як Google Search. Крім інструментів для управління, також надається ряд модульних хмарних служб, таких як хмарні обчислення, зберігання даних, аналіз даних та машинне навчання. Для реєстрації потрібно мати банківську картку чи банківський рахунок. Google Cloud Platform надає такі послуги, як інфраструктура як послуга, платформа як послуга та безсерверні обчислення [41].

2.4. Висновки по розділу 2

Переваги технології LoRa сприяють розвитку та поширенню «інтернету речей» у світі. Програмні та апаратні рішення від різних виробників, що реалізують функції кінцевих вузлів та базових станцій LoRaWAN-мережі, допомагають у максимально короткі терміни організувати системи безпеки, промислової автоматизації, віддаленого моніторингу та управління об'єктами, пов'язані з глобальною мережею. Високоінтегровані базові станції Kerlink, призначені для жорстких умов експлуатації та мають широкі функціональні можливості, забезпечують збір і передачу даних від десятків датчиків, віддалених на відстані до 15 км.

Переваги LoRa:

1. Дальність та охоплення: при дальності LOS до 15 км його дальність не можна порівнювати з діапазоном інших протоколів зв'язку.

2. Низьке енергоспоживання: LoRa пропонує радіоприймачі наднизького енергоспоживання, що робить їх ідеальними для пристроїв, які працюють протягом 10 років від однієї зарядки акумулятора.

3. Дешеве обладнання. Інфраструктури для LoRaWAN є надзвичайно низькими в порівнянні з іншими мережами, а вартість радіостанцій для кінцевих пристроїв однаково низька. Більше того, розробляються кілька версій інфраструктур з відкритим вихідним кодом, таких як шлюзи, що допомагає ще більше скоротити витрати. Не потрібно купувати ліцензії на радіочастоту.

4. Висока ємність. Тисячі кінцевих пристроїв можуть бути підключені до одного шлюзу LoRa.

Недоліки LoRa :

1. При максимальній швидкості передачі даних близько 50 Кбіт/с LoRa має найнижчу швидкість передачі даних у порівнянні з більшістю інших технологій, що робить його не ідеальним для певних програм, де потрібна висока швидкість передачі даних.

РОЗДІЛ 3

ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ РОЗУМНОГО МІСТА ЗАПОРІЖЖЯ З ЕЛЕМЕНТАМИ МОНІТОРИНГУ

3.1. Загальні підходи до створення умов для розвитку системи Розумного міста

В Україні Міністерство цифрової трансформації значно активізувало процеси діджиталізації на державному рівні. Цифровізація суспільства та влади стає рушієм усіх змін у напрямку сталого розвитку економіки, допомагає громадам здобувати додаткові кошти завдяки залученню інвесторів і бізнесу, спрощує громадянам доступ до різноманітних послуг.

Вже сьогодні процес діджиталізації підштовхує суспільство переглянути основні процеси, які пов'язані із системою управління містом та доступом громадян до різних послуг та сервісів, а також змінити підходи до комунікації мешканців громади, представників бізнесу та міської влади.

В Запоріжжі реалізація системи Розумного міста заснована на програмі «Цифрова стратегія міста», яка в період з 2016 по 2021 роки дозволила закласти підвалини для подальшої цифрової трансформації: створена Запорізька Муніципальна Інтегрована Система Обробки Інформації (ЗМІСОІ), створений та розпочав працювати Центр обробки даних (ЦОД), відбулися організаційні, структурні зрушення щодо впровадження інноваційних інформаційних технологій у всі сфери життєдіяльності міста, зросла кількість е-сервісів для населення, та е-модулів на міському порталі, що забезпечують прозорість влади («Прозорий бюджет», «Громадський бюджет» і т.і.), створена система відеоспостереження, що дозволила реалізувати програму «Безпечне місто», працює «Контакт-центр 15-80», який розглядає близько 200 тис. звернень громадян в рік, та ін.

Подальший рух в напрямку розвитку системи Розумного міста потребує розробки нової Цифрової Стратегії Запоріжжя на перспективу до 2030 року.

Запропонована Стратегія визначає концептуальні підходи щодо цифровізації Запоріжжя. Після її затвердження передбачається розроблення відповідних програм, проектів, плану заходів в рамках яких будуть конкретизовані пріоритетні завдання для подальшого розвитку системи Розумного міста.

Система Розумного міста – це система, яка має постійно змінюватися в залежності від технічних трендів та побажань громадськості. Також активна участь наукової спільноти призводить до того, що постійно вдосконалюються методи, принципи та шляхи реалізації поставлених завдань.

Безумовно, успішна реалізація системи Розумного міста має важливу іміджеву складову. Впровадження єдиного центру і цифровізація багатьох процесів однозначно буде схвалена людьми юного, молодого і середнього віку. І це позитивно позначиться на ставленні містян до місцевої влади.

Наразі містяни вважають, що необхідно підвищити рівень комфорту і безпеки на вулицях міста. Йдеться про недостатню кількість камер відеоспостереження в парках, скверах, на вулицях міста, малу кількість електронних табло на зупинках громадського транспорту, недостатнє забезпечення транспорту (зокрема маршрутних таксі) GPS-давачами.

Ще однією потребою громадян є необхідність цифровізації в сфері медицини. Розпочата на рівні МОЗ реформа, на жаль, не покриває запит суспільства на весь спектр послуг. Людям, як і раніше доводиться сидіти в чергах, по кілька разів приходити в лікарні для отримання результатів аналізів, досліджень і т.д. Це не тільки незручно, але й небезпечно в умовах епідемії. Тому на місцевому рівні необхідно максимально перевести цей процес у онлайн.

Підприємці Запоріжжя потребують удосконалення сервісу надання електронних послуг, які в нинішніх умовах не завжди можуть отримати. Зараз ускладнений доступ до відкритої інформації, яка стосується ділянок, приміщень, виставлених на торги або оренду. У центрі надання адміністративних послуг

(ЦНАП) не завжди є можливість провести прийом усіх підприємців, яким необхідно отримати або здати певні довідки, звіти. Також в Запоріжжі практично немає інфраструктури і умов для розвитку ІТ-бізнесу, який є одним з видів підприємництва, які найбільш швидко розвиваються і приносять суттєві суми до бюджетів різних рівнів. У Запоріжжі, на відміну від багатьох інших міст, немає філій великих ІТ-підприємств, рідко проводяться профільні форуми, а молоді фахівці змушені їхати в інші регіони і країни, оскільки в Запоріжжі немає умов для розвитку і роботи в цій сфері. Все це результати недостатнього впровадження цифровізації. Стратегія розвитку міста допоможе створити сприятливі умови для появи нових ІТ-фірм і залучення висококласних фахівців.

Загалом цифровізація надасть бізнесу нові можливості для втілення ідей на базі оновленої інфраструктури та допоможе мінімізувати ризики, пов'язані з роботою різних установ.

3.2. Напрями розвитку Розумного міста

Напрямки розвитку інтерактивного міста знайдуть своє відображення в створенні інтегрованої платформи Розумного міста.

Людина і соціальне середовище. Охорона здоров'я. Міністерство охорони здоров'я України реалізує програму цифровізації всієї галузі через систему e-Helsi, що забезпечує мешканцям запис на прийом до сімейного лікаря, можливість викликати невідкладну допомогу, отримати електронні рецепти, електронне направлення на обстеження та на консультацію спеціалістів вторинної ланки, а при необхідності - на госпіталізацію.

На даний час всі медичні заклади міста підключені до загальноукраїнської системи e-Helsi, що дозволяє надавати мешканцям міста зазначені цифрові послуги з використання цього сервісу.

На міському рівні треба забезпечити:

- оновлення та модернізацію парку комп'ютерної техніки медичних комунальних закладів;

- модернізацію системи диспетчеризації служби «Швидкої допомоги» за допомогою використання Digital twins. Під час виклику швидкої допомоги не буде необхідності пошуку орієнтира буде досить сказати номер найближчого об'єкта. Потім можна буде відстежити пересування машини швидкої допомоги і побачити орієнтовний час прибуття. По прибуттю, знаючи основні дані потерпілого, лікарі зможуть швидко прийняти вірне рішення за рахунок перегляду інформації в базах даних по пацієнту.

Як перспективний напрямок можна розглядати використання технології Wearable для контролю за станом пацієнта. Ця технологія дозволить підключати пристрої, що носить пацієнт, до відповідних сервісів. Це допоможе оперативно передавати інформацію лікарю, що поліпшить якість контролю за хворим і позбавляє від необхідності періодичних візитів до нього для зняття показань з приладів.

Підключення всіх апаратів життєзабезпечення, моніторингу різних процесів в лікарнях до онлайн-сервісу (хмари) для постійного моніторингу, виведення аналітики (за допомогою штучного інтелекту), екстреного інформування лікарів про потенційну загрозу для пацієнта або про надзвичайний стан.

Освіта. Відповідно до загальнодержавної «Концепції цифрової трансформації сфери освіти та науки до 2026», затвердженою постановою Кабінету Міністрів України будуть впроваджуватись цифрові державні інструменти, які в галузі освіти будуть охоплювати такі напрямки: процеси та послуги, якісні дані, е-контент, обладнання, цифрові компетенції.

На міському рівні доцільно розширити спектр е-послуг:

– картка школяра - дозволить перевести більшість сервісів онлайн, наприклад, сплату проїзду в громадському транспорті або сплату шкільних обідів, що дозволить батькам контролювати витрати дітей. Також буде використовуватися система контролю віддаленого доступу, яка дозволить батькам відслідковувати коли дитина прийшла в школу і коли пішла. Синхронізація з онлайн щоденником виключить можливість підтасування оцінок. Також у картці будуть враховані гуртки, секції, кінотеатри, театри,

музеї, і інші культурні заклади міста. Це полегшить пошук цікавих місць або заходів, знизить витрати часу на пошук де провести вільний час;

– електронний щоденник - у багатьох були ситуації, коли дитина підробляла оцінки, ховала або втрачала щоденник, не давала його на оцінку. А потім на зборах або в кінці навчального року розкривалася жахлива картина в таблиці, коли вже пізно виправляти успішність. Електронний щоденник допоможе уникнути таких ситуацій, батьки зможуть відстежувати в режимі реального часу отримання оцінок, зауважень учнем. Це дозволить взаємодіяти батькам, дитині і вчителю. Батьки зможуть звернутися в формі повідомлення до вчителя для уточнення ситуації і навпаки, учитель зможе зв'язатися з батьками. До того ж відпадає необхідність записувати домашнє завдання або потім дізнаватися його у інших учнів завдяки внесенню в онлайн щоденники учителем після заняття. У кожної дитини буде статистика успішності, невиконаних завдань і перездач. Також додаток зможе синхронізувати електронні щоденники з існуючих програм в єдину базу для подальшого контролю і аналізу;

– черга в дитячий сад - для зручності буде створена мапа навчальних закладів, в якій будуть розділи молодших, старших і вищих навчальних закладів. На мапі буде відображена докладна інформація по кожному закладу, кількість зайнятих і вільних місць. Буде можливо стати в чергу у дитячий сад, подати документи в школу або університет;

– гуртки, секції, культурні заклади - буде розділ позашкільної освіти, з можливістю переглянути існуючі секції в місті або навчальному закладі, різноманітні культурні заклади, такі як театри, музеї, кіно і вибрати за допомогою фільтрів напрямки, що цікавлять, або відсіяти по відстані від дому/школи. Дізнатися про наявність вільних місць, вартість і час занять або сеансів. Записати свою дитину в секції, що сподобалися, і після, відстежувати відвідування дитиною цих занять;

– електронні бібліотеки - в особистому кабінеті жителя буде розділ з усією літературою, необхідної для навчання або самоосвіти. Це позбавить від необхідності носити з собою величезну кількість підручників і шукати в

бібліотеках або Інтернеті потрібну інформацію або книги. Не буде втрати книг і зайвого витрачання часу на отримання та здачу шкільної літератури;

– навчання населення цифровій грамотності - в зв'язку з глибоким впровадженням цифрових технологій в життя міста, буде проведено ряд заходів, пов'язаних з навчанням громадськості цифровій грамотності: онлайн-семінари, виїзні лекції, інтеграція в систему інтерактивного навчального курсу в тестовому форматі з відеодемонстрацією і картинками. Отримання таких знань убезпечить мешканців міста від різних шахраїв, дозволить краще орієнтуватися в комп'ютерній техніці і брати більш активну участь у житті і розвитку міста;

– STEM та STEAM-навчання - це модель, яка об'єднує природні науки і інженерні предмети в єдину систему. В її основі інтегративний підхід: біологію, фізику, хімію і математику викладають не окремо, а в зв'язку один з одним для вирішення реальних технологічних задач. Такий підхід вчить розглядати проблеми в цілому, а не в розрізі однієї галузі науки або технології. Другий напрямок STEM - проектна форма наукової роботи. Такий формат об'єднує дипломний проект зі стажуванням в технологічній компанії. Учні отримають досвід, максимально наближений до майбутньої професії. При цьому робота над складним технологічним проектом в команді розвиває «гнучкі» навички. Оскільки зараз в більшість великих компаній шукають і відбирають людей з інженерним мисленням, управлінськими та гнучкими навичками. А саме STEM-навчання дозволить підготувати таких фахівців, то буде впроваджуватися такий вид навчання як у вигляді онлайн курсів, так і в стандартну навчальну програму. При використанні системи STEAM-навчання до вже згаданих дисциплін додаються арт-дисципліни, що робить освітній процес ще більш цікавим та різноманітним та сприяє кращому сприйняттю та надбанню навичок художньо-технічного проектування. Учні знаходять різні альтернативні варіанти вирішення поставлених завдань. Комплексний підхід формує покоління креативних мислителів, адаптованих до умов нашої сучасності;

– окремим завданням має стати створення Автоматизованої інформаційної системи Обліку дітей в м. Запоріжжя відповідно до “Порядку ведення обліку дітей дошкільного, шкільного віку та учнів”, затвердженого Постановою Кабінета Міністрів України від 13.09.2017 р. № 684.

Культура і туризм. У створений Digital twins буде додано інформацію по всіх туристичних визначних пам'ятках, об'єктах культурної спадщини, маршрутах, парках, скверах, пляжах, історичних локаціях і інших громадських місцях.

Також за допомогою технології доповненої реальності користувачі зможуть отримувати повну і цікаву інформацію про об'єкт, перебуваючи біля нього.

Використання QR-кодів або технології доповненої реальності допоможе оживити інформацію про туристичні об'єкти, що зробить перебування в місті туристів більш комфортним і цікавим.

В рамках цифровізації створення віртуального гіда, який на різних мовах буде розповідати туристам про об'єкти, події, зміни в місті, допоможе залучити додатковий потік гостей до нашого міста, збільшити суми туристичного збору, підвищити привабливість міста, залучити інвесторів.

Облаштування трьох нових сенсорних кіосків (локації: автовокзал, пл.Маяковського, острів Хортиця).

Продовження роботи порталу “Запорізька Спадщина” <https://heritage.zp.ua/> із розширенням мережі партнерів та збільшення обсягу матеріалів. включення його в інтегрований додаток Розумного міста.

Спорт. Для розвитку спорту та здорового способу життя в Digital twins будуть відображені всі об'єкти спортивної інфраструктури, включаючи спортмайданчики. За рахунок доповненої реальності люди зможуть дізнатися про правильне використання тих чи інших спортивних снарядів, а також отримувати коротку інформацію про тренування і комплекси вправ. Створення віртуальних тренерів в образі відомих спортсменів, які будуть спонукати молодь займатися спортом, допоможе залучити до здорового способу життя більше людей.

Дана система буде мати можливість внесення пропозицій щодо доповнення і поліпшення сервісу, обладнання спортмайданчиків і їх установці, будівництві нових спортивних або культурних об'єктів.

Міське середовище. Містобудування. Нові технології дозволяють розумніше підходити до питання вуличного освітлення та адміністрування світлофорів, пішохідних переходів. Встановлення давачів і сенсорів на елементи вуличної інфраструктури дозволять керувати освітленням, світлофорами і переходами в автоматичному режимі. Також тренд на екологічність і зниження вихлопних газів в місті призведе до необхідності збільшення кількості велодоріжок у місті.

Розумне освітлення - в залежності від рівня освітленості, наявності пішохідів, транспорту буде регулюватися включення і вимкнення освітлення, а також його інтенсивність. Це істотно скоротить витрати електроенергії, а в разі несправності необхідні служби будуть одразу поінформовані про це, що забезпечить більш якісне освітлення в місті. За рахунок автоматизації скоротяться необхідні людські ресурси на обслуговування

Розумні світлофори і пішохідні переходи - за рахунок цифровізації міських об'єктів спроститься контроль і якість роботи світлофорів, з'явиться можливість чітко контролювати транспортні потоки в місті і створювати необхідні умови при екстрених ситуаціях, до того ж буде постійний моніторинг їх працездатності. Розумні пішохідні переходи забезпечать більшу безпеку пішохідів, особливо в темний час доби за рахунок інформування учасників дорожнього руху про наявність пішохода.

Веломаршрути - буде побудована мапа велодоріжок міста, в цьому розділі можна буде залишати свої пропозиції щодо створення нових маршрутів і проголосувати за чужі пропозиції. При наборі достатньої кількості голосів, питання буде винесено на сесію, як електронна петиція.

Житлово-комунальне господарство. Впровадження цифровізації у сферу житлово-комунального господарства дозволить оперативно вирішувати поточні задачі, такі як обслуговування мереж або виявлення несправностей у мережах.

Буде впровадження дистанційний збір даних з приладів обліку на підставі давачів, що працюють за технологією LoRa.

Інтерактивна мобільність. Транспорт. Пасажири громадського транспорту і власники особистого автотранспорту отримають ряд переваг від впровадження цифровізації. Так для користувачів громадського транспорту з'явиться не тільки можливість відстежувати переміщення громадського транспорту за маршрутами і можливість сплати послуг за допомогою терміналів (в маршрутках також), але і з'явиться можливість попередньої оплати послуг за допомогою єдиного додатку.

Власники автотранспорту зможуть онлайн дізнатися про розташування найближчих парковок, наявність на них вільних паркомісць, а також сплатити парковку для свого автомобіля або забронювати вільне місце.

Система «Електронний квиток» – дозволить за допомогою карти запорожця сплачувати проїзд, брати абонемент на кількість поїздок або часовий проміжок, отримувати пільги, знижки і так далі. Досить буде поповнити рахунок і вибрати послугу в особистому кабінеті, або скористатися поїздкою в кредит.

Парковки – на мапі будуть відображатися всі місця парковки, як платні, так і безкоштовні. При бажанні можливо буде відобразити безкоштовні або вільні парковки, забронювати місце заздалегідь або провести оплату в один клік

Диспетчеризація громадського транспорту – буде введена мапа переміщення всіх маршрутних транспортних засобів. На кожному ТЗ в додатку буде відображено кількість вільних місць на поточний момент і орієнтовний час прибуття до найближчої або вибраної користувачем зупинки. У разі перевантаження певних маршрутів в будь-які проміжки часу з'явиться можливість виведення додаткових ТЗ, або перерозподілу з інших, більш розвантажених маршрутів. Буде виводиться аналітика в режимі реального часу. Крім цього, будуть облаштовані зупинкові комплекси інформаційним електронним табло. Все це створить більш комфортні умови пересування для жителів та гостей міста.

Диспетчеризація транспорту комунальної власності - аналогічно з диспетчеризацією громадського транспорту - буде введена карта детальної інформації по транспортним засобам, але вже для користування комунальними службами. Це дозволить більш раціонально розподіляти робочу техніку та контролювати переміщення працівників і витрати палива.

Для комунального транспорту буде впроваджена система електронних подорожніх листів, яка дозволить контролювати переміщення транспорту, витрати палива і знос техніки. Крім того, за рахунок впровадження електронних подорожніх листів буде скорочено час на оформлення документів.

Встановлення відеореєстраторів в салонах громадського та комунального транспорту дозволить забезпечити безпеку водіїв і захистить підприємства від порушень з боку водіїв, що призведе до економії і більш дбайливого ставлення до техніки з боку водіїв та обслуговуючого персоналу.

Система автоматичного аналізу пасажиропотоків громадського транспорту в режимі реального часу

Онлайн сервіси. Використання онлайн-сервісів дозволить максимально спростити та пришвидшити отримання різноманітних послуг мешканцями міста й отримання від них зворотного зв'язку. Це призведе до можливості отримання як звичайних послуг, так й адміністративних, не виходячи з дому чи місця роботи.

Міська економіка та фінанси. Економіка та фінанси. Серед останніх трендів популярною стає економіка загального користування, що вносить свої корективи в системи управління і організації бізнесу, а також дає можливість для розвитку більшій кількості інвесторів.

Також буде об'єднана інформація по всіх тендерних процедурах в місті, які оголошують різні підрозділи. Таким чином потенційний постачальник товарів і послуг зможе побачити всі процедури на єдиному порталі з можливістю сортування по фільтрах.

Можливість об'єднання з базою вакансій допоможе зручніше шукати працівників на вакантні посади в органах місцевого самоврядування, а жителям міста - дізнаватися про вакансії і пропозиції.

Пошук роботи спроститься, оскільки різні фірми, компанії підприємства, держустанови публікували інформацію про вакансії на різних інформаційних ресурсах, тому дуже часто люди пропускали повз себе цікаві пропозиції, бо просто не знали про їхнє існування. Розміщення подібної інформації на єдиному ресурсі дозволить охопити максимальну кількість пропозицій і не пропустити важливе. Також буде можливо налаштувати систему повідомлень про появу вакансії з певними параметрами, будь то зарплата, район міста або сфера діяльності. Відпадає необхідність постійного моніторингу та пошуку, потрібно буде тільки налаштувати потрібні параметри і чекати нових пропозицій, якщо немає бажаного на даний момент. Буде можливість розсилки резюме в одне натискання відразу на кілька обраних вакансій.

Комунальна власність і можливість її оренди - буде створена інтерактивна мапа з приміщеннями, будівлями або просторами, що належить місту, які можуть бути здані в оренду. Вибравши приміщення, що цікавить, потенційний орендар побачить інформацію про об'єкт з його фотографіями. Будуть опції сортування, пошуку за адресою і певними параметрами. Отримати і оплатити оренду можна буде відразу на мапі, оскільки всі необхідні дані будуть прив'язані до облікового запису користувача. Буде складено електронний договір і виключені всі зайві дії, що збереже цінний час.

Тендерні процедури громади – зараз існує величезна кількість веб-сервісів пов'язаних з тендерами в Prozorro, у кожного свій інтерфейс і не завжди інтуїтивно зрозуміла їх структура функціонування. Буде створено максимально простий інтерфейс взаємодії з тендерами і буде підключено його до основної платформи. Це дозволить відстежувати всі плановані і поточні події, які пов'язані з тендерними процедурами міста. Можна буде налаштувати систему сповіщення в особистому кабінеті і отримувати інформаційні повідомлення з тих чи інших

оголошень, або оголошення про майбутні тендери, або про тендери, що відбулися.

Електронний бюджет міста. Система призначена для забезпечення прозорості, відкритості та підзвітності діяльності органів місцевого самоврядування, структурних підрозділів та комунальних підприємств, а також для підвищення якості їх фінансового менеджменту за рахунок формування єдиного інформаційного простору і застосування інформаційних і телекомунікаційних технологій в сфері управління фінансами.

Така система дозволить уникнути помилок при формуванні бюджетів департаментів, управлінь, комунальних підприємств та інших структурних підрозділів органів місцевого самоврядування за рахунок автоматизації більшості процесів і впровадження єдиного простору для бюджетування і для контролю поточного виконання бюджету.

Крім того, система дозволить виключити корупційні ризики за рахунок суворих програмних обмежувачів і мінімізації ручного втручання. Жителі міста ж зможуть контролювати наповнення бюджету і витрачання коштів.

Це підвищить інвестиційну привабливість міста і дозволить залучити інвесторів за рахунок збільшення прозорості міської влади і публічності міського бюджету.

Торгівля та послуги. Для представників малого бізнесу з'явиться зведена інформація про умови торгівлі на ринках міста, а також можливість вибрати, забронювати та оплатити місце на ринку

Оренда місць на ринках – можна буде орендувати і сплатити за місце на ринку. На мапі будуть відображені всі зайняті і вільні місця, а також вся інформація за ціною і умовами оренди. Завдяки візуалізації буде легше визначити вигідні місця і не витратити час на питання з сплати і пошуку необхідних документів.

Інтерактивний сервіс на допомогу підприємцям про розміщення ними рекламоносіїв чи вивісок.

Інвестиційна діяльність. Зміни торкнуться і інвестиційного порталу, який стане більш привабливим для потенційних інвесторів і буде надавати більше інформації про можливі інвестиційні проекти в місті.

Інвестиційний портал буде містити інвестиційну карту, на якій будуть розміщені всі інвестиційні проекти міста. Крім цього буде розміщена інформація про торги, які проводять органи місцевого самоврядування, їх підрозділи та комунальні підприємства. Новини та актуальна інформація про інвестиційне життя міста допоможуть потенційним інвесторам у розумінні перспектив і можливих інвестицій в спільні проекти.

На порталі буде розміщена вітрина комунального майна, яке виставлено на торги з правилами участі в торгах.

Представники бізнесу зможуть розміщувати інформацію про себе в каталозі на інвестиційному порталі, чим зможуть залучити собі додаткових клієнтів.

Цифрова міська влада. Цифровізація спростить і поліпшить управлінські процеси, комунікацію влади та містян, призведе до оптимізації діяльності всіх структур, забезпечує відкритість влади.

Діяльність влади та система управління містом.

Систем управління містом складається з:

- інструментів цифрової влади, що об'єднують управлінські процеси в єдину систему і дозволяють економити час і більш якісно моніторити виконання розпоряджень;
- ситуаційного центру, який забезпечує моніторинг поточної ситуації в місті, відстежує аварії і технічні збої, дозволяє оперативно вирішувати виникаючі кризові ситуації;
- управління проектами та розпорядженнями - система створюється з метою забезпечення ефективного управління містом. Можливості системи дозволяють не тільки контролювати хід виконання програм і проектів, а й передбачають інтеграцію з «Електронним бюджетом» і порталом держзакупівель, що дозволяє консолідувати всю необхідну інформацію щодо витрат бюджетних коштів в одному місці і створити зручний майданчик для візуалізації та аналітики даних.

Керівництво міста отримає систему, здатну фіксувати проходження контрольних точок процесу, планувати витрати і порахувати фактичне освоєння грошей. Все це допоможе організувати ефективну міжвідомчу взаємодію, підвищити ефективність реалізації заходів щодо реалізації проектів і програм від центрального до регіонального рівня. Також за принципом «хмарних технологій» буде впроваджено портал електронних послуг, де робота суб'єктів надання адмінпослуг міста зосереджена на одному сервері. Також до порталу буде інтегровано всі можливості сайту департаменту реєстраційних послуг ЗМР;

– система електронного документообігу дозволить організувати і автоматизувати роботу з документами в електронному вигляді протягом всього їх життєвого циклу. Основний її функціонал включить в себе можливість створення, зміни, зберігання і маршрутизації документів, а також ряд сервісних можливостей, таких як пошук, класифікація та інше. За рахунок об'єднання всіх управлінських структур з'явиться можливість миттєвої взаємодії між ними, що істотно прискорить роботу. Також електронний документообіг сприяє припиненню корупції і порушень законодавства України шляхом усунення можливості підробки документів (дат, даних, підписів), а всі зміни будуть фіксуватися реальними датою і часом;

– проведення виконкомів і нарад онлайн - з'явиться можливість в ході засідань підключати в обговорення керівників КП, департаментів і т.д. У цьому допоможе ІР - телефонія, ведучий наради зможе викликати необхідну йому людину за робочим номером і управляти конференцією на свій розсуд.

Адміністративні послуги. Синхронізація баз даних з Центрами надання адміністративних послуг та соціальними службами дозволить містянам отримувати адміністративні послуги, а також формувати інші документи і виписки в єдиному додатку.

Також у населення буде можливість за допомогою програми виконувати і інші дії, пов'язані з сплатою штрафів, податків і подачею податкових декларацій.

ЦНАПи – синхронізація баз даних різних сфер життєдіяльності запорожців дозволить без зайвих складнощів і всіляких візитів за довідками, виписками, без

черг та очікувань проходити онлайн реєстрацію і інші процедури в Центрах надання адміністративних послуг. Достатньо буде лише заповнити та надіслати документи в електронному вигляді за необхідною формою, а в разі виникнення помилок, внести коригування та переслати новий варіант документів. Це істотно полегшить процеси отримання адміністративних послуг і прискорить вступ змін в силу.

Соціальні служби – створення взаємопов'язаної структури дозволить уникнути складнощів з отриманням соцвиплат, постановкою на облік зайнятості і іншими потребами. Адже вся необхідна для цих послуг документація вже буде синхронізована з особистим кабінетом користувача і буде виключена можливість фальсифікації документів.

Інтеграція з іншими державними службами – стане можливим сплачувати податки, штрафи і багато іншого в єдиному сервісі через особистий кабінет. Для зручності буде можливість вивести інформацію по необхідним сплатам і сплатити як все відразу, так і послуги окремо. Буде можливість отримання нагадувань, попереджень про терміни сплати, зміни в ціновій політиці тієї чи іншої послуги і т. д .

Адміністрування та підтримка Порталу відкритих даних Запоріжжя (після прийняття його Департаментом правового забезпечення до комунальної власності).

Ситуаційний центр. Це система, яка оснащена різними засобами комунікацій та призначена для оперативного прийняття управлінських рішень на підставі даних моніторингу об'єктів різної природи, ситуацій і інших функцій міста. Там буде розташований великий екран для виведення візуальної інформації (дашборда, аналітичних графіків, електронної карти міста та будь-якої іншої необхідної інформації). Основним завданням центру є «Повсюдна аналітика» - безперервний і динамічний процес збору та аналізу даних з метою отримання релевантної і структурованої інформації для ситуаційної та стратегічної діяльності, розробки планів дій, програм, ініціатив. В ситуаційний центр увійдуть такі напрямки.

Контакт-центр 15-80 буде здійснювати безпосередній контакт з містянами за допомогою телефонного спілкування та інтегрованої платформи SmartCity. Програма SmartCity може сповіщати містян про аварії, планові відключення та інші зміни в роботі міських служб.

Безпечне місто. На сьогоднішній день в місті вже функціонують системи відеоспостереження, якими активно користуються різні служби для розкриття злочинів і т.д. Буде розширюватися мережа відеокамер в навчальних закладах і на вулицях міста. Також необхідно встановити відеокамери в громадському транспорті, що попередить можливі злочини в транспорті і допоможе запобігти екстреним ситуаціям.

Також буде впроваджено систему виявлення залишених об'єктів. Вона зможе дозволити ідентифікувати підозрілі предмети, залишені в громадських місцях без нагляду на тривалий період часу, і буде повідомляти про це відповідні служби. Система встановлення камер відеоспостереження може бути запропонована і жителям багатоповерхових будинків різних форм власності. Це призведе до підвищення безпеки в житлових будинках і до зниження кількості квартирних крадіжок.

Мережа LoRa, АСКДР, різні датчики і пристрої. Інтеграція в Digital twins датчиків і пристроїв створить віртуальну ситуаційну картину міста. Вся інформація про поломки, ДТП, надзвичайні події, обриви на лініях електромереж, відсутність електроенергії, води, опалення в районах міста та рівень забрудненості буде виведена на віртуальну мапу.

Буде можливо згрупувати події за категоріями або розглядати конкретну ситуацію або конкретний район. Такий збір всіх ситуаційних даних на візуальному макеті дозволить правильно і швидко розподілити ресурси міських служб, що скоротить час усунення подій і автоматизує деякі процеси.

введення датчиків і автоматизованих систем управління дорожнім рухом дозволить розвантажити навантаження на дорогах шляхом зміни періодів сигналів світлофора, своєчасно виявляти несправності їх роботи, при

необхідності створювати зелені коридори шляхом регулювання сигналів світлофорів.

GPS-трекінг і давачі рівня палива - для контролю переміщення всього комунального транспорту і витрат палива. Це забезпечить якісний розподіл транспорту по ділянках, а в разі виникнення непередбачених ситуацій дозволить швидко координувати дії всіх служб.

Система екстреного реагування та система СКУД - давачі охоронної та пожежної сигналізації будуть інтегровані в єдину систему для моніторингу загальної ситуації по місту. У разі екстреної ситуації на одному з об'єктів системи будуть сповіщені відповідні служби.

Для забезпечення безпеки працівників комунального транспорту і жителів міста будуть встановлені спеціально обладнані «тривожні» кнопки для виклику поліції і служб ДСНС в громадському транспорті, на зупинках, біля електронних табло. Для запобігання помилкових викликів біля кнопки будуть розташовані камери відеоспостереження для ідентифікації ситуації, яка відбувається.

Для управління робочим часом і контролю доступу на об'єкти (в тому числі навчальні заклади) буде застосовуватися система контролю рівня доступу, яка дозволить контролювати переміщення співробітників і відвідувачів на підприємствах.

Аналітична платформа «Управління територією» – дана платформа дозволить отримувати аналітику для різних служб в режимі реального часу з давачів і пристроїв. Це спростить управління діяльністю службового транспорту, зробить контроль надзвичайних ситуацій та розподіл робочого ресурсу максимально ефективним. Основою платформи стане Digital twins, який дозволить звертатися в екстрені служби і миттєво ідентифікувати своє місце розташування по найближчим об'єктам (стовпам, люкам). Мешканці зможуть відстежувати переміщення автомобілів швидкої допомоги, міського транспорту та інших служб міста.

У цій платформі широке використання отримають нейронні мережі для отримання даних і аналізу ситуації. Вони будуть використовуватися в задачах

прогнозування, для розпізнавання образів, в задачах управління та інших напрямках.

Мережа буде самостійно обробляти і передавати інформацію, зібрану ситуаційним центром, в профільну службу, департамент або інформаційний портал для жителів міста. Це прискорить і автоматизує безліч міських процесів, зменшить необхідну кількість обслуговуючого персоналу, що дозволить розподілити людські ресурси в інші галузі розвитку міста.

Вся інформація, зібрана і проаналізована в ситуаційному центрі, буде доступна керівникам міста – вони зможуть на своїх пристроях побачити загальну картину або ситуацію з конкретної проблеми.

Відкрита влада. Електронні приймальні міського голови, заступників, секретаря міської ради, керівників і співробітників департаментів, депутатів місцевих рад – це сервіс, в якому жителі міста зможуть дистанційно взаємодіяти з міською владою, залишаючи електронні звернення. Відпадає необхідність особистих візитів, записів, очікування в чергах. Всі звернення будуть знаходитися в особистому кабінеті жителя, з повним листуванням з кожного питання.

Сервіс електронних петицій – містяни зможуть залишати електронні петиції або підписувати існуючі через особистий кабінет без зайвих реєстрацій, в один клік. Завдяки високому ступеню захисту баз даних і синхронізації реєстрів зникне можливість фальсифікації підписів.

Громадський бюджет – у містян буде можливість подавати свої пропозиції та проекти, синхронізуючи дані з Digital twins, відповідно до встановлених стандартів і правових норм.

Консультації з громадськістю – буде створено інтерактивний портал, де жителі міста зможуть взяти участь в обговоренні різних питань, пов'язаних з розвитком і змінами у місті, зможуть висловити свою думку або голосувати як під час громадських слухань.

Безпека та екологія. Громадська безпека. Безпека стає однією з найвищих цінностей в сучасному світі. Важливими складовими безпеки є інформаційна

обізнаність і навколишнє середовище. Людина повинна відчувати себе в безпеці. Завдяки Digital twins запоріжець зможе в будь-який момент подивитися розташування укриттів на мапі, в разі надзвичайних подій він буде проінформований, отримає маршрут і набір необхідних для евакуації інструкцій.

Завдяки створенню ситуаційного центру, багато проблем та паламок будуть передбачені та усунуті, а масштабна система відеоспостереження дозволить не тільки зменшити, а й потенційно усунути ряд крадіжок та хуліганств. Працюючи стримуючим фактором, що дозволить містянам відчувати себе у безпеці навіть у темний час доби.

Екологія. Користувачі отримують можливість відстежувати рівень загазованості, вміст шкідливих речовин в повітрі в реальному часі з даними по районам міста. Відображення буде у вигляді мапи міста з різними колірними зонами за рівнем забруднення. Для людей, які страждають на алергію, буде дуже актуальна карта карантинних рослин, де буде видно вогнища поширення амброзії та інших алергенів. Це буде корисно як людям, так і службам, які борються з цими рослинами. Люди зможуть оперативно інформувати про знаходження нових вогнищ поширення, що допоможе органам місцевого самоврядування швидше боротися з нововиявленими зонами поширення. Будуть надані дані з дослідницьких лабораторій по аналізу води в різних місцях міста.

Чистота міста також сильно впливає на санітарно-екологічну складову. Для забезпечення чистих вулиць необхідно забезпечити людям можливість викидати сміття у відведених для цього місцях. У разі переповнення контейнерів сміття буде накопичуватися на вулицях міста. Для запобігання подібних ситуацій необхідний своєчасний вивіз сміття. У цьому допоможуть Розумні контейнери, обладнані давачами заповнення, які інформують про свій стан до відповідних служб.

Для потреб міської влади, управляючих компаній ЖКГ, ОСББ та мешканців міста необхідно розробка автоматизованої системи, що спростить автоматизувати процес збору інформації та оприлюдненню даних про зелені насадження, що підлягають видаленню.

3.3. Кластерні етапи впровадження системи Розумного міста

Для розглядання наочного ефекту від впровадження інформаційних потоків у моніторинговому кластері системи Розумного міста, можливо взяти у приклад КП Запоріжміськвітло - головною метою діяльності підприємства є виконання робіт на договірних умовах з реконструкції та будівництва електромереж зовнішнього освітлення міста, архітектурно-декоративного освітлення, підземних переходів, утримання та поточний ремонт мереж зовнішнього освітлення, а також поточний ремонт та технічне обслуговування засобів регулювання дорожнім рухом.

Для вирішення головної мети підприємство здійснює наступні види діяльності:

- постійний контроль за якістю і рівнем освітлення вулиць і площ міста, підземних переходів, парків, скверів і архітектурно-декоративного освітлення згідно з діючими нормами та якістю роботи засобів регулювання дорожнім рухом;

- експлуатацію і утримання у належному стані освітлювальних установок і устаткування електричних мереж зовнішнього освітлення та засобів регулювання дорожнім рухом;

- реконструкцію і будівництво нових ліній зовнішнього освітлення вулиць міста, територій підприємств і організацій, архітектурно-декоративного освітлення та засобів регулювання дорожнім рухом;

- розробку проектно-кошторисної документації на зовнішнє освітлення об'єктів і архітектурно-декоративне освітлення;

- виготовлення і ремонт металоконструкцій, світильників і іншого електротехнічного устаткування та засобів регулювання дорожнім рухом;

- бере участь у розробці проектів разом із проектними інститутами по розвитку зовнішнього освітлення міста, архітектурно-декоративного освітлення та засобів регулювання дорожнім рухом;

– надає автопослуги спеціалізованим автотранспортом підприємствам і організаціям;

– електровимірювальні роботи, випробування індивідуальних засоби захисту і ремонт електричних лічильників підприємству і іншим організаціям.

Розумні світлофори. Одним з напрямків розвинення системи Розумного міста підприємством можливо вважати модернізування застарілих світлофорних комплексів на сучасні комплекси світлофорних об'єктів з інтелектуальним управлінням (СОІУ), які здатні:

1. Керування дорожнім рухом за окремими напрямками регулювання.

2. Використовується кілька алгоритмів визначення тривалостей сигналів, при цьому система не лише обирає алгоритм залежно від ситуації, а й удосконалює сам метод розрахунку на основі даних попередніх реалізацій.

3. Тривалості та чергування сигналів залежать від дорожніх умов та дорожнього стану, внаслідок чого забезпечується цілодобова робота об'єкта в оптимальному режимі, необхідний рівень безпеки дорожнього руху, мінімізація транспортних затримок учасників дорожнього руху.

4. Застосування детекторів та елементів системи пріоритетного пропуску дозволяє оптимізувати режими не за мінімумом простоїв зведених автомобілів, а за мінімумом затримок учасників дорожнього руху перед зонами регульованих конфліктів.

Функції які виконує підсистема диспетчерської служби відображені на рисунку 3.1:

- сигнали несправностей та аварійних відмов;
- візуалізація режимів;
- можливість оперативного керування;
- постійне оновлення даних.

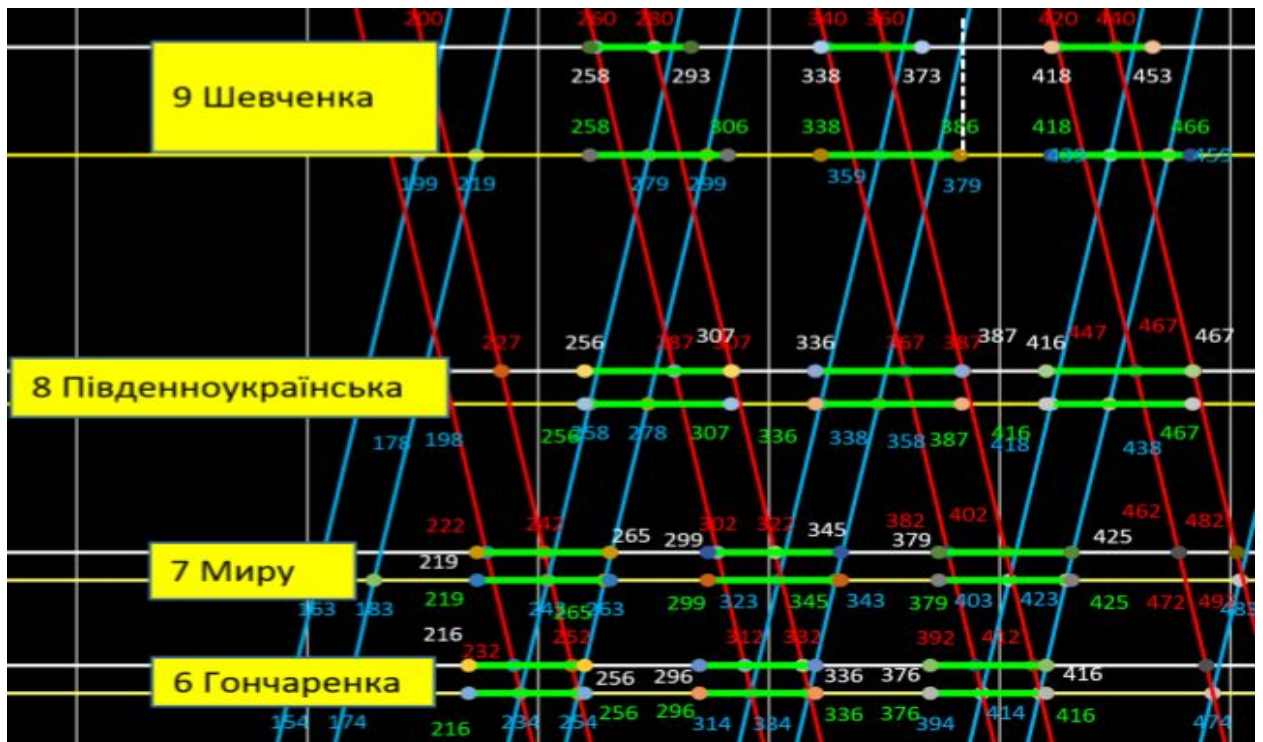


Рисунок 3.3 – Фрагмент графіка координованого регулювання, Соборний проспект, Запоріжжя

Прогнозні результати запровадження системи розумних світлофорів:

- зниження транспортних затримок на 50%, викидів в атмосферу CO₂ на 25%;
- підвищення рівня безпеки дорожнього руху на 20%;
- створення безпечних та комфортних умов для громадян з обмеженими можливостями шляхом виклику довгої фази;
- повна автоматизація роботи об'єктів;
- ліквідація заторових явищ на під'їздах до перехрестя;
- можливість максимально швидкої адаптації режиму регулювання до дорожнього стану;

Фактори, що зумовлюють необхідність застосування системи розумних світлофорів:

- висока аварійність та значна кількість порушень швидкісного режиму на вулицях міста;

- значні затримки транспорту та пасажирів перед світлофорами, низька швидкість сполучення автобусів високої пасажиромісткості;
- забруднення атмосфери в зоні транспортних вузлів шкідливими складовими відпрацьованих газів, пилом, шумове забруднення, вібрація;
- інтенсивна деформація верхніх шарів дорожнього одягу, спричинена гальмуванням вантажних автомобілів;
- досить тривалий час реагування аварійної служби на критичні несправності світлофорів та відключення напруги від них;
- висока концентрація транспорту на невеликій кількості перехресть.

Переваги від впровадження інтелектуальної системи керування засобами регулювання дорожнім рухом:

- різке зниження кількості ДТП;
- збільшення пропускної здатності і транспортного потоку;
- зменшення кількості пробок в години пік на проблемних ділянках дорожнього руху;
- дистанційне керування світлофорними об'єктами в режимі онлайн через інтернет;
- поліпшення екологічного становища в місті (зменшення викидів в атмосферу CO₂);
- скасування виїздів для перевірки світлофорних об'єктів, скорочення витрат на їх утримання;
- можливість управління групою світлофорних об'єктів;
- створення режиму «Зелена хвиля» – можливість відображення рекомендованої швидкості руху для водіїв на встановлених спеціальних електронних табло;
- зменшення навантаження на проблемних ділянках (на під'їзді до світлофорів) в 2 - 2,5 рази.

Розумне освітлення. Вуличне освітлення являє собою штучний спосіб оптичного збільшення видимості на вулиці в темний час доби, який здійснюється

за допомогою ламп, закріплених на щоглах освітлення, шляхопроводах та інших опорах, які можуть включатися в темний час доби автоматично (або вручну) з диспетчерського пункту.

Мережі вуличного освітлення є суттєвою частиною структури комунального господарства міста. Сучасні мережі вуличного освітлення м. Запоріжжя - це енергоємні об'єкти, правильна побудова яких важливо для їх ефективної роботи, раціонального використання і мінімізації втрат енергоресурсів. Впровадження нових технологій автоматизації мереж освітлення дозволяють не тільки вирішувати ці завдання, але також полегшити їх обслуговування та моніторинг. На цей час значна частина обладнання міських мереж освітлення морально і фізично старіє і постає питання про їх оновлення. Крім того, сучасні системи автоматизації - це не просто данина моді, вони мають і економічні переваги.

Економічні переваги:

- в автоматичному режимі строго дотримується розклад, оскільки виключається вплив людського фактора;
- немає необхідності виїжджати на перевірку включення або відключення освітлення;
- у разі не відключення освітлення не відбувається втрат електроенергії, оскільки диспетчер оперативно про це сповіщається і вживає відповідних заходів (раніше про невчасне відключення повідомляли через кілька годин громадяни);
- для здійснення технічного обліку енергії немає необхідності виїжджати і знімати покази з лічильників візуально;
- більш надійна система, побудована з сучасних компонентів, вимагає менше витрат на своє обслуговування.

Схема побудови реалізації розумного освітлення зображена на рисунку 3.4.

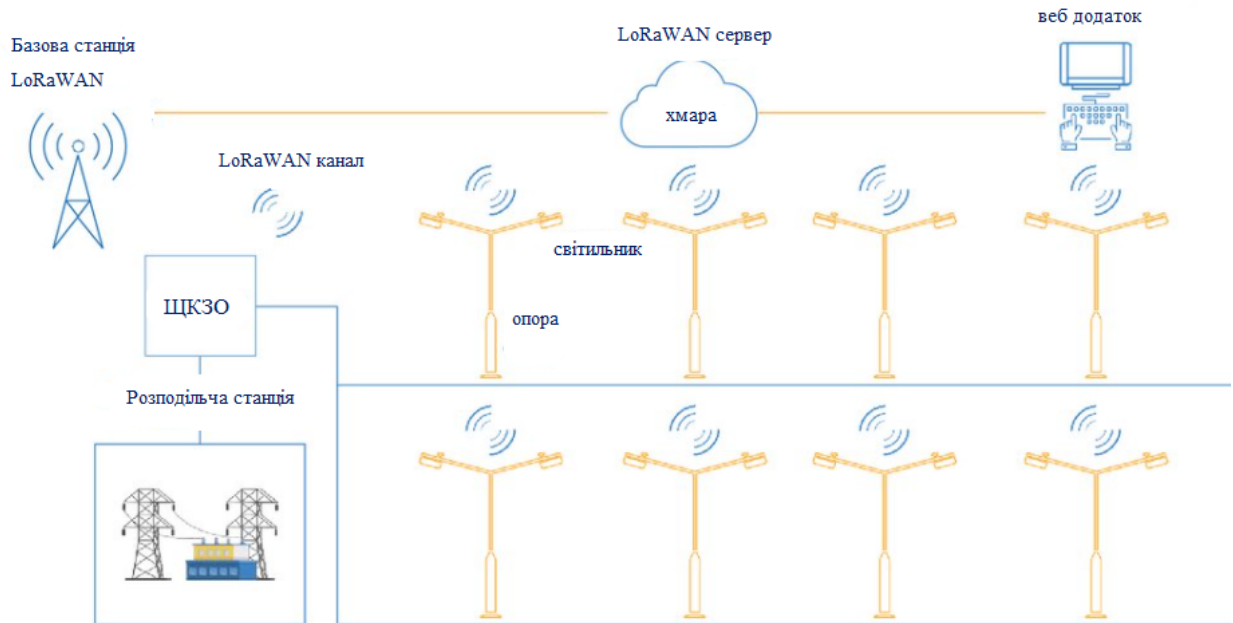


Рисунок 3.4 – Схема реалізації розумного освітлення

Приклад програмного забезпечення, яке здатне керувати різними комунікаційними технологіями (NB-IoT/LoRa/GSM), і може інтегрувати апаратні рішення для управління вуличним освітленням від різних постачальників. Крім того, система може підключати та контролювати інші датчики та виконавчі механізми з відкритим протоколом, тим самим перетворюючись на систему Розумного міста:

- автоматичне керування вуличним освітленням (ВКЛ/ВИМКН та управління яскравістю);
- відображення поточного стану об'єктів з індикацією всіх необхідних даних (стан вхідних та вихідних фаз, показань лічильника електроенергії, поточної споживаної потужності, розклад включення-вимкнення освітлення, рівня напруги, горіння ламп, стану охоронної сигналізації тощо);
- дистанційне керування зовнішнім освітленням по команді диспетчера з можливістю передачі команд як на один об'єкт, так і групу об'єктів;
- дистанційне завдання розкладу горіння як кожного світильника, так і групи світильників;

- діагностика, реєстрація та логування помилок на об'єкті, формування журналів подій;
- формування звітних документів з можливістю конвертації у MS Word, MS Excel, PDF, CSV;
- графічне відображення загальних параметрів системи, статистики роботи;
- розширена аналітика даних, інструменти звітності та графіки продуктивності з докладними можливостями фільтрації (звіти про час роботи лампи, звіти про енергозбереження, звіти про стан освітлення тощо).

Функції керування вуличним освітленням зображені на рисунку 3.5:

- відображення оперативного стану зовнішнього освітлення на екрані монітора окремо для кожного світильника та групи світильників;
- дистанційне керування зовнішнім освітленням по команді диспетчера, завдання розкладу горіння з можливістю передачі команд як на один об'єкт, так і групу об'єктів;
- діагностика, реєстрація та логування помилок на об'єкті, формування журналів подій.

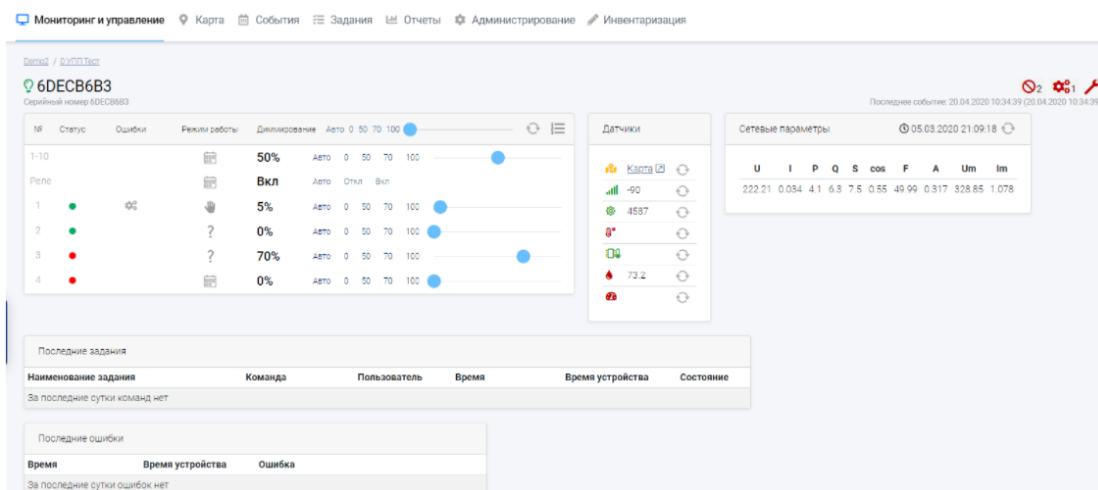


Рисунок 3.5 – Можливість керування функціями вуличного освітлення

Моніторингові функції зображені на рисунку 3.6:

- моніторинг на карті поточного стану світильників, режиму їх роботи, наявності помилок або аварій дозволяє спростити експлуатацію мереж освітлення, полегшити роботу диспетчерів та обслуговуючих бригад;
- управління світильниками можна здійснювати прямо з карти міста, без необхідності переходити на сторінки окремих об'єктів;
- розумна кластеризація дозволяє оцінити наявність проблем у масштабах вулиці, району, міста.

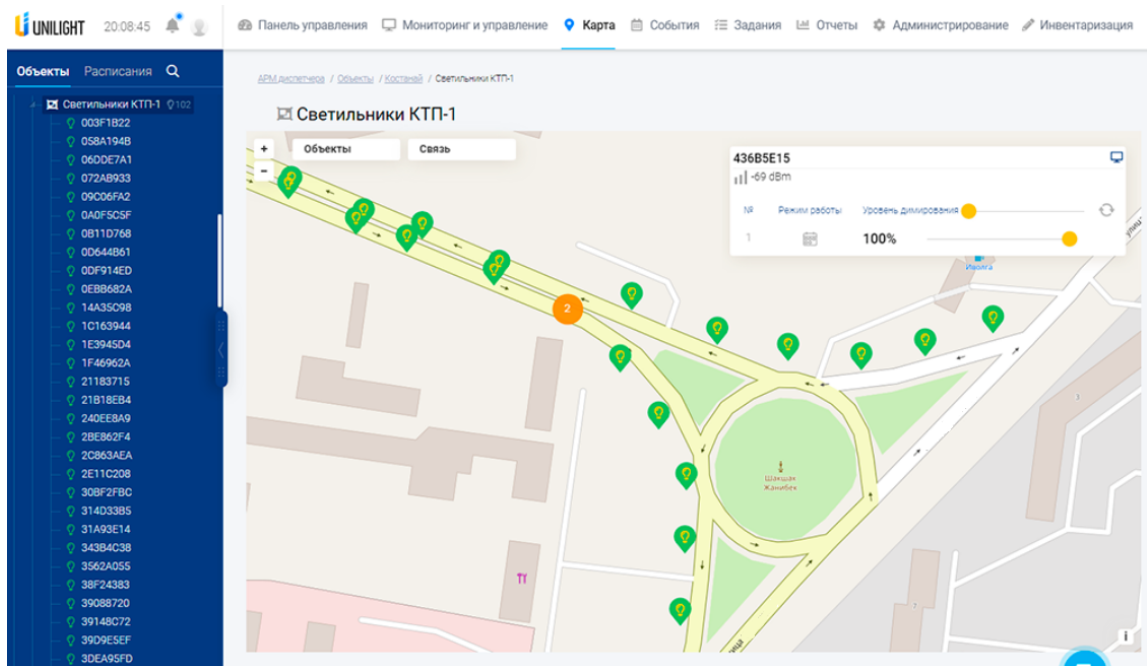


Рисунок 3.6 – Моніторинг та керування об'єктами вуличного освітлення

3.4. Висновки по розділу 3

У ході реалізації системи Розумного міста містяни отримують єдиний моніторинговий центр, за допомогою якого будуть не тільки швидко і зручно отримувати корисну інформацію про ЖКГ, громадський транспорт, лікарні, заклади освіти, а й матимуть можливість співпраці з міською владою (сервіс петицій, доступ до електронних приймалень міського голови, його заступників, керівників департаментів та управлінь, депутатів усіх рівнів).

Однією з переваг центру моніторингу системи Розумного міста буде можливість передачі інформації про будь-яку проблему, пов'язану з безпекою,

благоустроєм міста тощо. Буде запроваджена нова система геоінформаційної локації на основі маркованих орієнтирів - стовпів та каналізаційних люків (за допомогою надісланих з місця пригоди даних штучний інтелект буде визначати координати місця аварії або надзвичайної ситуації, спираючись на розташування об'єктів, які є поряд).

ВИСНОВКИ

З розвитком Інтернету речей все більше предметів підключатимуться до глобальної мережі, тим самим створюючи нові можливості у сфері безпеки, аналітики та управління, відкриваючи все нові та більш широкі перспективи та сприяючи підвищенню якості життя населення. На відміну від традиційного «людського» інтернету, Інтернет речей застосовується для раціонального і практичного підходу. Його ключове завдання – автоматизація, оптимізація, скорочення матеріальних та тимчасових витрат. Інтернет речей економить не лише гроші, а й час: машини здатні змінити людину на рутинній роботі та звільнити від виконання ризикованих чи стандартних завдань.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. «Розумні» міста в Україні: навіщо їх створювати та чим може допомогти бізнес. Економічна правда : веб-сайт. URL: <https://www.epravda.com.ua/rus/publications/2020/08/28/664460/> (дата звернення: 03.07.2021).
2. . Клопов І.О., Онопрієнко І.М., Самборська С.Я. Застосування ІоТ в освіті. Європейський вектор модернізації інженерної та економіко-управлінської освіти в умовах сталого розвитку промислового регіону : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (27-28 травня 2021 року, м. Запоріжжя). – Запоріжжя : Наук. ред. Н.Г. Метеленко. ЗНУ Інженерний навчально-науковий інститут, 2021. С. 112-115.
3. Розумне місто: веб-сайт. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%> (дата звернення: 04.08.2021).
- 4 Розумне місто. Розповідаємо, що таке «smart city» : веб-сайт. URL: <https://hromadske.ua/posts/liho-z-rozumu-rozpovidayemo-sho-take-smart-city-ta-chim-vono-nebezpechne> (дата звернення: 04.08.2021).
- 5 Що означає термін «SMART CITY»? : веб-сайт. URL: <https://smartcity.mvk.if.ua/aboutz> (дата звернення: 04.08.2021).
6. Напрями розвитку смарт-міста: Виходимо за межі інфраструктури : веб-сайт. URL: <https://www2.deloitte.com/ua/uk/pages/public-sector/articles/smart-city.html> (дата звернення: 04.08.2021).
7. Галузі майбутнього: «розумні» міста та будинки : веб-сайт. URL: <https://mind.ua/publications/20188390-galuzi-majbutnogo-rozumni-mista-ta-budinki> (дата звернення: 10.08.2021).
8. Smart city: розумні технології сучасного міста : веб-сайт. URL: <https://hub.kyivstar.ua/news/smart-city-rozumni-tehnologiyi-suchasnogo-mista/> (дата звернення: 15.08.2021).

9. "Smart-city" або "розумне місто": що це таке? : веб-сайт. URL: <https://www.chortkivmr.gov.ua/2019/10/16/smart-city-abo-rozumne-misto-shho-tse-take/> (дата звернення: 15.08.2021).

10 Як змінюють ваше життя шведські стартапи? : веб-сайт. URL: <https://ru.sweden.se/rabota-i-uchyoba/biznes-v-shvecii/zhizn-eto-tozhe-startap> (дата звернення: 29.08.2021).

11 За рамками розумних міст: Як Інтернет речей змінює світ : веб-сайт. URL: <https://www.kingston.com/italy/ru/solutions/servers-data-centers/how-iot-is-changing-the-world> (дата звернення: 29.08.2021).

12. Sydney Coordinated Adaptive Traffic System : веб-сайт. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Sydney_Coordinated_Adaptive_Traffic_System (дата звернення: 03.09.2021).

13. Smart sustainable cities in spain: the commitment to a green economy : веб-сайт. URL: <https://hub.beesmart.city/en/strategy/tag/madrid> (дата звернення: 05.09.2021).

14. Розумне місто: Барселона як приклад для наслідування : веб-сайт. URL: <https://rr-f.ch/ru/news/2650> (дата звернення: 06.09.2021).

15. Smart City 2.0: Коли міста перетворюються на розумні істоти? : веб-сайт. URL: <https://rb.ru/story/smart-cities-to-become-thinking-organisms/> (дата звернення: 14.09.2021).

16. Будівництво «розумного міста»: приклади проектів Smart City : веб-сайт. URL: <https://dominant-wood.com.ua/ru/stati/668-stroitelstvo-umnogo-goroda-primery-proektov-smart-city> (дата звернення: 14.09.2021).

17. Іноземний досвід: Як у Португалії будують місто-комп'ютер : веб-сайт. URL: <https://www.the-village.ru/city/abroad/122279-gorod-kompyuter-v-portugalii> (дата звернення: 15.09.2021).

18. Masdar City: перше у світі еко-місто майбутнього : веб-сайт. URL: <http://royaldesign.ua/ru/masdar-city-pervuiy-v-mire-eko-gorod-buduschego.bX69f/> (дата звернення: 18.09.2021).

19. Що таке інтернет-речей? : веб-сайт. URL: <https://ain.ua/special/what-is-iot/> (дата звернення: 23.09.2021).
20. INTERNET OF THINGS : веб-сайт. URL: <https://www.everest.ua/ru/internet-of-things-vse-chto-nuzhno-znat-ob-ynternete-veshhej-y-o-budushhem-sovremennoj-czyvylyzaczuyu/> (дата звернення: 24.09.2021).
21. Що таке IoT і що про нього слід знати : веб-сайт. URL: <https://habr.com/ru/company/otus/blog/549550/> (дата звернення: 26.09.2021).
22. Інтернет речей IoT : веб-сайт. URL: <https://techexpert.ua/ru/products/internet-of-things-iot/> (дата звернення: 26.09.2021).
23. Технологія вузькосмугового інтернету речей (NB-IoT) у мережі мобільного зв'язку : веб-сайт. URL: <http://1234g.ru/novosti/uzkopolosnyj-internet-veshchej-nb-iot> (дата звернення: 26.09.2021).
24. Sigfox – виключно чутлива мережа датчиків : веб-сайт. URL: https://www.rohde-schwarz.com/ua/solutions/test-and-measurement/wireless-communication/iot-m2m/sigfox/sigfox-theme_234026.html (дата звернення: 27.09.2021).
25. Короткий путівник бездротових технологій «Інтернету речей».
Частина 4. Великий радіус дії : веб-сайт. URL: <https://controleng.ru/besprovodny-e-tehnologii/putivoditel-iot-4/> (дата звернення: 27.09.2021).
26. Розкриваємо таємниці 6LoWPAN : веб-сайт. URL: <https://www.compel.ru/lib/74348> (дата звернення: 27.09.2021).
27. Три види Bluetooth: який вибрати? : веб-сайт. URL: <https://wireless-e.ru/standarty/bluetooth-smart/> (дата звернення: 29.09.2021).
28. Протокол Bluetooth Low Energy: підтримка пристроями та специфіка роботи : веб-сайт. URL: <https://future2day.ru/protokol-bluetooth-low-energy/> (дата звернення: 29.09.2021).
29. Zigbee – що це таке : веб-сайт. URL: <http://bezprovodoff.com/seti/vidy/zigbee-chto-eto-takoe.html> (дата звернення: 15.10.2021).

30. Технологія LoRaWAN : веб-сайт. URL: <https://deps.ua/ua/knowledge-base/reference-information/66634.html> (дата звернення: 17.10.2021).
31. LoRaWAN технологія : веб-сайт. URL: <https://lanmarket.ua/entsiklopediya/besprovodnye-tekhnologii/lorawan.html> (дата звернення: 18.10.2021).
32. Kerlink Wirnet iStation 868 MHz : веб-сайт. URL: <https://lorawan-webshop.com/shop/31-outdoor-gateways/202-kerlink-wirnet-istation-868-mhz/> (дата звернення: 25.10.2021).
33. Шлюз Four-Faith F8L10GW бездротової передачі даних LoRaWAN : веб-сайт. URL: <https://shop-gsm.ua/products/F8L10GW> (дата звернення: 26.10.2021).
34. KONA MEGA IOT GATEWAY : веб-сайт. URL: <https://tektelic.com/catalog/kona-mega-lorawan-gateway> (дата звернення: 26.10.2021).
35. INDUSTRIAL TRANSCEIVER & SENSOR : веб-сайт. URL: <https://tektelic.com/catalog/Industrial-Transceiver-Sensor> (дата звернення: 28.10.2021).
36. Сенсор All-in-One PIR Tektelic SMTPBEU868 : веб-сайт. URL: <https://romsat.ua/ru/sensor-all-in-one-pir-tektelic-smtpbeu868/> (дата звернення: 31.10.2021).
37. R718G-Wireless Light Sensor : веб-сайт. URL: <http://www.netvox.com.tw/product.asp?pro=R718G> (дата звернення: 05.11.2021).
38. Microsoft Azure: Служби хмарних обчислень : веб-сайт. URL: <https://azure.microsoft.com/ru-ru/> (дата звернення: 07.11.2021).
39. Microsoft Azure : веб-сайт. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Azure (дата звернення: 07.11.2021).
40. Amazon Web Services : веб-сайт. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Amazon_Web_Services (дата звернення: 07.11.2021).
41. Google Cloud Platform : веб-сайт. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Google_Cloud_Platform (дата звернення: 09.11.2021).