ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
КАФЕДРА МОБІЛЬНИХ ТА ВІДЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:
«Методи реалізації концепції "Розумне місто" з використанням технології LTE»

на здобуття освітнього ступеня магістра

зі спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка

освітньо-професійної програми Апаратура радіозв'язку, радіомовлення і телебачення

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

(підпис) Сергій СТАСЮК (Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи АРДМ-61
Сергій СТАСЮК

Керівник: Наталія РУДЕНКО

Рецензент: В. Васильєнко

Київ – 2023

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут телекомунікацій

Кафедра Мобільних та відеоінформаційних технологій

Ступінь вищої освіти Магістр

Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка

Освітньо-професійна програма Апаратура радіозв'язку, радіомовлення і телебачення

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувачка кафедри МВТ
_____ Наталія РУДЕНКО
« » _____ 2023 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Стасюк Сергій Олегович

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Методи реалізації концепції "Розумне місто" з використанням технології LTE», керівник кваліфікаційної роботи Наталія РУДЕНКО, к.т.н., доцент, затверджені наказом Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій від 19.10.2023 р. №145.

2. Строк подання кваліфікаційної роботи 25.12.2023 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:
   1. Теоретичне обгрунтування концепції «розумного міста».
   2. Структура «розумного міста».
   3. Інтеграція технології LTE «розумне місто».
   4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1. Приклади концепції «розумного міста».
2. Пристрої збору даних в концепції «розумного міста».
3. Потенціал технології 4G
4. Застосування LTE-M, LTE Cat.M1

5. Перелік ілюстративного матеріалу: презентація.

6. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Підбір науково-технічної літератури	23.10.2023	Виконано
2	Приклади концепції «розумного міста»	03.11.2023	Виконано
3	Пристрої збору даних в концепції «розумного міста»;	21.11.2023	Виконано
4	Потенціал технології 4G	27.11.2023	Виконано
5	Застосування LTE-M, LTE Cat.M1	30.11.2023	Виконано
6	Оформлення пояснювальної записки	01.12.2023	Виконано
7	Висновки, вступ, реферат	08.12.2023	Виконано
8	Презентація	17.12.2023	Виконано

Здобувач вищої освіти Сергій СТАСЮК

(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

Керівник кваліфікаційної роботи Наталія РУДЕНКО

(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня магістра: 80 стор., 16 рис., 3 табл., 31 джерело.

Об'єкт дослідження – технологія LTE, класи технології LTE та їх застосування.

Предмет дослідження – Доцільність використання LTE в концепції розумне місто та складові IoT.

Метою даної роботи є вивчення технології LTE, аналіз та демонстрація доцільності використання цієї технології в рамках концепції «розумне місто».

Методи дослідження:
Критичний аналіз технології LTE та інших бездротових технологій IoT, порівняльний аналіз підходів до впровадження концепції «розумне місто» в країнах світу та аналіз існуючих рішень для систем IoT.

Короткий зміст роботи:

- Визначено поняття «розумні міста» та характеристики реалізації існуючих моделей та їх складових;
- Проаналізовано послуги та галузі, що охоплюють «розумні міста», та дослідити технології IoT;
- Досліджено сценарії інтеграції технологій LTE в розумне місто та покриття мережі на території України.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: IOT, LTE, РОЗУМНЕ МІСТО, 4G, МІЖМАШИННА КОМУНІКАЦІЯ

ABSTRACT

The text part of the qualification work for obtaining a master's degree: 80 pages, 16 figures, 3 tables, 31 sources.

The object of research is LTE technology, classes of LTE technology and their application.

The subject of the study is the feasibility of using LTE in the concept of a smart city and components of IoT.

The purpose of this work is to study LTE technology, analyze and demonstrate the feasibility of using this technology within the framework of the "smart city" concept.

Research methods:

Critical analysis of LTE technology and other wireless IoT technologies, comparative analysis of approaches to the implementation of the "smart city" concept in countries around the world, and analysis of existing solutions for IoT systems.

Summary of the work:

• The concept of "smart cities" and the characteristics of the implementation of existing models and their components are defined;

• Analyzed services and industries covering "smart cities" and explored IoT technologies;

• Scenarios of integration of LTE technologies into a smart city and network coverage on the territory of Ukraine were studied.

KEY WORDS: IOT, LTE, SMART CITY, 4G, INTER-MACHINE COMMUNICATION

ВІДГУК РЕЦЕНЗЕНТА

на кваліфікаційну магістерську роботу

здобувача вищої освіти Стасюка Сергія Олеговича
на тему: «Методи реалізації концепції "Розумне місто" з використанням технології LTE»

Актуальність:

Технологія телекомунікаційної мережі вдосконалюється з кожним роком. З розвитком бездротової мережі, поки є мобільний зв'язок, можна використовувати високошвидкісний Інтернет. Використання інновацій у передачі інформації призводить до появи нових варіантів технологічних процесів у містах і всередині міст. Розробка та впровадження мереж дає можливості для реалізації багатьох концепцій, таких як «розумні міста» та Інтернет речей. Ці концепції є прямим шляхом до модернізації, покращення присутності міста та його мешканців, спрощення бізнесу та підвищення продуктивності. Використання новітніх технологій та врахування існуючого світового досвіду створення IoT дозволяє нам аналізувати та впроваджувати найкращі варіанти для задоволення потреб українських міст. Саме тому моя робота є актуальною.

Позитивні сторони:

1. У роботі детально вивчені принципи роботи та побудови бездротових мереж доступу та технології «розумного міста». Проведені дослідження свідчать про високий науково-технічний рівень використання інформаційних технологій в даному дослідженні.
2. Робота викладена науковою мовою, логічно й послідовно відбиває мету та поставлені в роботі завдання. Пояснювальна записка відповідає стандартам до її оформлення.

Недоліки:

1. Не наведені особливості активного обладнання для бездротових технологій.
2. Замало графічного матеріалу.

Висновок: кваліфікаційна робота заслуговує оцінку «добре», а здобувач СТАСЮК Сергій Олегович заслуговує присвоєння кваліфікації: «Магістр з телекомунікацій та радіотехніки».

Рецензент: канд. техн. наук _____ В. Ваганов

(науковий ступінь, вчене звання) *(підпис)* *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Навчально-науковий інститут телекомунікацій

ПОДАННЯ
ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ
ЩОДО ЗАХИСТУ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
на здобуття освітнього ступеня магістра

Направляється здобувач Стасюк С.О. до захисту кваліфікаційної роботи
(прізвище та ініціали)

за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка
освітньо-професійної програми Апаратура радіозв'язку, радіомовлення і телебачення

на тему: Методи реалізації концепції "Розумне місто" з використанням технології LTE

Кваліфікаційна робота і рецензія додаються.

Директор ННІТ _____ Владислав КРАВЧЕНКО
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

Висновок керівника кваліфікаційної роботи

Здобувач Стасюк Сергій Олегович показав гарну теоретичну та інженерну підготовку, уміння володіти технологіями нового покоління, вміло працювати з програмно-апаратними засобами мобільного зв'язку, довідковою і науково-технічною літературою. Працюючи над завданнями, які доручались керівником, проявив ініціативність, сумлінність та хист до інженерної роботи.

Все це дозволяє оцінити виконану кваліфікаційну роботу Стасюка Сергія Олеговича на оцінку «добре» та присвоїти йому кваліфікацію «Магістр з телекомунікацій та радіотехніки».

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Наталія РУДЕНКО
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

“ ” _____ 2023 року

Висновок кафедри про кваліфікаційну роботу

Кваліфікаційна робота розглянута. Здобувач Стасюк С.О.
(прізвище та ініціали)

допускається до захисту даної роботи в Екзаменаційній комісії.

Завідувачка кафедри
Мобільних та відеоінформаційних технологій _____ Наталія РУДЕНКО
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

“ ” _____ 2023 року

ЗМІСТ

ВСТУП 9
1 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ КОНЦЕПЦІЇ «РОЗУМНОГО МІСТА» ТА ТЕХНОЛОГІЙ IoT 10
1.1. Сутність концепції «розумне місто» 10
1.2. Впровадження концепції «розумного міста» в Україні 112
1.2.1 Впровадження концепції «розумного міста» в світі 144
1.3 Технології IoT 188
1.3.1 Загальні відомості концепції Інтернету речей 189
1.3.2 Міжмашинна комунікація (M2M) 232
1.3.3 Системи RFID 253
1.4 Використання хмарних технологій в IoT 276
1.5 Архітектура мережі LTE 32
2 СТРУКТУРА «РОЗУМНОГО МІСТА» 39
2.1 Важливість Кібербезпеки в концепції «Розумного міста» 39
2.2 Пристрої збору даних 45
2.2.1 Датчики MEMS 45
2.2.2 Класифікація температурних датчиків 5051
2.2.3 LiDAR і активні датчики 50
2.2.4 Фотоелектричні датчики 57
2.2.5 Розумні датчики IoT 58
2.3 Опис технології LTE 61
2.3.1 Класи LTE для IoT 63
3 ІНТЕГРАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ LTE В «РОЗУМНЕ МІСТО» 69
3.1 Потенціал технології 4G в мобільному зв'язку 69
3.2 Міжмашинна взаємодія в мережі 4G LTE 71
3.3 Покриття мережі 4G LTE в Україні 73
3.4. Застосування LTE-M, LTE Cat.M1 76
ВИСНОВКИ 80
СПИСОК ПОСИЛАНЬ 81

ВСТУП

Актуальність роботи. Технологія телекомунікаційної мережі вдосконалюється з кожним роком. З розвитком бездротової мережі, поки є мобільний зв'язок, можна використовувати високошвидкісний Інтернет. Використання інновацій у передачі інформації призводить до появи нових варіантів технологічних процесів у містах і всередині міст. Розробка та впровадження мереж дає можливості для реалізації багатьох концепцій, таких як «розумні міста» та Інтернет речей. Ці концепції є прямим шляхом до модернізації, покращення присутності міста та його мешканців, спрощення бізнесу та підвищення продуктивності. Використання новітніх технологій та врахування існуючого світового досвіду створення IoT дозволяє нам аналізувати та впроваджувати найкращі варіанти для задоволення потреб українських міст. Протягом останніх десятиліть сфера інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) активно розвивається і її концептуальні установки постійно змінюються. У роботі «Управління інформаційними потоками та методами розподілу ресурсів для гетерогенних мереж 4G/5G для послуг M2M/IoT» розглядається можливість застосування технологій четвертого покоління для забезпечення взаємодії та підтримки концепцій IoT. Оскільки IoT є необхідною частиною створення та модернізації концепцій розумного міста, необхідно вивчити можливості, які відкриває IoT, та технології, які можна використовувати, включаючи технології стільникових бездротових мереж. Найпопулярнішими користувачами є міста, особливо мегаполіси.

Великі міста мають еволюційну тенденцію до спрощення процесу взаємодії між машинами і людьми, тим самим покращуючи умови життя людей і підвищуючи продуктивність людини в різних сферах і галузях. Проекти розумних міст є результатом розвитку цих еволюційних тенденцій. З огляду на процес глобалізації та інтеграції світу, «розумні міста» вже давно набувають популярності в різних сферах у основних країнах ЄС, як у повсякденному житті, так і в промисловості, громадській безпеці, державному управлінні, медицині. Трафік, у свою чергу, зростатиме пропорційно, а доступ до новітніх високошвидкісних мереж, можливо, є ключовою потребою міст. Їх дослідження необхідні для розвитку телекомунікаційної галузі.

1 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ КОНЦЕПЦІЇ РОЗУМНОГО МІСТА» ТА ТЕХНОЛОГІЙ IoT

1.1. Сутність концепції «розумне місто»

Розумні міста – це міста, де традиційні системи працюють ефективніше за рахунок впровадження технологій для передачі інформації. Технології для передачі інформації дозволяють менше витрачати енергії та задовольняти постійний попит і зменшити вплив парникових викидів на довкілля. Це означає впровадження «розумніших» систем для керування міською, а також удосконалення ефективніших систем охолодження та опалення. При цьому всі системи повинні бути взаємопов'язані та працювати злагоджено .

Концепція розумного міста полягає у залученні інформаційно-комунікаційних технологій для керування міськими ресурсами, поєднуючи транспорт, навчальні заклади, лікарні, бібліотеки, водопостачання, електростанції тощо. Активне використання першої концепції «розумних міст» почалося на початку 2000-х, а 2007 рік став знаковим для міжнародної спільноти: вперше в історії населення міст перевищило кількість за містом . З тих пір кількість міських жителів неухильно зростала. За даними ООН, до 2050 року 68% населення нашої планети проживатимуть у містах. Для порівняння: у містах зараз проживає 56% населення – 4,36 мільярда жителів. Зменшення сільського населення пояснюється кількома причинами швидкої урбанізації та збільшення чисельності населення у світі. Для взаємодія такої великої кількості систем потрібна стандартизація та відкритість , які є фундаментальними принципами створення таких міст. Ті проекти «розумних» міст, яким не вистачає відкритості та стандартизації, можуть швидко стати громіздкими та дорогими. Компоненти цієї концепції включають високошвидкісну оптику, датчики, дротові та бездротові мережі, необхідні для забезпечення переваг

інтелектуальних транспортних систем, електромереж і домашніх мереж. Вони весь час контролюють найважливішу інфраструктуру — метро, мости, дороги, тунелі, аеропорти, морські порти, залізниці, воду, системи зв'язку, енергію та навіть критичні будівлі — для безпеки та оптимального розподілу ресурсів. Вони продовжують збільшувати кількість послуг, які надають населенню, забезпечуючи стале середовище, яке сприяє здоров'ю та добробуту громадян. Основою цих послуг є система інформаційно-комунікаційних технологій. Системи «розумного міста» дають можливість заощадити такі важливі ресурси, як час у таких сферах, як транспорт, онлайн-адміністративні послуги, телемедицина тощо. Що стосується безпеки, то «розумне місто» має навчитися не лише стежити за станом електромереж, газо- та водопостачання, безпекою транспортування, теплової мережі та водовідведення тощо.

1.2 Впровадження концепції «розумного міста» в Україні

Головна відмінність «розумних» міст від традиційних міст – це взає'модія з громадянами. У звичайних містах послуги на основі ІКТ є більш лінійними, ніж послуги в «розумних» містах, у реагуванні на зміни культурних, економічних та соціальних умов. Тому «розумні міста» в основному орієнтовані на людей, базуються на ІКТ-інфраструктурі та постійному розвитку міст з урахуванням вимог економічної та екологічної стійкості. Технологічні складові цієї концепції включають високошвидкісну оптику, датчики, дротові та бездротові мережі, які необхідні для реалізації цих переваг інтелектуальних транспортних систем, електромереж та домашніх мереж .

Основна ідея системи «розумного міста» - Створити інформаційний простір, що містить оперативні дані для контрольованих об'єктів (лічильники теплової та електричної енергії, ліфти, електрообладнання, засоби безпеки

тощо).Наразі «розумні» міста борються за перше місце в міжнародних рейтингах. Нью-Йорк, Лондон, Токіо, Париж, Рейк'явік, згідно зі стратегією Іспанського центру глобалізації та бізнес-школи 2021. Київ займає 82 місце серед 174 міст.

На жаль, українські міста ще вчаться «розумнішати», але у них є перспектива потрапити в міжнародні рейтинги розумних міст.

Одним з прикладів, у місті Дрогобичі є смарт додаток «Дрогобич – smart city», який надає туристичні карти, плакати, електронні послуги та навіть надсилає push-повідомлення мешканцям про відключення водопостачання чи електроенергії. Маріуполь та Київ реалізують плани «безпечних міст» щодо встановлення камер. Їх наявність може зменшити кількість злочинів, прискорити розкриття, контролювати роботу комунальних служб і дозволити контролювати рух транспорту. Бізнес не буде сидіти склавши руки, оператори мобільного зв'язку, IT-стартапи, компанії, які працюють у сфері «Інтернету речей» – усі активні учасники міського інноваційного процесу. В Україні багато компаній, які працюють над створенням «розумних» будинків (Рис 1.1). Їхній досвід можна узагальнити для розробки «розумних» міських систем. Тому ОМО за допомогою системи колективного контролю доступу автоматизує повсякденні операції власників житла: проникнення в будинок чи житловий масив з мобільного телефону, через Face ID або відеоспостереження.

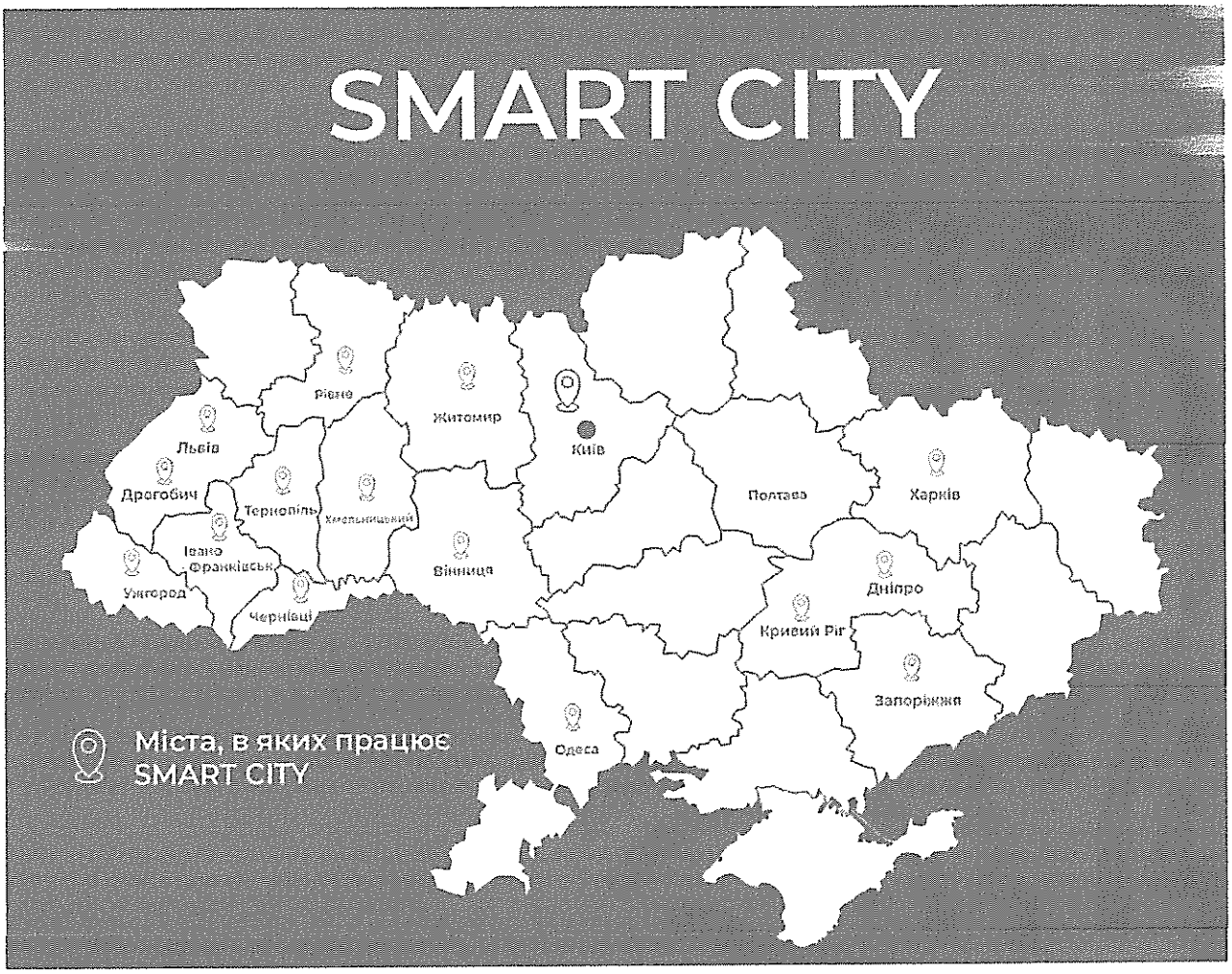


Рис. 1.1 Впровадження концепції «розумного міста» в Україні

Також система успішно вирішує проблему комунальних послуг сервісних агентств. За допомогою NB-IoT ви можете знімати показання з міських датчиків трафіку, води та тепла, регулювати освітлення залежно від погоди та часу доби , регулювати дорожній рух, щоб уникнути заторів, стежити за навколишнім середовищем та покращувати безпеку на вулиці. Довгоривалі бюрократичні процедури та нестабільна економіка в Україні гальмують впровадження цифрових рішень. Враховуючи темпи зростання технологій у світі, трансформація міст має відбуватися й надалі. В Україні є багато IT-компаній, готових зробити міста «розумнішими».

1.2.1 Впровадження концепції «розумного міста» в світі

Сінгапур став першою країною, яка запровадила систему таксі без водія. До 2022 року уряд планує запровадити розумне енергоефективне освітлення на всіх дорогах загального користування та використання сонячних панелей на дахах 6000 будівель. Сінгапур лідирує у вигравaнні титулу Smart Nation Інновації фільтруються через проект Vehicle-to-Everything , можливо, одну з найбільш технологічно просунутих систем такого роду у світі. Якщо плани міста-держави збудуться, то до 2025 року всі автомобілі на міських вулицях стануть самокерованими. На острові тривають експерименти щодо забезпечення комунікації між транспортними засобами та транспортними засобами з інфраструктурою. На додаток до розмов між автомобілем, наприклад, розмови на світлофорі інформують водіїв швидше, сповіщаючи водіїв, якщо в даний момент повз проїжджає пішохід, або якщо швидка допомога ось-ось проїде і має зійти з дороги. Підвищення безпеки на дорозі і зменшення заторів. Поєднання потенціалу штучного інтелекту з інвестиціями в стійку інфраструктуру допомогло Сінгапуру значно скоротити дорожній рух.

До 2030 року близько 80% жителів Сінгапуру будуть жити в безпосередній близкості від залізничного вокзалу. Розвиток транспортної системи в поєднанні з перевагами штучного інтелекту є одним із аспектів поступальних змін, які відбуваються в Сінгапурі.

У Дубаї на сьогодні майже 90 державних послуг оцифровано та доступ до них через додаток DubaiNow. Уряд заявив, що це дозволить заощадити 245 мільйонів доларів. Відкрилися три автоматизовані поліцейські відділення. Ви можете сплачувати штрафи, повідомляти про нещасні випадки або робити багато інших речей, не звертаючись до агента.

Штучний інтелект поступово стає повсякденним інструментом для підвищення ефективності міст та їх офісів. Згідно з планом Дубая до 2021 року, штучний інтелект також буде використовуватися для постійного моніторингу рівня втоми та стресу водіїв автобусів, які подорожують містом, що значно зменшить, за даними Міністерства доріг і транспорту, кількість аварій. Повністю виключаючи використання паперу в діяльності державного управління, уряд впевнений, що зможе заощадити 245 мільйонів доларів. Флагманським проектом є Hyperloop Dubai-Abu Dhabi, 151-кілометрова високошвидкісна лінія вартістю шість мільярдів доларів. Першу 10-кілометрову ділянку завершено. Hyperloop і нова лінія метро спрямовані на зменшення заторів у мегаполісі, в якому зараз проживає понад 3,5 мільйона мешканців. В останні місяці Дубай також розпочав будівництво будівлі, повністю зробленої за допомогою 3D-принтерів. Найважливішим показником впливу поточних реформ, який зараз розраховується в Дубаї, є не ВВП. Це для того, щоб задовольнити життя мешканців. Згідно з урядовим аналізом, 100 програм, запущених різними державними установами, за останні місяці підвищили щастя жителів на 3 відсотки. Це свідчить про те, що уряд на правильному шляху, а проект Smart Dubai рухається в правильному напрямку. Трьома ознаками Дорожньої карти Дубая є добробут громадян, економічне покращення та стійкість ресурсів та інфраструктури.

Управління технологій та інновацій постійно докладає зусиль, щоб перетворити Нью-Йорк на розумне місто. Для збереження енергії та води, одночасно зменшуючи вплив Нью-Йорка на навколишнє середовище та покращуючи якість життя його населення. Системи «розумного міста» вирішують такі питання, як ефективність вуличного освітлення, якість та збереження води, управління відходами та якість повітря. Модернізація світлодіодів зменшує потужність освітлення, досягаючи економії, яка прямо

пропорційна зменшенню потужності. Розумні елементи керування можуть ще більше зменшити потужність освітлення за рахунок затемнення, а також скоротити час роботи за допомогою планування або визначення зайнятості.

Місто з населенням понад 8,5 мільйонів людей використовує 1 мільярд галонів води щодня. Департамент охорони навколишнього середовища Нью-Йорка впроваджує широкомасштабну систему автоматизованого зчитування лічильників (AMR), щоб отримати кращий знімок споживання води , надаючи клієнтам корисний інструмент для щоденної перевірки споживання води.Блоки AMR встановлюються у понад 800 000 об'єктів, оснащених радіопристроями малої потужності, які спілкуються через приймачі, встановлені на даху. За допомогою цієї системи DEP може виставляти рахунки своїм клієнтам з більшою точністю – 17% рахунків виставлялися з приблизними даними через обмеження попередніх лічильників, і цей показник зменшився до менше ніж 3%.Розумна система вимірювання також приносить користь кінцевим користувачам: маленькі користувачі отримують сповіщення про споживання води чотири рази на день, а великі користувачі можуть дивитися поточні погодинні дані. Пристрої AMR також інтегруються з додатком для смартфона, який попереджає клієнтів про потенційні витоки води при виявленні ненормальних стрибків споживання води. Програма сповіщення про витоки була дуже успішною, забезпечивши економію понад 73 мільйони доларів. Також департамент санітарії Нью-Йорка є найбільшим у світі, який збирає понад 10 500 тонн сміття на день. Збір сміття з тисяч сміттєвих баків і урн для переробки може бути досить логістичним завданням: сміттєві баки можуть переповнюватися, якщо їх залишити без нагляду, але надто часте збирання сміття є марною тратою палива та праці.

BigBelly — це розумний сміттєвий бак, який розгортають по всьому Нью-Йорку, і він має значні переваги в порівнянні з традиційними сміттєвими

баками: він оснащений бездротовим датчиком, який контролює рівень сміття, що дозволяє більш ефективно планувати поїздки. Система включає ущільнювач для сміття, який працює від сонячної енергії, що дозволяє сміттєвому баку вмістити в п'ять разів більше відходів, ніж звичайний. Ці розумні системи управління відходами не тільки зменшують частоту збирання сміття, але й дозволяють більш ефективно планувати його. BigBelly покращує ефективність збирання сміття на 50-80%, а також сприяє контролю над викидами, скорочуючи час, проведений сміттєвозами в дорозі.

Департамент охорони здоров'я та психічної гігієни Нью-Йорка проводить дослідження якості повітря з 2008 року. Моніторинг здійснюється за допомогою 75 тимчасових станцій моніторингу, встановлених на два тижні, та 8 постійних моніторів повітря, які повідомляють дані з 15-хвилинними інтервалами. Завдяки програмі моніторингу повітря викиди двоокису сірки в Нью-Йорку з 2008 року скоротилися більш ніж на 70%.

У Лондоні мобілізація відкритих даних дозволяє державним керівникам вирішувати міські труднощі, такі як погана чистота повітря, житлові кризи та нерівність. Платформа Crowdfund надає можливість кожному запропонувати ідею проекту, а потім залучити для цього кошти. Стартапи співпрацюють з впливовими компаніями та урядом, щоб розробити інноваційні рішення для основних проблем: зміни клімату, доступне житло та подолання ізоляції серед лондонців. Він повідомить про робочий стан ключового обладнання. Лондон був одним із перших міст у світі, який призначив спеціаліста з цифрового розвитку у своїй програмі управління. У вересні 2017 року мер призначив Тео Блеквелла першим цифровим директором столиці Великобританії, Менш ніж через рік мер Садік Хан оприлюднив дорожню карту «Розумніший Лондон разом» — перший план громадської реформи міста, що стосується обміну даними. Розумна інфраструктура та технологічні інновації є запорукою розвитку. Лондон є

природним центром штучного інтелекту з 750 постачальниками досліджень і розробок у цій галузі, авенчурні фонди інвестують в інноваційні стартапи. Всі ці характеристики допомагають Лондону досягати своїх міжнародних цілей як розумного міста, пропонуючи жителям ідеальний внесок з точки зору доступності, досвідчених працівників та широкого спектру технологій. Лондонське Сіті вирішило зосередитися на сталому розвитку, вважаючи, що «зелений» розвиток є найефективнішим інструментом для сучасного мегаполісу. Протягом багатьох років мер Садік Хан відстоював шлях глибоких змін, включаючи інвестиції в залізничний транспорт, покращення якості доріг для пішоходів і велосипедистів, відновлення міста занедбаних кварталів і будівництво нових будівельна основі стійкого розвитку, а також заохочення креативних економіка створює десятки тисяч робочих місць. Інвестуючи в ці проекти, міська влада впевнена, що зможе досягти своєї мети зробити Лондон містом з нейтральним викидом вуглецю до 2050 року.

1.3 Технології IoT

1.3.1 Загальні відомості концепції Інтернету речей

Загалом, Інтернет речей охоплює все, що пов'язано з Інтернетом, але він все частіше використовується для ідентифікації об'єктів, які передають інформацію один одному. Інтернет речей складається з підключених пристроїв, від простих датчиків до смартфонів і медіа. Об'єднавши ці під'єднані пристрої з автоматизованими системами, ви можете збирати інформацію, аналізувати її та вживати заходів, щоб допомогти комусь або вчитися у процесі. Насправді це варіюється від розумних дзеркал до маяків у магазинах і поза ними.

IoT дозволяє пристроям із закритими приватними підключеннями до Інтернету спілкуватися з іншими, а IoT з'єднує ці мережі. Це дозволяє пристроям спілкуватися не лише у вузьких отворах, а й у різних типах мереж і створює більш пов'язаний світ. У промислових застосуваннях датчики в лінійці продуктів можуть підвищити ефективність і зменшити кількість відходів. "Інтернет речей дозволяє нам робити речі більш ефективно, заощаджуючи час, гроші та викиди. Він дає можливість компаніям, урядам і урядам переосмислити, як вони надають послуги та виробляють товари. Все, що підключено до Інтернету, можна зламати, і продукти IoT не є винятком. Через небезпечну систему Інтернету речей виробник іграшок VTech втратив відео та фотографії дітей, які використовують підключені пристрої. Є також питання спостереження. Якщо кожен продукт підключено до мережі, ви зможете контролювати користувачів без обмежень. Якщо підключений холодильник контролює споживання їжі, їжа на винос може бути націлена на голодних людей без їжі. Якби розумний годинник міг ідентифікувати, коли ви займалися сексом, це завадило б комусь із цими даними використовувати їх проти власника годинника. В основі створення великої та надійної мережі IoT лежить одна важлива річ: сумісність стандартів. Під'єднані об'єкти можуть зв'язуватися один з одним, щоб передавати дані та ділитися тим, що вони записують. Якщо всі вони працюють за різними стандартами, їм буде важко спілкуватися та ділитися. Асоціація стандартів IEEE перелічує велику кількість стандартів, розроблених і прийнятих для різноманітних застосувань.

Для того, щоб концепція IoT працювала, використовується Інтернет. Термін англійська також стає все більш поширеним Comprehensive Internet. Концепція Інтернету речей займає ключову роль в майбутньому розвитку інформаційно-комунікаційної системи. Це підтверджують позиції Міжнародного союзу телекомунікацій (ITU) та Європейського Союзу з цього

питання, а також включення IoT до списку передових технологій США, Китаю та інших країн. Хоча на національному рівні концепція вже має ознаки технології, що розвивається, вона активно працює над стандартизацією архітектур, технічних компонентів, додатків.

Через швидкий розвиток мереж з комутацією пакетів, особливо Інтернету, на початку 2000-х років світова телекомунікаційна індустрія спочатку розвинулася, а потім почала впроваджувати нову комунікаційну парадигму — мережі наступного покоління. Основна відмінність мережі наступного покоління від традиційної що вся інформація, що передається в мережі, ділиться на дві частини. Це сигнальна інформація, вона забезпечує перемикання користувачів і послуг, і дані користувача, які безпосередньо містять корисну інформацію, назначену абоненту. Шлях сигнального повідомлення та дані користувача можуть не збігатися.

Технологія NGN еволюціонувала від Softswitch до IP-мультимедійна підсистема і бездротових мереж Long Term Evolution. Довго вважалося, що більшість користувачів мереж NGN є люди, тому максимальна кількість користувачів у таких мережах завжди буде обмежена населенням планети.
Важливо зазначити, що IoT не виключає участі людини. Також IoT повністю автоматизує речі, тому що ставить людину в центр і дає їй доступ до речей. Але багато речей можуть діяти не так як ми уявляємо собі сьогодні. У IoT всі речі мають свій унікальний ідентифікатор, та разом вони утворюють континуум речей, які можуть взаємодіяти один з одним, створюючи тимчасову або постійну мережу (Рис. 1.2). Щоб речі могли брати участь у їх переміщенні. Він дозволяє повністю автоматизувати логістичний процес, а за допомогою вбудованого інтелекту речі можуть змінювати свої параметри та адаптуватися до довкілля, також зменшуючи споживання енергії. Вони можуть так чи інакше виявляти й

взаємодіяти з іншими спорідненими речами. IoT дозволяє поєднувати розумні пристрої, підключені через комунікаційні мережі та людей.

Разом вони можуть створювати різноманітні системи, які, наприклад, працюють у незручних або недоступних для людини середовищах. У міру зростання Інтернету речей все більше і більше елементів будуть підключатися до глобальних мереж, створюючи нові можливості в галузі безпеки, аналітики та управління, відкриваючи нові та ширші горизонти та допомагаючи покращити якість життя. Для практичної реалізації необхідно передбачити мініатюрні моделі для всіх навколишніх предметів і обладнання сенсорних датчиків.

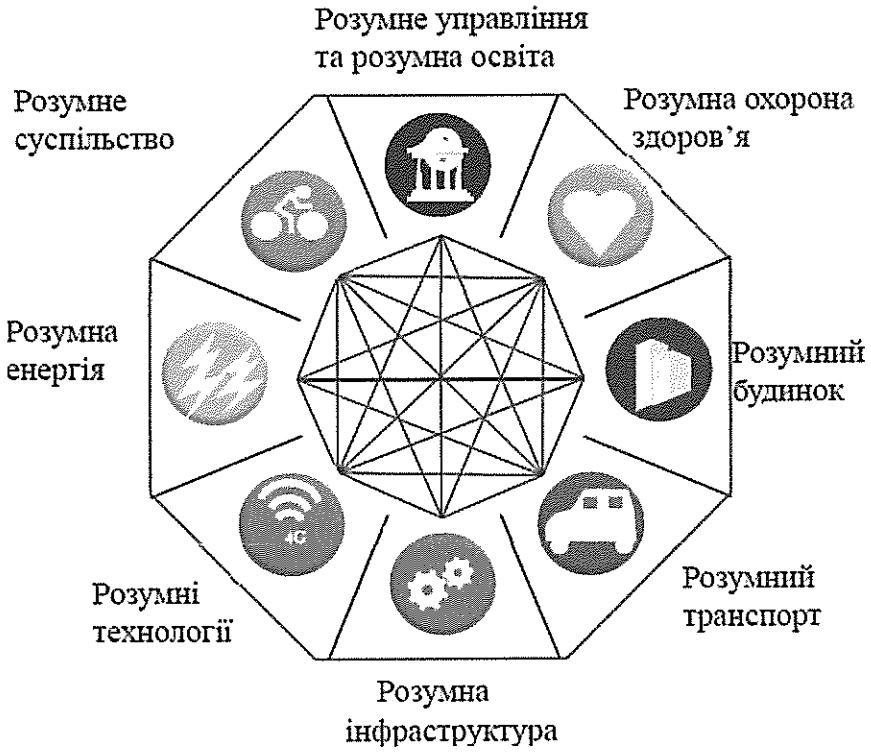


Рис. 1.2 Компоненти розумного міста

Тоді, якщо у вас є з ними необхідні канали зв'язку, ви зможете не тільки відстежувати ці об'єкти та їхні параметри, а і керувати ними та передавати інформацію про них до загальної «розумну планету». Очікується, що «речі» активізуються в майбутньому. Учасники ділових, інформаційних та соціальних

процесів, які можуть спілкуватися та спілкуватися між собою та обмінюватися інформацією про навколишнє, реагувати та впливати на процеси, що відбуваються у світі без участі людини. Тільки за умови технічної підтримки можна досягти прогресу. Процес розвитку IoT пропорційний технологічному прогресу.

Основними характеристиками IoT є (Рис. 1.3):

- Підключення. Усі пристрої спілкуються через глобальну або локальну інфраструктуру обміну інформацією. – Послуги, орієнтовані на пристрої.

- Неоднорідність. Пристрої в IoT можуть належати до різних мереж і апаратних платформ, що не є завадою для взаємодії.

- Динаміка. Стан пристрою постійно змінюється: увімкнено і вимкнено, контекстна та технічна інформація, включаючи місцезнаходження та швидкість. Кількість під'єднаних пристроїв також може постійно змінюватися.

- Масштаб. Кількість гаджетів, які будуть «спілкуватися» та отримувати контроль, буде в десять разів більше кількості вузлів у поточному Інтернеті. Зрозуміло, що кількість комунікацій, які може ініціювати пристрій, набагато перевищить кількість з'єднань, які може ініціювати людина. Тому для подальшого застосування даних виникає проблема інтерпретації даних.

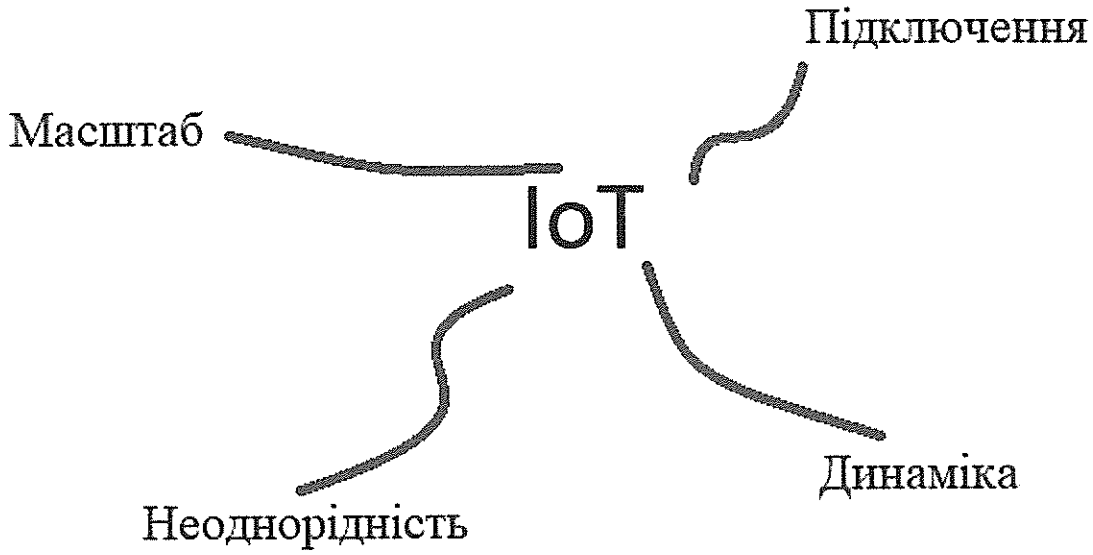


Рис. 1.3 Основні характеристики IoT

1.3.2 Міжмашинна комунікація (M2M)

M2M — це широка позначка, яка описує будь-яку технологію, яка дозволяє мережевим пристроям мінятися інформацією та виконувати операції без допомоги людини. ШІ та машинне навчання сприяють комунікації між системами, дозволяючи їм робити власний автономний вибір. Технологія M2M була вперше прийнята в промислових і промислових середовищах, а інші технології, SCADA і дистанційний моніторинг, полегшують дистанційне керування та керування даними обладнання. Відтоді M2M застосовувався в інших сферах, таких як охорона здоров'я, комерція та страхування. M2M є базою Інтернету речей . Головна мета технології «машина-машина» - використовувати дані датчиків і передавати їх у мережу. На відміну від SCADA або інших інструментів віддаленого моніторингу, M2M часто застосовують стільниковий зв'язок або Ethernet, аби зробити їх більш економічно ефективними.

Головні компоненти системи M2M налічують датчики, RFID, Wi-Fi або стільникові мережі, а також автономне обчислювальне програмне забезпечення, запрограмоване, щоб допомогти вашим мережевим пристроям інтерпретувати дані та приймати рішення. Ці програми M2M перетворюють дані, які можуть ініціювати попередньо запрограмовані автоматизовані дії. На додаток до можливості дистанційного моніторингу обладнання та систем, ключові переваги M2M включають зниження затрат за рахунок зменшення обслуговування обладнання та простоїв; збільште прибуток, відкриваючи нові бізнес-можливості для обслуговування продуктів у цій сфері; покращуйте обслуговування клієнтів шляхом активного моніторингу й обслуговування обладнання до того, як воно виходить з ладу або лише тоді, коли це необхідно. Для віддаленого моніторингу часто застосовувати міжмашинний зв’язок. Наприклад, під час поповнення запасів торговий автомат може сповістити

мережу дилера або торговий автомат, коли товар закінчується. M2M є вирішальним у WMS та системах управління ланцюгами постачання (SCM) як засіб відстеження та моніторингу активів.

Комунальні підприємства часто покладаються на пристрої та програми M2M, щоб не тільки отримувати енергію (наприклад, нафту та газ), але й використовувати розумні лічильники для виставлення рахунків для клієнтів та визначення таких факторів, як тиск на робочому місці, температура та стан обладнання. Системи розумного дому включають технологію M2M. Використання M2M у цій вбудованій системі дає можливість побутовій техніці та іншим технологіям контролювати роботу в реальному часі, а також можливість дистанційного зв'язку. M2M також є важливим аспектом дистанційного керування, робототехніки, контролю дорожнього руху, безпеки, управління автопарком та логістики.

IoT потребує M2M, але M2M не потребує IoT. Обидва терміни стосуються підключення під'єднаних пристроїв, але системи M2M часто є ізольованими автономними мережевими пристроями. Системи IoT виводять M2M на новий рівень, об'єднуючи різні системи в одну велику екосистему. Системи M2M взаємодіють між машинами, датчиками та обладнанням через стільникові або дротові мережі, тоді як системи IoT покладаються на мережі на основі IP для надсилання даних, зібраних з пристроїв, підключених до Інтернету речей, на хмарні шлюзи, та платформи проміжного програмного забезпечення. Дані, зібрані з пристроїв M2M, застосовуються в програмах управління послугами, тоді як дані IoT часто інтегруються з корпоративними системами для більшої ефективності бізнесу в кількох групах. Інша точка зору полягає в тому, що M2M впливає на бізнес, а IoT впливає на кінцевих користувачів.

1.3.3 Системи RFID

Радіочастотна ідентифікація відноситься до бездротової системи, що складається з двох компонентів: мітки і зчитувача. Зчитувач - це пристрій з однією або кількома антенами, який випромінює радіохвилі та приймає сигнали від RFID-міток. Теги, які використовують радіохвилі для передачі своєї особи та іншої інформації читачам поблизу, можуть бути пасивними або активними. Пасивні RFID-мітки живляться від зчитувача і не мають батарейок. Активні RFID-мітки живляться від батарейок. RFID-мітки можуть зберігати різноманітну інформацію від одного серійного номера до кількох сторінок даних. Зчитувач може бути мобільним, тому його можна переносити вручну або встановлювати на стовпі або над головою. Системи зчитування також можуть бути вбудовані в архітектуру офісів, кімнат або будівель. Загалом, технологія Auto-ID використовується для економії часу та праці, витрачених на ручне введення даних, а також для підвищення точності інформації. Загалом, технологія Auto-ID використовується для економії часу та праці, витрачених на ручне введення даних, а також для підвищення точності інформації. Технології автоматичної ідентифікації, такі як системи штрих-кодів, часто потребують участі людини для збору інформації та сканування вручну.

Системи RFID працюють таким чином, що ви можете зчитувати та передавати інформацію в комп'ютерну систему в режимі реального часу без втручання людей. Технологія RFID може використовуватися в різних сферах діяльності, включаючи медицину, торгівлю, освіту тощо. Будь-яка система RFID складається з невеликих ідентифікаційних пристроїв (RFID-міток) (Рис. 1.4) та зчитувача, мітки зазвичай містять резонансний LC-ланцюг, контролер і перепрограмований EEPROM. Вміст пам'яті будь-якої мітки дозволяє ідентифікувати інформацію мітки (людину чи об'єкт). Основний принцип цієї

операції полягає в наступному. Зчитувач випромінює радіохвилі, які приймає одна мітка. Таким чином, мітка отримує енергію і відображає хвилі тієї ж частоти (завдяки індуктивному зв'язку), модульовані закодованим вмістом пам'яті. Зчитувач приймає сигнал, модулює і декодує його для визначення вмісту пам'яті. Потім системи ідентифікації вищого рівня перевіряють ці дані та відповідно контролюють процес.

Привабливість цієї системи в тому, що вона підтримує безконтактну взаємодію між зчитувачем і міткою RFID (таким чином уникаючи обмежень щодо позиціонування об'єкта до мітки), і тег не вимагає живлення, але коли поле зчитувача складається з двох тегів, вони всі реагують на сигнали читача. У цьому випадку модульований сигнал зчитувача є комбінацією двох компонентів з двох тегів і не може бути декодований. Така система не може розпізнавати два об'єкти одночасно. Існує кілька способів вирішення цієї проблеми.

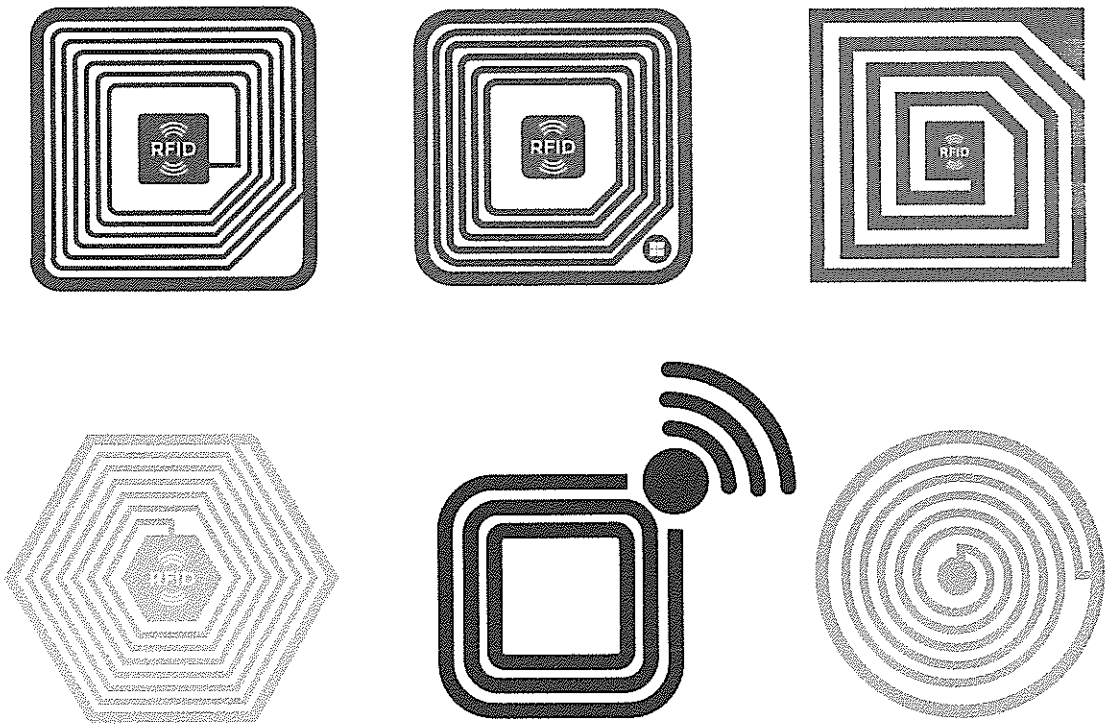


Рис. 1.4 Мітки RFID

Деякі з них є зчитувачами та тегами, які взаємодіють відповідно до заздалегідь визначеного протоколу, що призводить до успішного розділення сигналу кожного тега. Альтернативний спосіб — використання тегів різної частоти.

За сферою застосування зчитувача RFID його можна розділити на такі категорії: ідентифікація на ближній відстані (зчитування на до 20 см), ідентифікація на середню відстань (20 см до 5 метрів), ідентифікація на великій відстані (від 5 метрів до 100 метрів). Використання систем RFID найбільш актуально для компаній, що займаються виробництвом, поставкою та реалізацією різноманітних товарів. По-перше, використання систем RFID спрощує інвентаризацію товарів на складі. Це також значно спрощує їх отримання та відвантаження. Крім того, завдяки RFID-міткам і зчитувачам RFID, а також спеціального комп'ютерного обладнання можна створити численні бази даних для руху товарів та обліку.

1.4 Використання хмарних технологій в IoT

Одним із компонентів, що сприяє успіху IoT, є хмарні обчислення. Які дозволяють користувачам виконувати обчислювальні завдання за допомогою послуг, що надаються через Інтернет. Поєднання використання Інтернету речей і хмарних технологій стало каталізатором: IoT і хмарні обчислення тепер взаємопов'язані. Це справжні технології майбутнього, які принесуть багато переваг. Через швидкий розвиток технологій виникають проблеми зберігання, обробки та доступу до великих обсягів даних. Чудова інновація передбачає обмін IoT і хмарними технологіями. Комбінована обробка сенсорних потоків даних і нові послуги моніторингу можуть бути комбіновані. Наприклад, дані датчиків можна завантажувати та зберігати за допомогою хмарних обчислень

для подальшого використання в якості інтелектуального моніторингу та активації інших пристроїв. Мета полягає в тому, щоб перетворити дані на інформацію, яка надихає на економічно ефективні та продуктивні дії. Хмарні обчислення Інтернету речей пропонують безліч варіантів підключення, які забезпечують чудовий доступ до мережі. Люди використовують різні пристрої для доступу до хмарних обчислень: мобільні пристрої, ноутбуки, планшети. Це зручно для користувача, але створює проблему необхідності точки доступу до мережі.

Розробники можуть застосовувати хмарні обчислення Інтернету речей за потреби. Є одна умова – доступ до Інтернету. За бажанням користувачі можуть розширити послугу відповідно до своїх потреб. Швидкий і гнучкий означає, що ви можете розширювати сховище, змінювати налаштування програмного забезпечення та співпрацювати з більшою кількістю користувачів. Хмарні обчислення передбачають об'єднання ресурсів. Це покращує співпрацю та створює тісні стосунки між користувачами. Із зростанням пристроїв Інтернету речей та автоматизації зростають питання безпеки. Хмарні рішення дають компаніям надійні протоколи аутентифікації та шифрування.

Нарешті, хмарні обчислення для IoT зручні, оскільки клієнти отримують саме те, за що платять за послугу. Це означає, що витрати залежать від використання: постачальник збирає статистику використання клієнта. Важливо відзначити, що хмарна архітектура має бути ретельно розроблена, оскільки вона залежить від надійності, безпеки, економіки та оптимізації продуктивності. Використання добре розробленої каруселі CI/CD, структурованих служб і середовища пісочниці призводить до безпечного середовища та швидкого розвитку. Хмарні обчислення передбачають доставку даних до обробки даних через Інтернет. IBM поділяє хмарні обчислення на шість окремих категорій: Платформа як послуга (PaaS) - хмара включає в себе все необхідне для створення

та доставки хмарних додатків, тому вам не потрібно обслуговувати чи закуповлювати обладнання та програмне забезпечення.

Програмне забезпечення як послуга (SaaS) - у цьому випадку пристроєм керують програми, що працюють у хмарі та інші компанії.

Інфраструктура як послуга (IaaS) - це варіант, який надає компаніям сховище, сервери, мережі та концентратори, які можуть обробляти дані для кожного використання.

Публічна хмара - компанія управляє приміщенням і надає користувачам швидкий доступ через мережу загального користування.

Приватна хмара - те саме, що й загальнодоступна хмара, але доступ до неї може отримати лише одна особа, якою може бути організація, компанія чи користувач.

Гібридна хмара - заснована на приватній хмарі, але надає доступ до загальнодоступної хмари (Рис. 1.5)

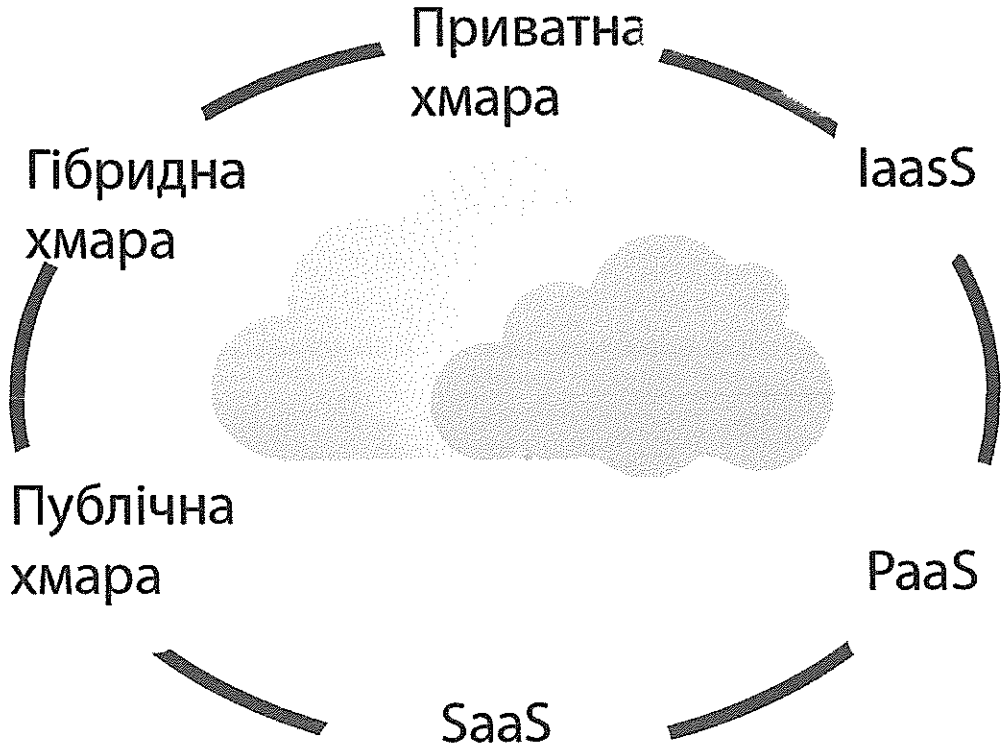


Рис. 1.5 Види хмарних технологій

IoT тепер означає підключення пристроїв до Інтернету. Повсякденні пристрої, такі як автомобілі та побутова техніка, можуть мати підключення до Інтернету, і в міру зростання Інтернету речей до цього списку буде додаватися все більше пристроїв.

Межа даних Обробка даних або граничні обчислення використовуються з рішеннями IoT для прискорення обробки та швидкості реагування. Центри обробки даних, які застосовують цей підхід, прискорюють обробку даних. Однак підхід, заснований на периметрі, ніколи не може дати повну картину бізнес-операцій. Без хмарного рішення фабрика може керувати лише кожним блоком окремо. Більше того, він не міг уявити, як ці підрозділи пов'язані між собою. Ось чому лише поєднання периферійних пристроїв і хмари може дозволити компаніям отримати вигоду від розробок IoT. Хмарні обчислення в поєднанні з Інтернетом речей спрямовані на підвищення ефективності щоденних завдань. Хмарні обчислення — це спосіб доставки даних до місця призначення, а IoT генерує багато даних.

Хмарні обчислення мають чотири переваги: немає необхідності передбачати потреби в інфраструктурі заздалегідь. Можна заощадити кошти на тому що оплата здійснюється лише за ресурси, які використовуються, чим більший масштаб, тим більше заощадження. За лічені хвилини платформу можна розгорнути в усьому світі, надаючи розробникам гнучкість і швидкість ресурсів.

Отак, роль хмарних обчислень в IoT полягає в тому, щоб працювати спільно для зберігання даних Інтернету речей, забезпечуючи швидкий доступ, коли це необхідно. Важливо відзначити, що хмарні обчислення — це простий метод переміщення великих пакетів даних за допомогою Інтернета, створений Інтернетом речей. Поєднання хмарних обчислень та Інтернету речей принесе фундаментальні зміни в життя людини, особливо в способі управління

інформацією. Хмара — це єдина технологія, яка може аналізувати, зберігати й отримувати доступ до Інтернету речей на основі моделей розгортання. Через характер інформації на вимогу хмарні обчислення з підключенням до Інтернету доступні на будь-якому пристрої в будь-який час. З ширшим впровадженням гібридної хмари багато компаній усвідомлюють її переваги та необхідність її впровадження. Хмарні обчислення відкриють нові можливості для Інтернету речей на довгий час.

Взаємозалежність між Інтернетом речей та хмарними обчисленнями використовується лідерами ринку в усьому світі, щоб отримати вигоду від інновацій та надати їм конкурентну перевагу. Оскільки підключення стає все більш необхідним у нашій повсякденній роботі та соціальному житті, ми стикаємося з великою кількістю гаджетів, підключених до Інтернету та один одного. Цифрова трансформація та необхідність підключати різні пристрої та обмінюватися даними зараз є вирішальними для забезпечення більшої чіткості систем і комунікацій всередині організації. збирати дані, передані пристроями, підключеними до Інтернету, для аналізу, Потім на основі цього процесу збору даних визначаються закономірності та тенденції, які допомагають системі функціонувати належним чином. Інтернет речей та хмарні обчислення доповнюють один одного і часто об'єднуються під одним брендом, щоб обговорити технічні послуги, працюючи разом, щоб забезпечити найкращі послуги IoT. Однак між ними є суттєві відмінності, які роблять кожен з них ефективним технічним рішенням як окремо, так і в комплексі.

Хмарні обчислення в IoT є частиною співпраці для зберігання даних IoT. Хмара – це централізований сервер, який містить ресурси комп'ютера, до яких можна отримати доступ у разі потреби. Хмарні обчислення – це простий метод передачі великих пакетів даних, створених Інтернетом речей, через Інтернет. Великі дані також можуть допомогти в цьому процесі. Поєднання Інтернету

речей і хмарних обчислень дає змогу автоматизувати системи економічно ефективним способом, забезпечуючи контроль у режимі реального часу та моніторинг даних.

1.5 Архітектура мережі LTE

Мережу LTE можна розбити на дві основні складові: перша – це мережа радіодоступу E-UTRAN, друга – базова мережа SAE (System Architecture Evolution), іншими словами, EPCN (Evolved Packet Core Network).

LTE – система з комутацією пакетів, яка надає можливість встановлення IP з'єднання між мережею користувачів (User Equipment, UE) і мережею, що передає пакети даних (Packet Data Network, PDN). LTE визначать технологію радіодоступу, а абревіатура EPC (Evolved Packet Core) позначає мережу оператора мобільного зв'язку. Об'єднанням LTE і EPC служить EPS (Evolved Packet System). Основа EPS – EPS потоки (EPS bearers), їх призначення – це передача IP пакетів між шлюзом (gateway, GW) і PDN до користувальницької мережі (UE).

Будь-який потік є потоком IP пакетів, який відповідає певним параметрам якості обслуговування (Quality of Service, QoS) на проміжку між шлюзом та мережею абонентів. Кожному користувачеві можна призначити кілька EPS потоків з різною якістю обслуговування (наприклад, VoIP і FTP), також це використовується для приєднання до різних PDN.

На рис. 1.6 приведена схема із зображенням основних елементів мережі і назвами інтерфейсів між ними.

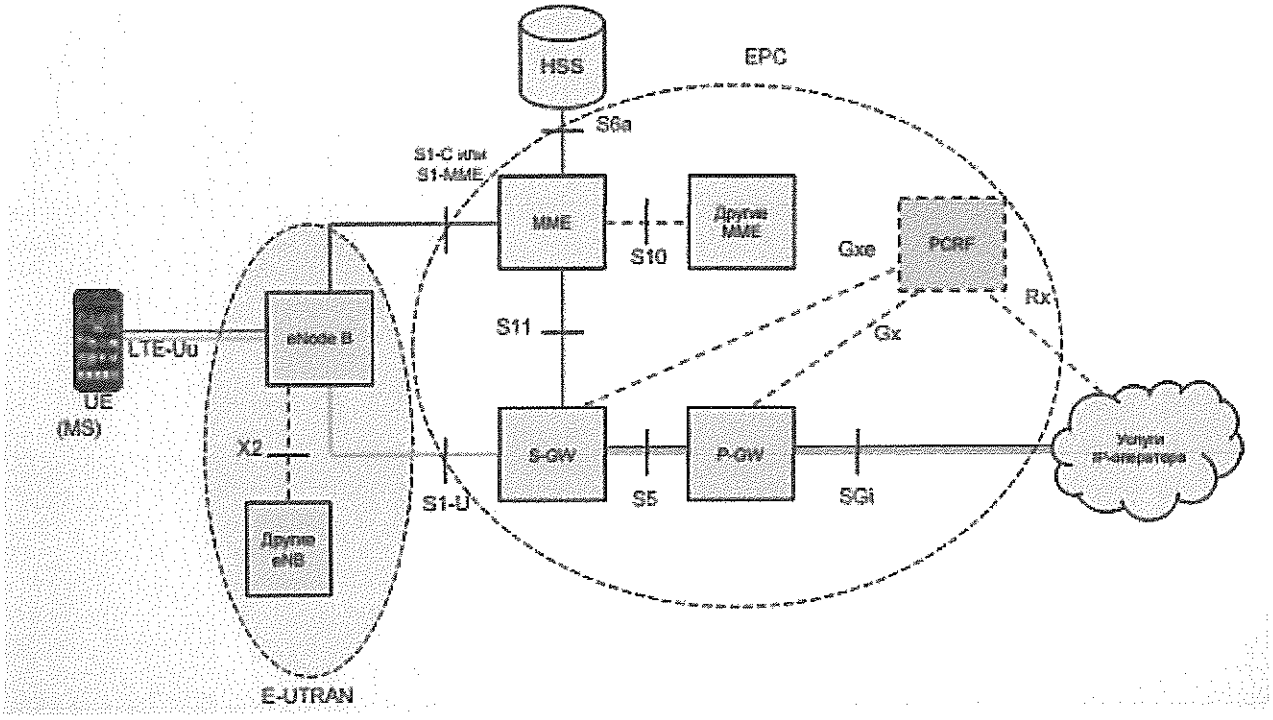


Рисунок 1.6 – Архітектура мережі LTE

Головні відмінності представленої архітектури від попередніх поколінь – це зменшення затримки в передачі даних користувача і керуючої інформації. Пов'язано це з тим, що виробляється проходження через менше число проміжних елементів. Мережа E-UTRAN складається з базових станцій (eNodeB), є радіоінтерфейсом, здійснює зв'язок EPC з користувачами мережі (UE). Головною відмінністю мережі LTE від мережі попередніх поколінь є досягнення 14 того, що у базових станцій з'явилася можливість обмінюватися інформацією, а також виконувати деякі функції управління. Цей зв'язок здійснюється по протоколу X2. Елемент eNodeB об'єднує в собі функції контролера і передавача.

Мережа LTE має в своєму складі 2 типу трафіку: трафік для передачі даних користувача (UP – User Plane) і трафік, який використовується для відправки сигнальної інформації (CP – Control Plane). На представленому рисунку вони позначені суцільною і пунктирною лініями відповідно. Шлюз, створений щоб зв'язуватися з мережами, які застосовують технологію комутації пакетів.

Пакетний шлюз необхідний для з'єднання UE з зовнішніми пакетними мережами даних, його можна вважати точкою входу і виходу трафіку для UE.

На рис.1.6 представлені інтерфейси мережі LTE:

– X2 – інтерфейс між БС. Базові станції в мережі LTE з'єднані за принципом "кожен з кожним";

– S1 – інтерфейс зв'язує підсистему базових станцій E-UTRAN і MME. За даним інтерфейсу передаються дані управління;

– S1-U – інтерфейс між E-UTRAN і SAE, по якому передаються призначені для користувача дані;

– S2 – інтерфейс для організації з'єднання між PDN-Gateway і мережами доступу, які не розроблялись 3GPP;

– S3 – інтерфейс, що надає пряме з'єднання SGSN і MME. Він служить для передачі даних управління для забезпечення мобільності між LTE і 2G/3G мережами;

– S4 – інтерфейс, що зв'язує SAE і SGSN. Він служить для передачі призначених для користувача даних для забезпечення мобільності між LTE і 2G/3G мережами;

– S5 – інтерфейс між SAE і PDN-Gateway. S5 призначений для передачі призначених для користувача даних між SAE і PDN-Gateway;

– S6 – інтерфейс між MME і HSS. Він використовується для передачі даних абонентського профілю, а також здійснення процедур аутентифікації в мережі LTE;

– Gx – інтерфейс між PDN-Gateway і PCRF. Gx призначений для передачі правил тарифікації від PCRF до PDN-Gateway; – SGi – інтерфейс між PDN-Gateway і зовнішніми IP-мережами.

Радіоінтерфейс мережі LTE. Характерна особливість радіозв'язку полягає в тому, що якість радіоканалу не завжди в часі, просторі і залежить від

частоти. Якість радіоканалу залежить від характеристик відбитих радіохвиль. З метою підтримки постійної швидкості обміну даними по радіоканалу традиційно використовується ряд способів зведення до мінімуму таких змін (різні методи рознесеною передачі). У той же час при передачі пакетних даних кінцеві користувачі не завжди помічають короткочасні коливання бітової швидкості. У зв'язку з цим, одним з основоположних принципів радіодоступу в системі LTE є не зменшення, а використання швидких змін якості радіоканалу, з тим, щоб забезпечити більш ефективне застосування доступних радіоресурсів.

У мережах стандарту LTE швидкість передачі даних в напрямку від eUE до eNodeB може досягати 50 Мбіт/сек, а затримки не перевищують 10мс.

На відміну від радіоінтерфейсу DL, де інформація одного користувача може передаватися на різних піднесучих, в UL дані кожного користувача передаються в одній смузі частот, причому в один і той же час. Однак це не означає, що інформаційні потоки накладаються один на одного і необоротно спотворюються. Це забезпечується завдяки використанню множинного доступу з частотним поділом з єдиною частотою SC-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access).

Однією з головних відмінних рис стандарту LTE, яка дозволяє досягати високих швидкостей передачі даних є зміна принципів побудови інтерфейсу від eNodeB до eUE на лінії "вниз".

Розглянемо головні особливості цього інтерфейсу і постараємося виділити основні якісні відмінності, які відрізняють цей стандарт від інших.

OFDMA-модулятор. Технологія ортогонального частотного мультиплексування OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) заснована на формуванні 17 багаточастотного сигналу, який складається з безлічі тих піднесучих частот, що відрізняються на величину, вибрану з умови ортогональності сигналів на сусідніх піднесучих коливаннях. При формуванні

OFDM сигналу потік послідовних інформаційних символів тривалістю Ti/N розбивається на блоки, що містять N символів. Далі блок послідовних інформаційних символів перетворюється в паралельний, в якому кожен із символів відповідає певній піднесучій багаточастотного сигналу. При цьому тривалість символів збільшується в N раз. Таким чином, сумарна ширина спектра багаточастотного сигналу відповідає ширині спектра вихідного послідовного сигналу[14]. Метою такого перетворення є захист від вузькосмугових перешкод (або від часткових спотворень спектру в результаті перевідбиттів і багатопроменевого поширення).

MIMO. Крім використання OFDMA в LTE – є ще одне важливе нововведення: використання. MIMO (Multiple Input Multiple Output) – множинний вхід множинний вихід.

Технологія MIMO в мережах LTE виконує одну з важливих функцій в забезпеченні високих швидкостей передачі даних. MIMO – технологія, що представляє собою проводовий високошвидкісний доступ. Технологія передбачає використання декількох антен на передавальній і приймальній стороні для одночасної передачі більшої кількості даних.

Технологія MIMO використовує ефект трансмісії радіохвиль, званий багатопроменевим поширенням, при цьому сигнали, що передаються відбиваються від безлічі об'єктів і перешкод, а приймаюча антена приймає сигнали під різними кутами і в різний час. Застосовуючи технологію MIMO, стає можливим збільшити стійкість каналів зв'язку, зменшити відносне число прийнятих з помилкою бітів. В системах LTE передбачені різні режими роботи з декількома передавальними і приймають антенами. Робота таких систем може бути організована за двома принципами: за принципом просторового ущільнення і за принципом просторово-часового кодування.

Удосконалення мережі LTE стосуються впровадження цифрових сигнальних процесорів. Паралельно переслідувалася мета спрощення логічної конструкції шляхом введення IP-адресації (EPC). Ядро старого типу GPRS 19 усувається, з'являються сучасні можливості хендовера (голосовий зв'язок, Інтернет), веж доживають дні стандартів GSM, CDMA2000, UMTS. Зроблене істотно зменшило латентність передачі. Безпроводовий інтерфейс повністю відкидає зворотну сумісність. Навіть спектр змінився: створені масштабовані ширини спектра сигналу діапазону 1,4..20 МГц.

Забезпечуються швидкості:

1. Завантаження - 300 Мбіт/с.

2. Вивантаження - 75 Мбіт/с.

Пакет QoS знижує латентність доступу до 5 мс. Технологія надає послуги цільової розсилки, широкомовного сервісу[17]. Паралельно використовують частотний, тимчасовий методи дуплексування каналу. Збільшена ємність дозволяє знизити ціну надання послуг (вчетверо перекриває HSPA). TeliaSonera використовувала смугу 10 МГц (максимально обговорений стандартом – 20 МГц), застосовуючи метод передачі даних "єдиного входу - єдиного виходу".

Фізичний шар забезпечив швидкості:

1. Завантаження – 50 Мбіт/с.

2. Вивантаження – 25 Мбіт/с.

На рисунку 1.7 представлена структурна схема конвергенції LTE мереж на базі IMS.

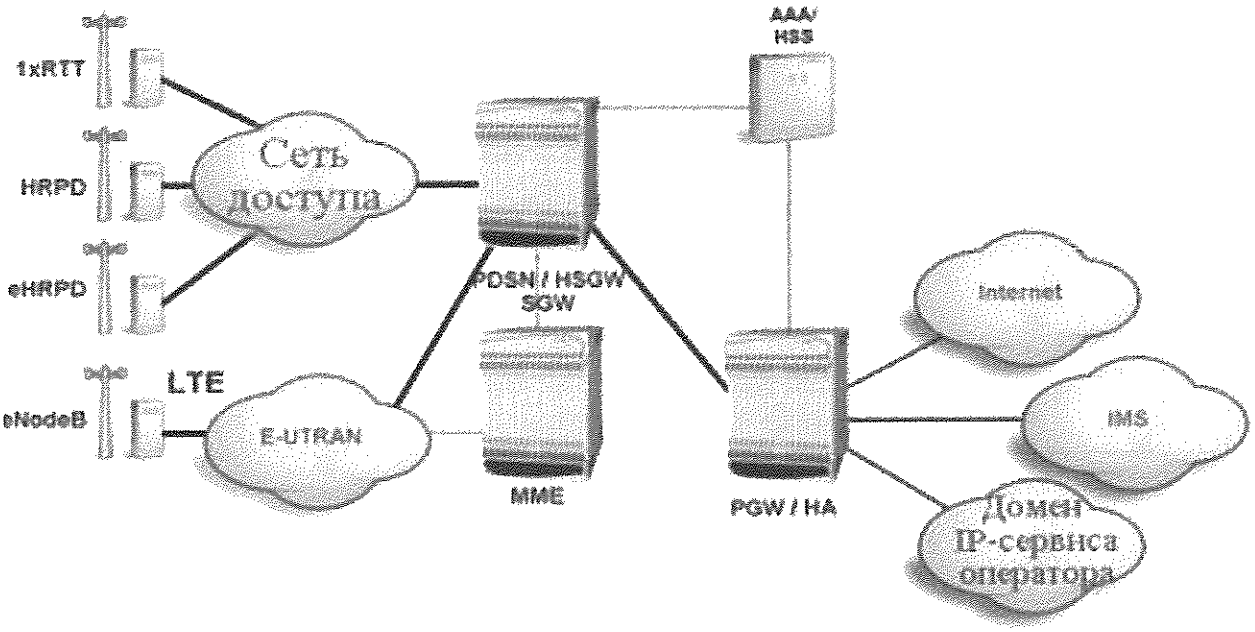


Рисунок 1.7 – Структурна схема конвергенції LTE мереж на базі IMS

2 СТРУКТУРА «РОЗУМНОГО МІСТА»

2.1 Важливість Кібербезпеки в концепції «Розумного міста»

Розумні міста вразливі до загроз з боку кіберзлочинців, починаючи від «традиційних» шкідливих програм, DDos-атак – набору операцій, які можна повністю або частково відключити. - ресурси, ігрові сервери, веб-сайти або державні ресурси) і закінчуються прихованими вторгненнями з метою крадіжки даних або втручання в інформаційні системи.

Сьогодні на Заході існує багато стандартів і правил, які розкривають основу галузевих систем безпеки. Усі стандарти хоча і схожі між собою але і мають свою національну локалізацію. Цікаво, що виробники електроніки, які зараз розробляють новітні рішення для розумних міст, не передбачають встановлення складних систем безпеки, що протистоять зовнішнім перешкодам. Це стосується не лише комунальних послуг, а й прийняття медичних рішень. Домашні розумні лічильники з бездротовим підключенням стали вірусними шість років тому.

Уразливість комунальних послуг вже на етапі впровадження. Тому на етапі розгляду стратегій розвитку міст необхідно враховувати вимоги до безпеки мережі. Зрештою, йдеться не лише про підключення пристроїв до Інтернету, як у звичайних IT-проектах чи керування мережею. Відсутність захисту під час розгляду будь-якого проекту може мати серйозні наслідки, оскільки міста утворюють зв'язки на місцевому та національному рівнях. Кібербезпека сприяє розвитку розумних міст. Він має зосередитися на постійному та всебічному моніторингу фізичної та віртуальної безпеки, ранньому виявленні аномалій даних, , зменшенні ризиків, управлінні та дотриманні. Для розумного міста

інформація – це все. Це важливо для нарахування податків, віртуальних платіжних систем, систем якості життя.

Якісні умови роботи підключених платформ і служб не допускають фізичної втрати даних, оскільки це призведе до збою або знищення якщо вся взаємопов'язана інтелектуальна інфраструктура (наприклад, обробка грошових переказів і банківська діяльність) буде порушена, це призведе до пошкодження даних та віртуального виснаження. Кіберзлочинці мають можливість використовувати елементи IT-систем розумного міста у своїх атаках. Ймовірно, одна з найбільших останніх атак DDos задіяла близько 500 000 веб-камер, підключених до Інтернету. Такі атаки можуть використовувати інше мережеве обладнання міської інформаційної системи, таке як датчики тиску. Найпоширеніші протидії враховують контроль цифрового доступу до мереж і даних, впровадження операційних та організаційних процедур та інструкцій, аварійне відновлення та підтримка резервного копіювання, а також моніторинг збоїв обладнання та програмного забезпечення. Тоді як навчання працівників, фізичний контроль доступу вважаються найефективнішими.

Рекомендації для підвищення кібербезпеки:

1) IT-оператори мають співпрацювати на таких платформах, щоб розуміти загрози та ризики, ділитися передовою практикою та зближувати свої підходи до кібербезпеки.

2) Необхідно уточнити обов'язки всіх учасників операцій Smart City (муніципалітети, IT-оператори, інтегратори, виробники, кінцеві користувачі) щодо збору, обробки та обміну даних.

Це призведе до кращого розуміння обов'язків та прав кожного щодо підвищення безпеки та захисту даних в «розумному місті». Існує кілька способів вирішення проблеми навмисних атак: використання приватних віртуальних

мереж: вони розширюють приватні мережі на загальнодоступні мережі та дозволяють використовувати політику конфіденційності, безпеки та керування.

VPN забезпечують комплексну безпеку, яку можна адаптувати до конкретних вимог захисту даних та шифрування даних: Шифрування – це перетворення електронних даних у зашифрований текст, який не може бути нікому зрозумілим, крім уповноваженої сторони. Конфіденційні дані повинні бути захищені шифруванням у стані спокою та передачі (Рис. 2.1).

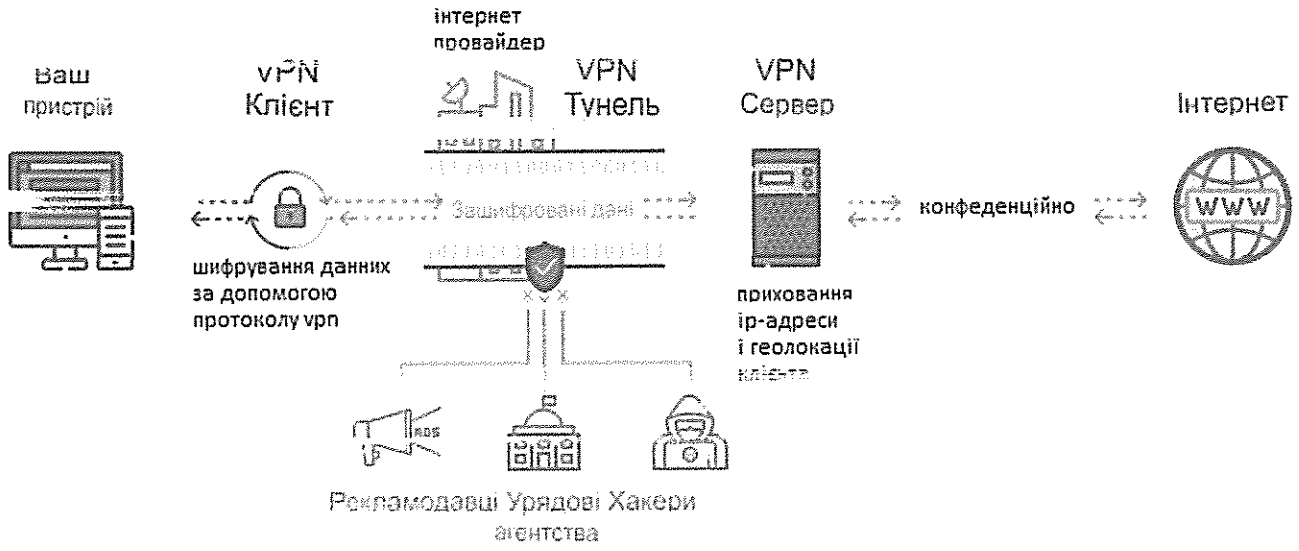


Рис 2.1 Технологія VPN

Контроль доступу: Відноситься до способу контролю доступу надати/заборонити доступ до елементів на основі успішної автентифікації. Контроль доступу зазвичай являє собою комбінацію фізичних заходів (ключі, замки) і логічних заходів (наприклад, аутентифікація, списки доступу), створення журналів діяльності: журналів діяльності, журналів аудиту та записів у журналі. Ці журнали надають докази та потенційний аналіз у разі аварії. Вони добре вказують на те, що сталося, і на ефективність загрози. Враховуючи конструктивні та архітектурні особливості, необхідно забезпечити інформаційну безпеку в розумних містах. На сьогоднішній день не існує

універсальної моделі забезпечення розумних міст на національному рівні. Було докладено серйозних зусиль, щоб ініціювати цей процес шляхом фінансування місцевих та регіональних проектів розумного міста, а також через спільні робочі групи та аналітичні центри в рамках проектів обміну даними.

Оскільки ми продовжуємо рухатися вперед, зв'язок між фізичним і цифровим стає все більш імовірним, а перспектива та розвиток розумних міст стає все більш вірогідним баченням. Хоча термін може мати різні визначення, термін «розумне місто» зазвичай відноситься до інтеграції транспорту, енергії, водні ресурси, збір відходів, технології «розумного» будівництва, технології та послуги центру безпеки. За останні кілька років міста перейшли від аналогових до цифрових і стали «розумнішими». Розумні міста використовують цифрові інформаційно-комунікаційні технології для високої якості та ефективності міських послуг, зниження витрат і споживання ресурсів, ефективнішого та позитивного спілкування з громадянами. Розумні міста – це справжні лабораторії прикладних інновацій. Розумні міста та навколишні їх екосистеми можуть впливати на промислові вертикалі, включаючи транспорт, енергетику, виробництво електроенергії та сільське господарство.

Розумні міста включають сумісність і складність різних технологій, вертикалей та регуляторної політики. Створення та розбудова «безпечних та розумних міст» вимагає міцних державно-приватних партнерств, які об'єднують людей, політику, процеси та технології як уряда і промисловість у загальному процесі стратегії. Розумні міста поєднують транспорт, охорону здоров'я, енергетику, воду, збір відходів, технології розумного будівництва, а також технології та послуги безпеки. і хмарні програми IoT для отримання, аналізу та керування даними в реальному часі, щоб допомогти муніципалітетам, підприємствам,

Мета «розумного міста» — координувати та легко надавати пов'язаним громадянам послуги, які їм потрібні в повсякденному житті. Але сама безпечна міська мережа може стати мішенню для хакерів та інших загроз. Має сенс поширити державно-приватне партнерство на фізичні та кіберзагрози для критичної інфраструктури. Його можна планувати та будувати за рахунок інвестицій, грантів та податкових пільг. Забезпечення безпеки «розумного міста» є складним завданням, оскільки екосистема безпеки міста може включати різноманітні сценарії та загрози, зокрема тероризм, злочинність та погодні явища. Тому, з точки зору безпеки, дизайн розумного міста має включати процеси та технології для захисту громадян. Три ключові елементи безпечного міста підтримка безпечного розумного міста вимагає створення державної/приватної інфраструктури для роботи та забезпечення технологій, що захищають громадян.

Це включає три основні види діяльності:

1. Закупівля багатьох нових технологій, що сприяють фізичній та кібербезпеці. Прикладами таких технологій є датчики, сканери, бар'єри, розвідка, акустичний та відеоспостереження, біометричні дані та аналіз даних.

2. Інтегрована оперативна управлінська діяльність для запобігання, пом'якшення, реагування та відновлення після інцидентів. Сумісність між службами швидкого реагування має вирішальне значення і вимагає постійного навчання та протоколів безпеки для підтримки сильної позиції управління ризиками.

3. Спільна ситуаційна обізнаність, розвідка та комунікації. Фізичні та кіберзагрози виникають у багатьох сферах, включаючи фінансовану державою критичну інфраструктуру, злочинців, стихійні лиха та недбалість.

Структура NIST Smart Cities and Communities Framework (SCCF) — це чудова структура, яка застосовує передовий досвід до цих елементів, надаючи

містам і громадам технічні рекомендації щодо планування, розробки та впровадження розумних рішень.

Укладання державно-приватних угод про безпечні міста є важливим пріоритетом для планування та підзвітності. Ці три ключові елементи не є незалежними один від одного і повинні бути об'єднані в структуру, щоб забезпечити спеціалізовані варіанти для багатьох загроз безпеці. Щоб зрозуміти та реагувати на загрози, що розвиваються, працівникам першої допомоги, правоохоронним органам, а також керівникам уряду та громади потрібно працювати разом, вчитися та спілкуватися один з одним. Обмін інформацією та взаємодія є першим кроком у ситуаційній обізнаності. Якщо кібер-фізичні системи в розумних містах не захищені належним чином, вони можуть бути вразливими до кібератак. Вони зазначають, що величезна кількість конфіденційних даних, які збирають і зберігають розумні міста, підключені до Інтернету речей, і можливість їх скомпрометації «робить ці системи привабливою мішенню для багатьох загроз». Розумні міста є привабливою пропозицією. для цілей кібератак, тож зараз настав час їх захистити. Оскільки ми зараз занурені в цифрову епоху, деякі ініціативи можна автоматизувати за допомогою алгоритмів, штучного інтелекту та великих даних. Інноваційні технології, що впливають на трансформацію розумного міста.

Деякі цікаві тенденції в цифрову епоху включають 4G/5G, автоматизацію, робототехніку, нанотехнології, штучний інтелект (людина-машинний інтерфейс), фотовольтаїку та друковану електроніку переносні пристрої (гнучка електроніка) та інформаційні технології, такі як аналітика в реальному часі, суперкомп'ютери, бездротові мережі, безпечні хмарні обчислення, мобільні пристрої, блокчейн і віртуалізація. Хоча головною метою всіх цих технологій є обслуговування громадян, усі ці технології також мають програми безпеки в розумних містах, а цікаві програми для аналізу даних також включені в урядові

програми для підвищення обізнаності та пом'якшення наслідків цієї ситуації. Проте все може бути не так, і нам все одно потрібен елемент людського контролю. Оскільки наші міста стають все більш складними та підключеними до Інтернету речей, міські розумні технології стають все більш звичними. На жаль, загрози всьому, що пов'язано, також зростають і стають все більш складними. Дротових, доступних і розумних міст недостатньо. Фізична безпека та кібербезпека є обов'язковими і є частиною нової парадигми управління розумним містом.

2.2 Пристрої збору даних

Збір даних – це процес моніторингу стану фізичних об'єктів за допомогою датчиків. Пристрої та технології, підключені через Інтернет речей (IoT), можуть відстежувати та вимірювати дані в режимі реального часу. Дані передаються, зберігаються і можуть бути видалені в будь-який час. Дані про обладнання дозволяють виявляти збої в режимі реального часу, планувати та прогнозувати технічне обслуговування на основі часу безперебійної роботи, економії енергії, підвищення продуктивності та подовження терміну служби обладнання. Дані про обладнання можуть бути централізовані на одній платформі, тому співробітники, керівництво та постачальники можуть бути на одній сторінці, а дані можна об'єднувати в інформаційних панелях. Дані про навколишнє середовище можна використовувати для відстеження низки потоків даних у будівлі: температури, якості повітря, пішохідного руху, вологості або трафіку. Ці набори даних в основному використовуються для активного реагування на проблеми комфорту пасажирів та уникнення сценаріїв стихійних лих, таких як розливи та повені. Дані сублічильника підключаються до Інтернету і допомагають автоматизувати процес розрахунку комунальних платежів,

усуваючи помилки та створюючи рахунки відразу після закінчення розрахункового періоду.

Експерти прогнозують, що до 2025 року буде підключено 41,7 мільярда пристроїв IoT. Промислове, автомобільне та комерційне будівельне обладнання є найбільшим сегментом, але також широко використовуються розумні домівки та портативні пристрої.

2.2.1Датчики MEMS

MEMS, або мікроелектромеханічні системи, — це технологія на основі чіпів, в якій датчик складається із зваженої маси між парою ємнісних пластин. Ця зважена маса створює різницю потенціалів при нахилі датчика. Отримана різниця потім вимірюється як зміна ємності. Датчики Mems пропонують зручні функції, які можна використовувати з будь-яким іншим сімейством датчиків без будь-яких обмежень у просторі. Крім того, MEMS використовують дуже компактні крихітні компоненти машини (Рис. 2.2 Датчик MEMS).

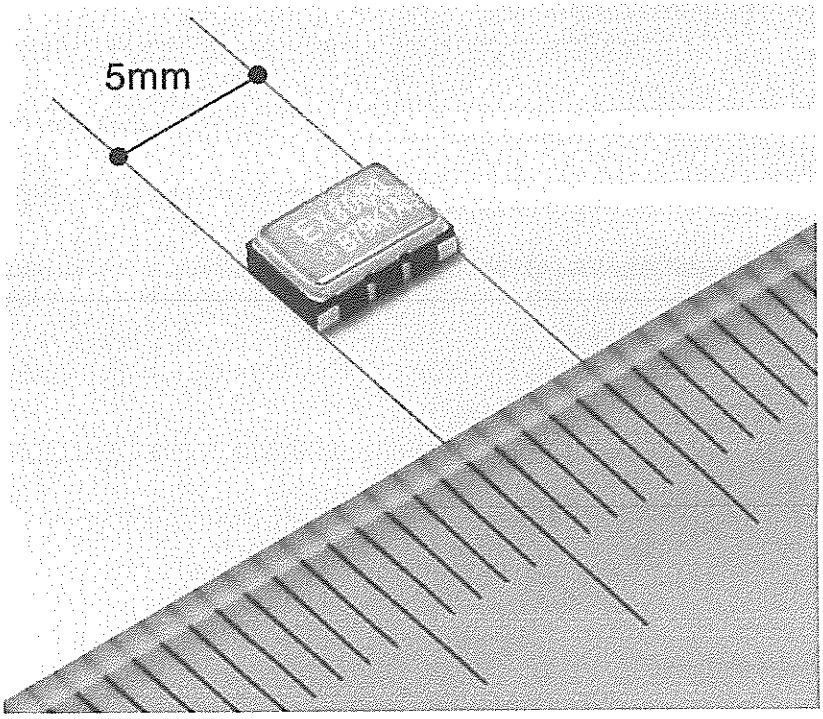


Рис. 2.2 Датчик MEMS

Крім того, датчик MEMS має герметичність IP67. Це пояснюється тим, що датчик повинен витримувати певні високі температури в діапазоні від 40° до +85°C. Більшість галузей промисловості, які використовують датчики MEMS, працюють при екстремальних температурах.

Крім того, це ущільнення дозволяє тимчасово занурювати датчики на мілководді, дозволяючи їм контролювати застосування як на морі, так і під водою. Інші електролітичні датчики можуть мати більш високу точність, але, як правило, більш чутливі до температури. Ці крихітні механічні структури, які взаємодіють з електронними блоками управління, такі датчики мають розмір від 1 до 100 мікрон. На відміну від інших датчиків, згаданих у цьому розділі, механічні конструкції MEMS можуть розтягуватися, обертатися , та змінювати форму, що призводить до змін електричних сигналів. Цей сигнал, отриманий від одного конкретного датчика, записується та вимірюється.

MEMS-акселерометри та гіроскопи широко використовуються в різних мобільних гаджетах для відстеження руху. Ці пристрої використовують п'єзоелектричні елементи, MEMS, які генерують ЕРС у відповідь на рух. Гіроскоп виявляє обертальний рух, а акселерометр реагує на зміни лінійного руху. Зазвичай масивний об'єкт фіксується в певній точці, і при його прискоренні пружиною в МЕМС створюється механічне напруження, яке змінює його ємність. Розмір прискорення визначається при замірі ємності в ланцюзі MEMS.I гіроскопам, і акселерометрам потрібні джерела живлення та операційні підсилювачі для генерування сигналів для обробки цифровими процесорами.

Пристрої MEMS також можна використовувати для вловлювання звуку та вібрації. Під час розгортання систем Інтернету речей система захоплення звуку та вібрації широко використовується в промислових застосуваннях для профілактичного та прогнозних послуг.

Наприклад, у хімічній промисловості пристрій, який обертає завантажені реагенти для змішування або центрифугування, які можна орієнтувати лише горизонтально. Для контролю ремонтопридатності та безпеки такого обладнання часто використовуються акустичні або вібраційні MEMS-блоки. Цей тип датчика вимагає аналого-цифрового перетворювача з досить високою частотою дискретизації. Також потрібен вихідний підсилювач. Опір мікрофона MEMS становить приблизно кілька сотень Ом. Мікрофони MEMS можуть бути аналоговими або цифровими. Аналоговий мікрофон під'єднує'ться до аналого-цифрового перетворювача та джерела постійного струму. Цифрові мікрофони мають вбудований АЦП біля звукового детектора. Тензодатчики тиску використовуються в широкому діапазоні IoT: від управління інфраструктурою розумного міста до промислового виробництва. Часто використовуються для вимірювання тиску газів і рідин. Основою датчика є п'єзоелектричний елемент, доступ до якого здійснюється через мембранну (дірку) тканину в підкладці над або під елементом. Ще однією перевагою цих MEMS-сенсорів є їх стійкість до ударів і вібрації. Датчики MEMS можуть бути не найвитривалішими в умовах амортизації, але нахил MEMS становить 10 грам при вібраційній стійкості 10-1000 Гц, а акселерометри ударостійкі при 100 G. Тому ці датчики не слід використовувати у військових цілях. Однак MEMS-датчики виглядають чудово, але вони також мають деякі обмеження. Як правило, датчики MEMS зазвичай мають високий температурний дрейф. Це може бути проблемою для тих, хто не має температурної компенсації або опалення. Крім того, датчики MEMS часто менш точні, ніж інші традиційні та дорожчі датчики. Тому перед покупкою завжди потрібно визначити, що саме потрібно виміряти. Датчики MEMS ідеально підходять для застосувань, які не потребують найвищої точності, таких як промислова автоматизація, вирівнювання сцени, контроль положення та вимірювання кроків і кренів. Ось чому електролітичні датчики MEMS ідеально

підходять для багатьох різних областей і є недорогими. Однією з перешкод, з якими стикаються розробники MEMS, є відсутність стандартного програмного забезпечення для проектування. Сучасні інтегральні схеми рідко розробляються вручну. Для розробки та оптимізації концепції дизайнера використовується комплексне програмне забезпечення САПР і моделювання.

Програмне забезпечення для проектування MEMS все ще знаходиться в зародковому стані, оскільки більшість виробників MEMS розробляють деякі або всі свої САПР і програмне забезпечення для моделювання для задоволення своїх конкретних потреб, проблеми проектування процесу проектування, ймовірно, є найбільшою проблемою. Існує потреба в розробці методики побудови МЕМС з тривимірними структурами.

Хімічне та траншейне травлення можна використовувати для «різання» твердих полікремнієвих структур, але для видалення полікремнієвого матеріалу з візерунком необхідно використовувати додаткові етапи процесу, дозволяючи йому вільно рухатися.

Як і всі електронні пристрої, датчики MEMS не демонструють ідеальної поведінки. У той час як більшість дизайнерів навчилися боротися з недосконалою поведінкою операційних підсилювачів і транзисторів, мало хто вивчив методи проектування для компенсації недосконалої поведінки MEMS. У більшості випадків такої інформації немає в підручниках чи курсах, оскільки технологія досить нова. Тому конструктори, як правило, повинні отримати цю інформацію від виробника MEMS.

Попит на MEMS-пристрої спочатку був зумовлений урядом і військовими/оборонними секторами. Зовсім недавно дозрівання процесів виробництва напівпровідників, пов'язаних з мікрочіпами, що використовуються в персональних комп'ютерах, і перетин величезного попиту з боку побутової електроніки та автомобільної промисловості привели до поширення датчиків

MEMS. Домінуючими датчиками MEMS сьогодні є гіроскопи, акселерометри та датчики тиску. Технології MEMS часто розглядаються як комплексні рішення, хоча насправді вони все ще є одним продуктом, одним процесом. Багато компаній розробляють і виробляють власні MEMS-пристрої, які визначаються як "IDM" (Інтегровані виробники пристроїв), у той час як деякі аутсорсинг виробництва (fabless), а інші використовують обидві моделі.Велика частина плутанини на ринку може бути пов'язана з цим різноманіттям, а те, як різні вертикалі взаємодіють з часом, робить ринок MEMS надзвичайно складним для визначення. На етапі виробництва на ринку сенсорів дуже мало компаній, що пропонують MEMS та інші технології через високу вартість виходу на ринок і вартість упаковки MEMS-пристроїв. Так само, як компанії працювали над пристроями MEMS, компаніям важко змінити свою спрямованість через низьку прибутковість, високі витрати на розробку та високу складність. Тим не менш, MEMS дозволяють робити великі обсяги виробництва завдяки використаному методу масового виробництва, що призводить до дуже низької вартості окремого пристрою. Також дуже рідко будь-який виробник MEMS постачає продукцію безпосередньо кінцевим споживачам. З огляду на те, що датчики MEMS повинні взаємодіяти з навколишнім середовищем, упаковка MEMS-пристроїв у компоненти вищого порядку, які кінцевий користувач може використовувати безпосередньо, додає додаткову складність і вимагає досвіду та спеціалізованих виробничих можливостей. Ця ринкова динаміка схожа на напівпровідникову промисловість, де мікрочіпи масово виробляються, упаковуються та поставляються виробникам, які створюють комерційні продукти, такі як персональні комп'ютери.

2.2.2 Класифікація температурних датчиків

Датчики температури є найпоширенішим типом датчиків, і вони є скрізь: від розумних термостатів у холодильних камерах до холодильників у промисловому обладнанні. Термопари є найпоширенішим типом датчиків температури. Вони використовуються в промисловій, автомобільній та споживчої промисловості. Термопари мають автономне живлення, не вимагають збудження, можуть працювати у великому діапазоні температур, мають швидкий час відгуку Термопари виготовляються шляхом з'єднання двох різнорідних металевих проводів. Це призводить до ефекту Зеебека. Ефект Зеебека – це явище, при якому різниця температур двох різних провідників створює різницю напруг між двома речовинами (Рис. 2.3 Ефект Зеебека). Саме цю різницю напруг можна виміряти та використати для обчислення температури. Існує кілька типів термопар з різних матеріалів, які дозволяють використовувати різні діапазони температур і різну чутливість. Різні типи листів відрізняються.

Рис. 2.3 Ефект Зеебека

Тип К є найбільш поширеним. Холодний спай - це місце, де дроти термопари зустрічаються з мідними слідами сигнального ланцюга. Це створює ще один ефект Зеебека, який необхідно компенсувати так званою компенсацією холодного спаю. Цифрові вихідні термопари полегшують генерацію сигналу, включаючи аналого-цифрові перетворювачі високої роздільної здатності (АЦП), малошумні підсилювальні каскади та датчики з компенсацією холодного спаю. Ці пристрої допомагають розробникам схем термопар, надаючи точне рішення для генерації сигналу в невеликому корпусі. Вони підходять для багатьох популярних типів термопар. Опір будь-якого металу змінюється при зміні температури.

Датчики температури RTD засновані на цій різниці опорів. RTD - це резистори з чітко визначеними характеристиками опору та температури. Платина є найпоширенішим і точним матеріалом, який використовується для виготовлення RTD. Платинові RTD також відомі як PRTD. Зазвичай вони мають опір 100 і 1000 Ом при 0°C. Вони називаються PT100 і PT1000. Платинові RTD використовуються, оскільки вони забезпечують майже лінійну реакцію на зміни температури, вони стабільні та точні, вони забезпечують повторювані реакції та мають широкий діапазон температур. RTD часто використовуються в точних процедурах через їх точність і повторюваність.

Елементи RTD, як правило, мають більшу теплову масу, і тому реагують на зміни температури повільніше, ніж термопари. Формування сигналу важливе в RTD. Вони також потребують струму збудження, щоб протікати через RTD. Якщо цей струм відомий, можна розрахувати опір. Конфігурації включають двопровідні, трипровідні та чотирипровідні. Двопровідна версія корисна, коли довжина дроту досить коротка, щоб опір не впливав істотно на точність вимірювання. Трипровідна система додає датчик RTD, який несе струм збудження. Це забезпечує спосіб усунути опір дроту. Чотири дроти є найбільш

точними, оскільки окремі дроти живлення та датчика усувають вплив опору проводів.

Термістор подібний до термістора тим, що зміна температури викликає вимірну зміну опору. Термістори зазвичай виготовляються з полімерних або керамічних матеріалів. У більшості випадків термістори дешевше терморезисторів, але вони також менш точні. Більшість термісторів випускаються в двох конфігураціях.

Термістори NTC (Negative Temperature Ratio) є найбільш часто використовуваними терморезисторами для заміру показників температури. Опір термістора NTC зменшується з підвищенням температури. Термістори мають нелінійне відношення температури до опору. Це потребує серйозних коригувань, щоб правильно інтерпретувати дані. Поширений спосіб використання термістора полягає в тому, що термістор і резистор фіксованого значення утворюють подільник напруги, вихід якого оцифровується АЦП. Існують два різних типи інтегральних схем датчиків температури на основі напівпровідників: локальні датчики температури та дистанційні цифрові датчики температури.

Місцевий датчик температури — це мікросхема, яка використовує фізичні властивості транзистора для вимірювання температури власного кристала.

Дистанційний цифровий датчик температури вимірює температуру зовнішнього транзистора.

Місцеві датчики температури можуть використовувати аналоговий або цифровий виходи. Аналоговими виходами можуть бути напруга та струм, а цифрові виходи можуть бути у форматі Serial Peripheral Interface (SPI). Місцеві датчики температури визначають температуру на друкованих платах або навколишнє повітря навколо них.

2.2.3 LiDAR і активні датчики

LIDAR – це дистанційний метод вимірювання відстані до об'єктів. Як і радарні системи, які використовують радіохвилі для вимірювання об'єктів, LIDAR використовують лазери для обчислення відстані до об'єктів, а світлові імпульси від цих лазерів генерують тривимірну інформацію про ці об'єкти. LIDAR системи, як правило, складаються зі сканерів, лазерів і приймачів, але такі датчики, як акселерометри або спідометри, інерціальні системи наведення та гіроскопи, поширені в системах лідерів і GPS.

Типовий LIDAR датчик випромінює імпульсні світлові хвилі від лазера в навколишнє середовище. Ці імпульси відбиваються від об'єктів навколо і повертаються до датчика. Датчик застосовує час, необхідний для повернення кожного імпульсу до датчика, щоб обчислити пройдену відстань. Повторення цього процесу мільйони разів на секунду створює 3D-карту середовища в режимі реального часу (на рис. 2.4). Бортовий комп'ютер може використовувати для навігації тривимірну карту навколишнього середовища, мережеві пристрої навколо нас. Деякі з них пропонують автономію речей або IoT.

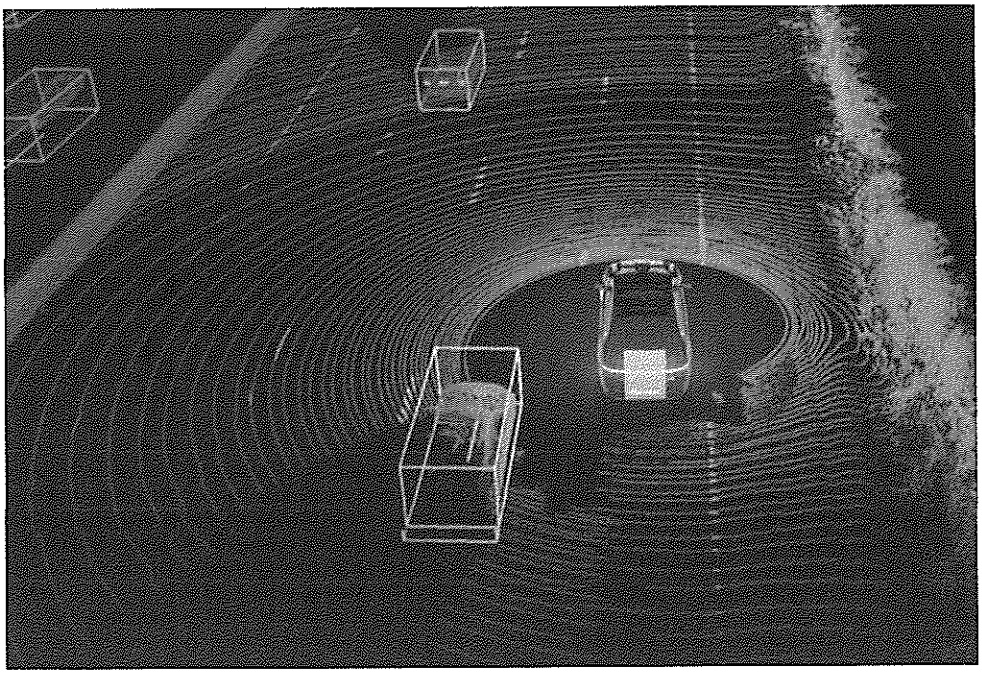


Рис. 2.4 Імпульсні світлові хвилі LIDAR

Ці пристрої дедалі більше прокладають шлях до розумніших, безпечніших міст – люди, транспортні засоби та інфраструктура взаємодіють у надзвичайно динамічних ситуаціях для досягнення кількох цілей – безперебійний рух, управління інфраструктурою, безпека пішоходів, безпека, управління надзвичайними ситуаціями та запобігання злочинам. Типовими інструментами вибору є камера та відеоаналіз. Різні типи дорожніх датчиків також використовуються для визначення транспортного потоку та забезпечення динамічного контролю сигналів світлофора. Все більше і більше LiDAR тестується як корисне доповнення - в основному для підвищення точності інформації, а також для додавання нового методу сприйняття, Він надає 3D-інформацію та чудову обізнаність про ситуацію. Фінансування для впровадження «розумних міст» має надходити від уряду, громад та муніципальних установ або комерційних структур, відповідальних за встановлення та обслуговування цих систем. Громадські організації фінансово консервативні. Повинно бути чітке обґрунтування для додавання нових дорогих можливостей, таких як LiDAR, тим більше, що немає очевидної грошової вигоди, яку можна було б легко оцінити або використати як інвестицію.

Покриття 3D-вимірювання LiDAR можуть охоплювати широке поле зору (FoV). Камера має обмежений діапазон і поле зору, особливо при поганих погодних умовах та слабкому освітленні. Для цього потрібне кілька камер, які потребують значних витрат на програмне забезпечення, обладнання та встановлення. 3D-інформація та ситуаційна обізнаність: дані з камер у фіксованих місцях можна використовувати для отримання 3D-інформації (посилаючись на карти вулиць і відомі орієнтири), Однак це займає багато часу та потенційно неточно через застарілі карти та інфраструктуру, що постійно змінюється. Всередині транспортного засобу LIDAR використовується для картування дороги попереду, обертаючись навколо лазера в усіх напрямках, щоб

вимірювати об'єкти навколо автомобіля. Поза автомобіль можна встановити на штатив або портативну систему вимірювання об'єктів. Його також можна встановити на дрони для фотографування та картографування. У розумних містах лідери підключаються до світлофорів, вуличних ліхтарів і навіть веж, щоб побачити своє оточення з висоти.

Lidar — одна з ключових технологій, яка допомагає розгорнути інфраструктуру розумного міста (Рис. 2.5). Ці датчики забезпечуютьтолерантні сть до слабкого освітлення просторові дані, зберігаючи при цьому конфіденційність. Це дозволяє датчикам збирати інформацію про місто вдень і вночі, чого не можуть деякі камери.



Рис. 2.5 Датчик LIDAR

LIDAR датчики встановлюються на світлофорах і використовуються для моніторингу транспортних засобів для моніторингу зайнятих територій у містах. Використання LIDAR для моніторингу трафіку стане великим кроком вперед для розумних міст. Оскільки ці датчики працюють в умовах низької

освітленості, вони можуть контролювати дорожній рух вдень і вночі. 3D-довідники можна використовувати для підрахунку автомобілів на важких перехрестях з кількома смугами руху.

Крім того, ця технологія може ідентифікувати різні типи транспортних засобів точніше, ніж стандартні камери. Це допомагає муніципалітетам краще зрозуміти, де і чому виникають проблеми.

Quanergy Systems співпрацює з постачальником розумних міст Parifex, щоб використовувати 3D LIDAR для моніторингу швидкості та відповідності у Франції. Проект був розроблений урядом Франції для більшої безпеки дорожнього руху та запобігання перевищення швидкості.

Він також тестує технології в проектах розумного міста, які поєднують штучний інтелект з лідерами в області аналізу даних і прогнозування в реальному часі, щоб покращити рух і безпеку на міських вулицях. Генерація таких даних із датчиків допоможе в автоматичному відображенні майбутніх транспортних засобів, а також даних про звички пішоходів, велосипедистів та інших транспортних засобів у будь-яких умовах навколишнього середовища. Рішення створює 3D карти доріг і перехресть в режимі реального часу і збирає дані про освітлення та погодні умови протягом року. На відміну від радіолокаційних систем або систем камер, які зазвичай вимагають кількох пристроїв, один напрямний може бути встановлений на дорожньому стовпі і охоплювати всі перехрестя.

Lidar може допомогти муніципалітетам визначити зони з інтенсивним рухом, підраховуючи кількість людей на перехрестях, міських парках, стадіонах, центрах міста або інших районах. Цю інформацію можна використовувати для майбутнього планування міста, якщо потрібно більше тротуарів або пішохідних мостів. Це також може допомогти з майбутніми та поточними пандеміями, коли потрібне соціальне дистанціювання. Крім того,

лідар може визначити, де знаходиться людина і в якому напрямку вона рухається. Цей тип інформації може бути використаний правоохоронними органами для пошуку підозрілих осіб. Так само, як і підрахунок людей, управління безпекою за допомогою LIDAR забезпечує виявлення, ідентифікацію та відстеження людей, транспортних засобів і навіть дрібних тварин у режимі реального часу.

LIDAR можна точно налаштувати під індивідуальні периметри сигналізації, щоб задовольнити потреби підприємств або державних будівель, які потребують додаткового рівня безпеки. Автомобілі, які керують автомобілем, стануть ключовим у розумних містах для надання даних та інформації про небезпеку на дорогах, розумного паркування та створення карт для міського планування. Оскільки LIDAR стає відомою технологією для самокерованих автомобілів, зв'язок із розумними містами стане природним. Оскільки транспортні засоби стають все більш пов'язаними, у розумних містах система зв'язку між транспортними засобами (V2X) дозволить комунікаційним системам автомобіля передавати та отримувати інформацію за допомогою датчиків та інших джерел даних.

LIDAR безпілотних транспортних засобів постійно записуватимуть дані про транспортний засіб та його оточення та передаватимуть цю інформацію до центральної бази даних, щоб розширити дорожні умови та дорожні системи на інші транспортні засоби. Система також може передавати небезпеки на дорозі або надзвичайні ситуації іншим транспортним засобам, щоб запобігти їх зникненню або пошуку нових маршрутів. Розумна парковка також буде доступна за допомогою лідерів і самокерованих автомобілів. В США є приблизно 1 мільярд паркувальних місць для 253 мільйонів легкових і вантажних автомобілів. На один автомобіль припадає приблизно чотири паркувальних місця.

Однак у місті важко знайти місце для паркування. Розумне паркування з V2X і LiDAR може визначати відкриті місця та передавати інформацію безпілотним автомобілям, дозволяючи автомобілям легко рухатися на відкритому просторі та заощаджувати споживання палива.

2.2.4 Фотоелектричні датчики

Фотосенсор - це пристрій, який виявляє різницю в рівні світла, отриманого від джерела світла. Датчик складається з джерела світла, підсилювача, перетворювача сигналів і виходу Фотоелектричні датчики в основному включають променевий тип, тип відбиття та тип розсіювання. Кожен датчик має свої переваги і може використовуватися по-різному. У наскрізному зондуванні, також відомому як реверсний режим, для створення або розриву променя використовуються два окремі пристрої. Один датчик містить передавач світла, а інший – приймач. Датчики наскрізного проміння виявляють об'єкти, коли вони блокують світловий промінь між двома датчиками.

Перевага використання променевого датчика полягає в тому, що це найточніший тип датчика і має найдовшу зону сприйняття з трьох. Датчики випромінювання також є найкращим вибором при використанні в брудних середовищах. Важливо пам'ятати, що для належної роботи пристрою необхідно встановити принаймні дві окремі частини. У батиметрії відбиття і джерело світла і приймальний пристрій розміщується в одному корпусі. Датчик працює в парі з відбивачем. Світло від датчика спрямовується на відбивач, який потім повертається на світлоприймальний елемент. Датчик виявляє наявність об'єкта, коли світловий шлях переривається, і крім звуку, що відбиває, є ще й поляризований відбиваючий звук. Виявлення поляризованого відображення має поляризований оптичний блок, який зменшує реакцію на відображення гарячих

точок від блискучих поверхонь об'єкта, що перевіряється. Reflective є більш доступним і трохи менш точним варіантом, ніж прозорі датчики.

Світловідбиваючі датчики є найкращим вибором для роботи з прозорими або прозорими продуктами. Ще одна перевага полягає в тому, що світловідбиваючі датчики потрібно прикріпити лише з одного боку, тоді як датчики випромінювання потрібно прикріпити з обох боків пристрою, В оптичному наближенні, також відомому як дифузне відбиття, джерело світла і приймач встановлені в одному пристрої. Датчики розсіювання виявляють об'єкти, коли промінь світла, що випромінюється в напрямку мети, відбивається назад до датчика. Відмінним варіантом автоматизації є дифузійні датчики (Рис. 2.6), які компактніше традиційних пристроїв, оскільки всі компоненти розприділяються в одному корпусі.

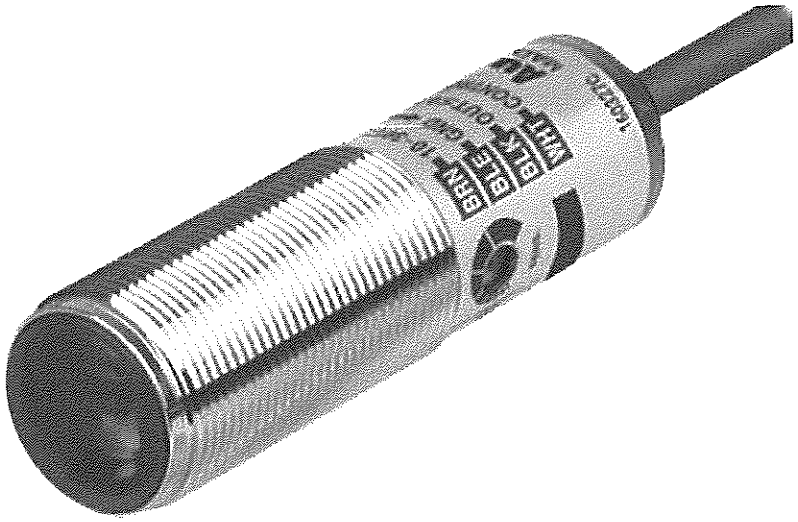


Рис. 2.6 Дифузійний фотоелектро датчик

Децентралізовані датчики найпростіше встановити, оскільки все в одному пристрої і є економічно ефективним рішенням для датчиків. Недоліком дифузних датчиків є те, що вони не настільки точні, як пропускаючі та відбиваючі датчики для позиціонування, і вони менш ефективні щодо напівпрозорих об'єктів. Крім того, на ці датчики найбільше впливає колір, текстура, кут падіння, характеристики цілі та забруднене середовище. Сьогодні

багато користувачів хочуть більше, ніж традиційні датчики. Користувачі очікують, що всі рівні організації потребують централізованого сховища даних із контекстуалізованою глобальною доступністю даних, щоб забезпечити максимальну співпрацю та ефективність. Відбулися зміни в тому, як провідні користувачі розгортають датчики за допомогою інтелектуального підключення через IO-Link або Digitally для покращення та поширення даних у реальному часі на всіх рівнях організації за допомогою робочих процесів та інших передових технологій.

2.2.5 Розумні датчики IoT

Розумні датчики створені як компоненти Інтернету речей, перетворюючи фактичні змінні, які вони вимірюють, у цифрові потоки даних для передачі на шлюзи. Алгоритми програми виконуються за допомогою вбудованого мікропроцесорного блоку (MPU). Вони можуть виконувати фільтрацію, компенсацію та будь-які інші специфічні для процесу завдання сигналу. Інтелект MPU також можна використовувати для багатьох інших функцій, щоб зменшити навантаження на більш централізовані ресурси Інтернету речей; наприклад, дані калібрування можуть бути відправлені на MPU, щоб датчики могли автоматично коригуватися для будь-яких виробничих змін. MPU також може виявляти будь-які виробничі параметри, які починають перевищувати допустимі специфікації, і генерувати відповідні попередження; потім оператори можуть вжити запобіжних заходів до того, як станеться катастрофічний збій. При необхідності датчик може працювати в режимі «крім звіту», який передає дані тільки в тому випадку, якщо показники замірів значно відрізняється від попереднього значення вибірки. Це зменшує навантаження на центральні обчислювальні ресурси та вимоги до живлення для розумних датчиків, що часто

є ключовою перевагою, оскільки датчики повинні покладатися на батареї або накопичувати електроенергію, коли вони не підключені до джерела живлення.

Якщо розумний датчик містить два датчика, можна вбудувати функцію самодіагностики датчика. Будь-який зсув, що розвивається, на одному з виходів сенсорних елементів може бути негайно виявлений. Крім того, якщо датчик перестає працювати , наприклад, через коротке замикання, процес можна продовжити за допомогою другого вимірювального елемента. Крім того, зонд може містити два датчики, які працюють разом для покращення зворотного зв'язку моніторингу. Розумні датчики утворюються, коли сенсорні елементи мікроелектромеханічної системи (MEMS) тісно інтегровані з інтегральною схемою CMOS (IC). Ці мікросхеми забезпечують зміщення пристрою, посилення сигналу та інші функції обробки сигналу. Спочатку технологія вакуумного пакування на рівні плати використовувала лише дискретні сенсорні пристрої, а розумні датчики були реалізовані шляхом підключення дискретних мікросхем MEMS до мікросхем IC через пакет або підкладку плати, як частина підходу, який називається багато чіповою інтеграцією. Покращений метод безпосередньо з'єднує мікросхему CMOS і сенсорний елемент без використання шарів маршрутизації на пакеті або друкованій платі, дизайн, відомий як система на чіпі (SoC). У порівнянні з дискретним підходом багаточипового пакування, SoC, як правило, складніші, але вони зменшують паразити, зменшують сліди, підвищують щільність з'єднань і знижують витрати на упаковку.

Розумні фотосенсори можуть виявляти закономірності в структурі об'єктів і будь-які зміни в них. Це відбувається автоматично в датчику, а не в якомусь зовнішньому обчислювальному елементі. Це збільшує пропускну здатність обробки та зменшує навантаження на центральний процесор або локальний ПЛК.

Підвищена гнучкість виробництва - вирішальна перевага в сучасному конкурентному середовищі. Розумний датчик можна дистанційно програмувати з відповідними параметрами щоразу, коли потрібно змінити продукт. Навіть односерійне виробництво, перевірка, пакування та відвантаження можуть бути встановлені за ціною масового виробництва, щоб кожен споживач отримував індивідуальний одноразовий продукт. Розумні датчики також ідеально підходять для критичних застосувань, наприклад чадних газів, пожежі або зловмисників. Умови в цих умовах можуть бути суворими, а датчики можуть бути складними для обслуговування або заміни батарей, але висока надійність є критичною.

2.3 Опис технології LTE

Технологія стільникового зв'язку LTE, існує вже певний час — насправді, зараз з'являється інформація про ранні етапи розвитку 5G. Однак 4G, ймовірно, залишиться основним продуктом стільникового зв'язку. Технологія LTE призначена для забезпечення так званого «надширокосмугового» доступу до мобільних пристроїв, і Міжнародний союз електрозв'язку (ITU-R) встановив набір стандартів, яким мережа повинна відповідати, щоб вважатися 4G, що називається International Mobile Telecommunications Advanced. (IMT-Advanced).

По-перше, мережі LTE повинні базуватися на комутації пакетів через Інтернет-протокол (IP), а не на комутації каналів, і використовувати передачу MDA з кількома несучими або інше вирівнювання частотної області (FDE), а не сучасні передові радіотехнології. Крім того, мережі 4G повинні мати максимальну швидкість передачі даних близько 100 мегабіт на секунду для користувачів із високомобільними мережами та близько 1 гігабіт на секунду для

користувачів з локальним бездротовим доступом або кочовими з'єднаннями. Справжній 4G також має бути.

Різні мережі без втрати даних і якісне обслуговування носіїв нового покоління. Це забезпечить значний прогрес у сучасному бездротовому зв'язку, включаючи низьку затримку, ефективне використання спектру та низьку вартість впровадження. Новітня інтеграція забезпечує не тільки високу швидкість, а й високоякісний голос і HD-відео. Одним з найважливіших аспектів технології 4G є використання Інтернет-протоколу версії 6 (IPv6) для усунення паралельних вузлів мережі з каналами та пакетами з комутацією каналів. Поточний стандарт IPv4 має кінцеве обмеження на чисельність IP-адрес, які можна призначити пристрою, а це означає, що повторювані адреси повинні створюватися та повторно використовуватися за допомогою трансляції мережевих адрес (NAT) - рішення, яке лише маскує проблему, а не повністю. вирішити. IPv6 надає більше зручних адрес і спростить роботу користувача. Значних успіхів буде досягнуто в сучасному бездротовому зв'язку, включаючи низьку затримку, ефективне використання спектру та низьку вартість впровадження. Новітня інтеграція забезпечує не тільки високу швидкість, а й високоякісний голос і HD-відео. Технологія 4G приносить багато змін у порівнянні з попередніми технологіями. Технологія LTE повинна працювати в діапазоні частот від 2 до 8 ГГц. Незважаючи на однакову пропускну здатність в діапазоні 5-20 МГц, та передача даних майже в 10 разів вище. Це робить його відмінним у таких областях, як візуалізація та обчислювальна потужність для підтримки майбутніх додатків 4G, 16-мегапіксельні смарт-камери та камери високої чіткості (HD). При використанні попередніх методів із використанням обох типів комутації швидкість передачі даних збільшується за рахунок вибору лише комутації пакетів . Мережі з комутацією пакетів переміщують дані окремими порціями або пакетами на основі адреси призначення в кожному

пакеті (Рис. 2.7). Після отримання пакети збираються в бажаному порядку, щоб скласти повідомлення. Мережі з комутацією каналів вимагають виділених з'єднань точка-точка під час дзвінків. Мережі з комутацією каналів підходять для певних типів програм з обмеженими точками доступу. Чудово, якщо ви використовуєте лише голосові програми. Однак, якщо вам потрібно дістатися до кількох місць і передати багато даних, краще розбити їх на пакети.

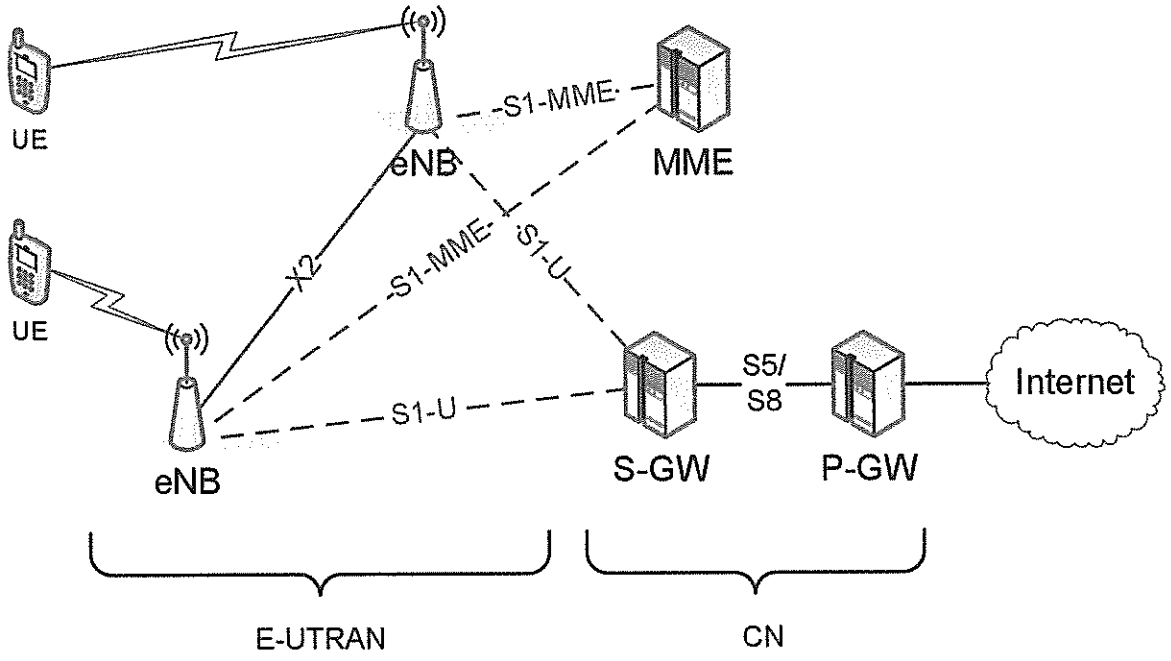


Рис. 2.7 Схема технології LTE

2.3.1 Класи LTE для IoT

3rd Generation Partnership Project (3GPP) розробив нові стандарти IoT для мереж LTE, які використовуються у всьому світі і є чудовими кандидатами для застосування IoT. Ці чотири стандарти IoT:

Як і Cat-M1, LTE-M призначений для пристроїв з низьким енергоспоживанням і низької пропускної здатності IoT. Він був створений в рамках випуску 13 стандартів стільникового зв'язку LTE 3GPP. Це малопотужна широкосмугова технологія (LPWAN), яка працює на ліцензованому спектрі й

замінює неліцензійні варіанти LPWAN, такі як SigFox, LoRa та RPMA. LTE-M/Cat-M1 пропонує швидкість завантаження та завантаження 1 Мбіт/с та затримку від 10 до 15 мілісекунд. Його пропускна здатність є достатньо високою, щоб замінити багато сучасних додатків 2G та 3G IoT, і він підтримує вежі стільникового зв'язку, що робить його ідеальним для мобільних додатків, таких як відстеження активів та керування автопарком.

(Cat-NB1) — це ліцензована технологія LPWAN із спектром, розроблена для пристроїв IoT з низькою пропускною здатністю. Ця недорога технологія забезпечує гарне покриття, споживає менше енергії та має довший термін служби акумулятора, ніж інші існуючі стандарти стільникового зв'язку. NB-IoT має швидкість висхідного зв'язку 66 кбіт/с і швидкість завантаження 26 кбіт/с в напівдуплексному режимі, що означає, що дані передаються в один напрямок за раз. Він має більшу затримку, ніж LTE-M - від 1,6 до 10 секунд. Через свої обмеження він найкраще підходить для не складних пристроїв IoT, які вимагають невеликої кількості періодичної передачі даних і де затримка не є проблемою. Для таких пристроїв як, розумні лічильники газу, води та електроенергії, ініціативи розумного міста, такі як вуличне освітлення та датчики паркування, та інші ініціативи дистанційного зондування, такі як системи керування HVAC, промислові монітори та розумні датчики які використовують в сільському господарстві. Cat-1 призначений для інтернет-пристроїв із низькою та середньою пропускною здатністю. Це частина версії 8 стандарту 3GPP, тому це старіша, але все ще актуальна технологія, яку застосовують в усьому світі.

Cat-1 надає пропускну здатність завантаження до 5 Мбіт/с і пропускну здатність завантаження 10 Мбіт/с із затримкою від 50 до 100 мілісекунд. Він використовує смугу пропускання до 20 МГц у повному дуплексному режимі та

підтримує передачу даних. Тому він ідеально підходить для портативних пристроїв, POS-термінали, банкомати, трекери активів та розумні лічильники.

Хоча Cat-1 недостатньо швидкий, щоб задовольнити потреби майбутніх самокерованих автомобілів, стандарт Cat-4 LTE може задовольнити цю потребу. Завдяки швидкості завантаження 50 Мбіт/с і 150 Мбіт/с він може краще працювати з відеоспостереженням та іншими відеододатками в режимі реального часу, а також з автомобільними точками доступу та інформаційно-розважальними системами в автомобілі.

Категорії IoT LTE мають збігатися функції та показники продуктивності. Найкращий вибір залежить від таких факторів, як необхідна пропускна здатність, вимоги до затримки, термін служби акумулятора, споживання енергії, вартість та діапазон використання оператора. Cat-M1 націлений на програми IoT, які вимагають більшої передачі даних і меншої затримки, ніж забезпечує NB-IoT. Мережа Cat-1 може обробляти програми з низькою та середньою пропускною здатністю зі швидкістю передачі даних від 100 Кбіт/с до 100 Мбіт/с. З іншого боку, Cat-4 може працювати з більшою швидкістю завантаження та завантаження, що робить його кращим вибором для додатків із високим попитом, таких як відео. Технології LPWAN, NB-IoT і LTE-M розроблені для економії заряду акумулятора. Cat-M1 також підтримує повний і напівдуплексний режими, що означає, що компанії можуть зменшити споживання енергії та подовжити термін служби акумулятора, вибравши напівдуплексний режим. Для порівняння, Cat-1 споживає більше енергії та має трохи менший діапазон сигналу, Cat-M1 і NB-IoT, тоді як Cat-4 споживає більше енергії, тому найкраще використовувати його зі спеціально підключеним джерелом живлення (а не з акумулятором) наприклад, самокеровані автомобілі. LTE-M і NB-IoT розроблені як недорогі технології IoT, що робить їх чудовим вибором для багатьох програм великого обсягу. Як правило, модулі Cat-1 трохи

дорожчі, ніж модулі LTE-M і NB-IoT, але лише приблизно вдвічі дешевше модулів Cat-4.

Серед нових категорій LTE Cat-M1 і NB-IoT є найбільш перспективними варіантами для компаній, яким необхідно оновити існуючі розгортання 3G IoT, коли оператори закривають свої мережі 3G. Експерти прогнозують, що до 2026 року LTE-M і NB-IoT (Cat-M1) становитимуть 60% з 3,6 мільярдів з'єднань LPWAN. Але постачальники тільки починають приймати Cat-M1 і Cat-NB1. Постачальники по всьому світу впроваджують ту чи іншу технологію, але оскільки вони є взаємодоповнювальними технологіями, багато операторів віддадуть перевагу підтримувати обидві в найближчі роки.

3 ІНТЕГРАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ LTE В «РОЗУМНЕ МІСТО»

3.1 Потенціал технології 4G в мобільному зв'язку

Розвиток 4G – це не тільки покращення покриття. Він має великий потенціал, пов'язаний із вбудовою Massive MIMO, VoLTE тощо.У лабораторних умовах «Київстар» досяг швидкості 1,1 Гбіт/с. Для звичайних користувачів це означає збільшення швидкості на 5-10 Мбіт/с. Міжнародна компанія Ookla, яка тестує швидкість інтернету у додатку Speedtest, звітує що досвід покращується приблизно на 30%, а споживання енергії зменшується приблизно на 30%.

Остаточна специфікація стандарту ITU-R робить його ще привабливішим: обмін фактами здійснюється по мережі за допомогою пакетів даних, за допомогою IP або Інтернет-протоколу. Революція, викликана Web 2.0, досить приваблива, щоб її ігнорувати. Однак швидкість завантаження є чудовою, особливо якщо мова йде про мобільні платформи. Тут вступає в гру 4G з його дуже хорошим одним гігабітом. Чесно кажучи, високошвидкісний 4G має змінити нашу концепцію інтерактивного пакету. Хмарні обчислення дозволяють гаджетам розміром із клітинку діяти як потужні комп'ютери, якщо в кращому випадку вони можуть підключатися до чогось, що забезпечує швидкість 4G під час додавання та завантаження. Запропонована мобільність робить все це приватним і транспортабельним, але при цьому недорогим.

Інтернет речей (IoT) — це фізичні пристрої, у нашому повсякденному житті, які об'єднані в мережу. Це схоже на сучасні системи RFID та інші види технологій ідентифікації. День не буде більше хаосом, доки наші ручки, електронні книги, сорочки, взуття чи деталі транспортних засобів не будуть з крихітними комп'ютерними мікросхемами, які обмінюються даними між ними. Безсумнівно, що 4G може стати величезним кроком до такого типу IoT.

На ринку з'являться нові можливості, і користувачі мають змогу скористатися перевагами нових продуктів. З 4G все кардинально змінюється. Оновлення мережі означає кращу витривалість. 4G — це чудове середовище, де потужність передачі використовується для передачі масивних записів, що насправді було з попередніми технологіями. Світ наближається до електронного уряду. Найкращий постачальник передачі в епоху 4G, цього хоче світ. Послуги широкосмугового зв'язку дозволяють громадянам успішно реалізовувати свої права на дані, пов'язані з державними документами. Іншою важливою особливістю стандарту 4G може бути статистична прогресивна безпека. Завдяки його наголосу на надійності та захисту, проблема крадіжки записів буде зведена до мінімуму. Найцінніший ресурс для стільникового зв'язку є частотний діапазон. З кожним роком кількість передплатників і обсяг даних, які вони передають, продовжує зростати. Але нових діапазонів частот не з'явилося. Тепер отримати нові діапазони шириною в кілька МГц у нижньому спектрі все одно, що відкривати нові планети в галактиці.

Розробники пристроїв і стандартів роблять все можливе, щоб передавати все більше і більше даних на існуючих діапазонах частот. Щоб досягти цього, ми повинні звернутися до незвичайних, але дуже ефективних методів, таких як Massive MIMO. Його ідея полягає в тому, щоб передавати сигнал через кілька антен на сайті стільникового зв'язку на кілька приймальних антен на смартфоні. Перед відправкою сигнали проходять спеціальні методи кодування та мультиплексування. Якщо ситуація правильна, MIMO 2x2 може подвоїти кількість інформації, що передається з того самого каналу. І чим вище порядок MIMO - тим вище ефект.

Отже, ви можете йти на 4, 8, 16 тощо. Подальше збільшення чисельності антен на приймачі та передавачі більше не має бажаного ефекту розширення швидкості передачі даних. Розробники пішли далі, що привело їх до створення

технології Massive MIMO. Вони вирішили розділити простір перед сектором на кілька зон, горизонтальну і вертикальну. Сигнали зі станції «надходять» до кожної такої зони, яка називається «промінь». Кожен промінь працює на тій самій смузі частот у тому ж діапазоні, що й інші сусідні промені. Але кожен з них має різні смуги частоти. Таким чином, на практиці швидкість передачі даних користувача збільшується більш ніж у 2 рази лише завдяки Massive MIMO. Оператори можуть досягти аналогічного збільшення ємності стільникового вузла без розширення існуючого спектру.

Масова технологія MIMO вимагає не тільки антен, а й спеціальних Active Antenna Units (AAU) – антен, поєднаних з радіомодулями. Донедавна вони були дорогими. І хоча Massive MIMO можна використовувати в мережах 4G-LTE, оператори не поспішають впроваджувати цю технологію. Але в мережах 5G технологія Massive MIMO входить в базовий пакет, мовою автовиробника. Поява п'ятого покоління Об'єкти стільникового зв'язку можна ідентифікувати за такими активними антенними модулями, які значно нижчі та ширші, ніж традиційні антени. VoLTE означає передачу голосу через LTE. Це голосові дзвінки в мережах 4G LTE, а не звичайні з'єднання 2G або 3G. Ця технологія працює в 4G, тому що вона в основному використовується для завантаження, перегляду веб-сторінок та потокової передачі, насправді поки що вона в основному використовується для того, для чого вона використовується, але її також можна використовувати для покращення дзвінків, і саме з цього починаються багато мереж Причина пропозиції VoLTE. Однією з великих переваг VoLTE є те, що якість дзвінків краща, ніж підключення 3G або 2G, оскільки 4G може передавати більше даних, ніж 2G або 3G. Це полегшує розуміння не тільки того, що говорить людина на іншому кінці телефону, але й його тон. З'єднання VoLTE здійснюють дзвінки вдвічі швидше, ніж з використанням 2G або 3G, а оскільки з'єднання 2G і 3G все ще можна

використовувати без сигналу 4G, це означає, що зазвичай мобільне покриття більше. Тому що без VoLTE ви не зможете телефонувати або отримувати дзвінки поза маршрутом. Сигнал 4G, але немає 2G або 3G. Спектр у 800 МГц на яких працює 4G, набагато більші за обсягом, ніж спектр 2G або 3G, тому він має кращу проникнення сигналу в ситуаціях, коли інші сигнали непроникні. Однак, хоча послуги 2G і 3G в основному збереглися, вони більше не потрібні, як у минулому, і більша частина використовуваного спектру, особливо спектру 2G, може бути переназначена для збільшення пропускної здатності 4G.

3.2 Міжмашинна взаємодія в мережі 4G LTE

Мережа LTE має високу масштабованість серед користувачів і в даний час впроваджується для підтримки адресації IPv6. Це дуже важлива особливість, оскільки кількість доступних загальнодоступних IPv4-адрес стрімко зменшується, а кількість M2M-пристроїв на базі LTE в Україні продовжуватиме зростати, оскільки багато нових продуктів, які виходять на ринок, як правило, підтримують цю технологію. Взаємодія елементів M2M з використанням мереж LTE повинна приносити додатковий дохід для операторів і стимулювати подальше зростання інвестицій. Оператори бездротового зв'язку оновлюють своє обладнання, щоб не відставати від провідних країн у розвитку мобільних мереж. Однак головною причиною зростання як швидкості передачі, так і якості обслуговування є збільшення кількості пристроїв на душу населення.

Базові станції для послуг користувачів і пристрої M2M/IoT розподіляють частотні та часові ресурси. При цьому враховується і попит на трафік. Телефони, планшети та пристрої IoT/M2M передають різноманітний трафік, від вимірювань температури навколишнього середовища до відео у прямому ефірі. З огляду на це, базові станції виділяють вузький або широкий спектр для

передачі даних. При цьому разом з корисними даними передається службова частина навантаження. Враховуючи, що потокове відео вимагає на порядок більше ресурсів, ніж надсилання простого SMS-повідомлення або вимірювання значень температури, співвідношення сигнальних даних до загального буде змінюватися. Це співвідношення буде змінюватися залежно від ширини каналу, від 24% на 1,4 МГц до 19% на 20 МГц. Виходячи з цього, ефективність використання ресурсів базовою станцією відрізняється при передачі невеликого обсягу даних і великого обсягу даних. Ефективність доступного спектру залежить від того факту, що більшість пристроїв M2M/IoT будуть передавати невеликі обсяги даних (до 50 кбіт/с), і в цьому випадку виділені ресурси використовуватимуться не повністю. Вищезазначені проблеми потребують негайного вирішення, оскільки кількість мережевих пристроїв збільшується . Через високу щільність мобільних пристроїв і пристроїв M2M в зоні досяжності базової станції це створить величезний тиск на інфраструктуру, і операторам мобільного зв'язку необхідно гнучко розподіляти радіоресурси для забезпечення QoS.

Під час розгортання мережі необхідно враховувати різні потоки трафіку до мережі LTE, а генерація цього трафіку базується на варіантах використання пристроїв і датчиків.

3.3 Покриття мережі 4G LTE в Україні

В Україні налічується 3 основних оператора стільникового зв'язку такі як Київстар Vodafone та Lifecell. Це передує здоровій конкуренції та прагненню кожного зайняти більшу частку мобільного ринку.

«Київстар» вважається першопроходцем на українському ринку стільникового зв'язку. Тож не дивно, що цей провайдер має велику карту

покриття 4G Інтернетом. Сьогодні «Київстар» лідирує у розширенні карти покриття, зростанні кількості користувачів та споживанні даних. «Київстар» розвивається щодня, тому покриття 4G стрімко зростає. Мобільний оператор має найвищу продуктивність серед конкурентів - провайдер отримав 30 МГц в діапазоні 2600 і 70 МГц в діапазоні 1800. З розвитком мережі 4G в Україні розширюються і переваги «Київстар».

Тому основними перевагами покриття 4G «Київстар» є: збільшена швидкість інтернету у 15 разів; покращений пінг (швидке завантаження сайту, миттєве завантаження відео); швидкість Інтернету під час руху не змінюється. Місцевість, де буде використовуватися Інтернет, відіграє важливу роль, оскільки гірські або забудовані райони можуть суттєво вплинути на якість інтернет-з'єднання 4G. Для покращення якості прийому сигналу можна використовувати підсилювальні антени. Відстань від базової станції - відстань для прийому сигналів 4G, щоб уникнути цього можна також використовувати зовнішню антену, яка впорається з будь-яким завданням, яке на неї покладається. Максимальна швидкість інтернету 150 Мбіт/с для всіх користувачів мобільного оператора «Київстар». Перевантаженість мережі або базової станції - це найчастіше у великих промислових центрах. Причина всього цього дуже проста, велика кількість людей хоче використовувати 4G для доступу до Інтернету, а кількість базових станцій обмежена, тому перевантаження мережі – звична справа. Проте «Київстар» не припиняє покращувати свої послуги.

Карта покриття 4G інтернетом «Київстар» постійно змінюється та розширюється (Рис. 3.1).

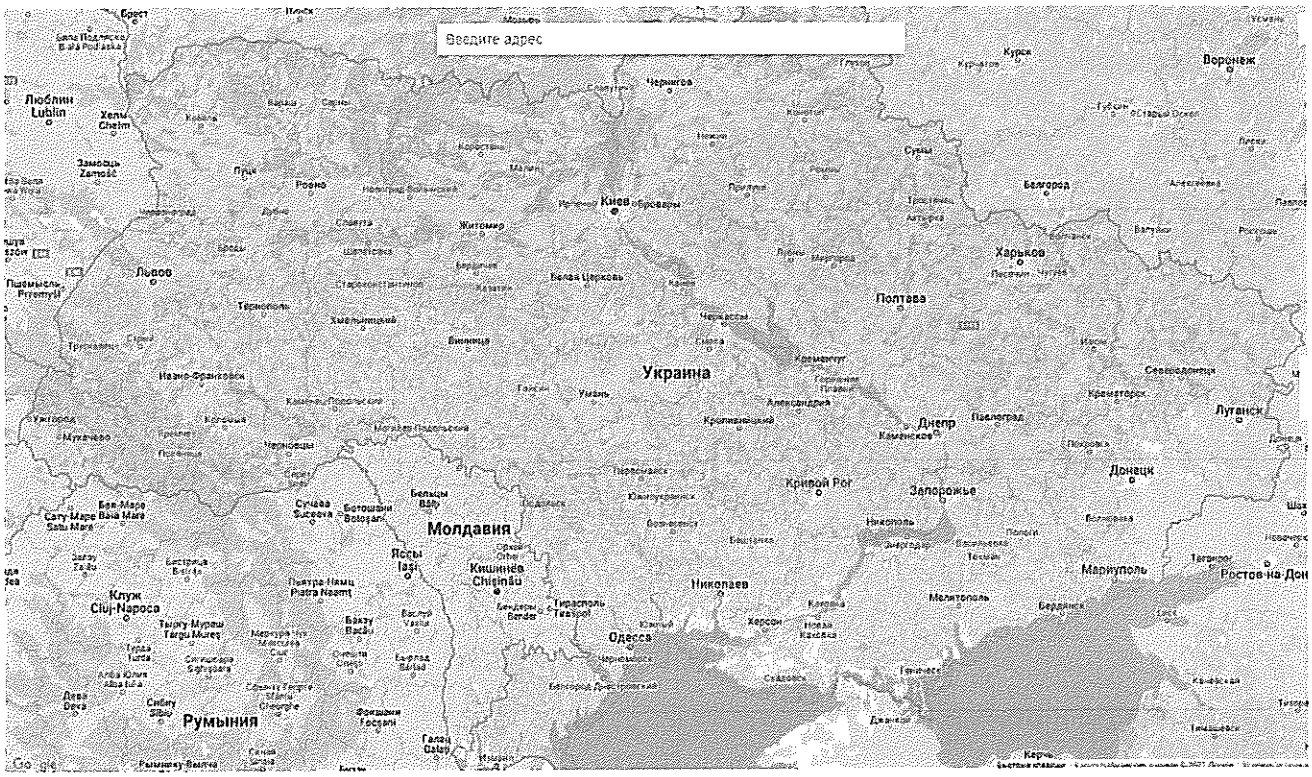


Рис. 3.1 – Покриття LTE в Україні оператора Київстар станом на 2022 рік.

Сьогодні Vodafone активно впроваджує 4G в Україні. Тож по всій території країни якісний та надійний доступ до Інтернету. Vodafone – один з лідерів стільникових операторів України. У великих містах, мережа 4G працює на частоті 2600 МГц. На відміну від мереж третього покоління, технологія 4G дозволяє долати більші відстані. Наприклад, одна з найпоширеніших частот, 1800 МГц, забезпечує якісну роботу на відстані до 6,8 кілометрів.

Крім того, якість Інтернету в мережах четвертого покоління залежить від базової станції, а точніше, від відстані місцевості, де вона розташована (Рис. 3.2).

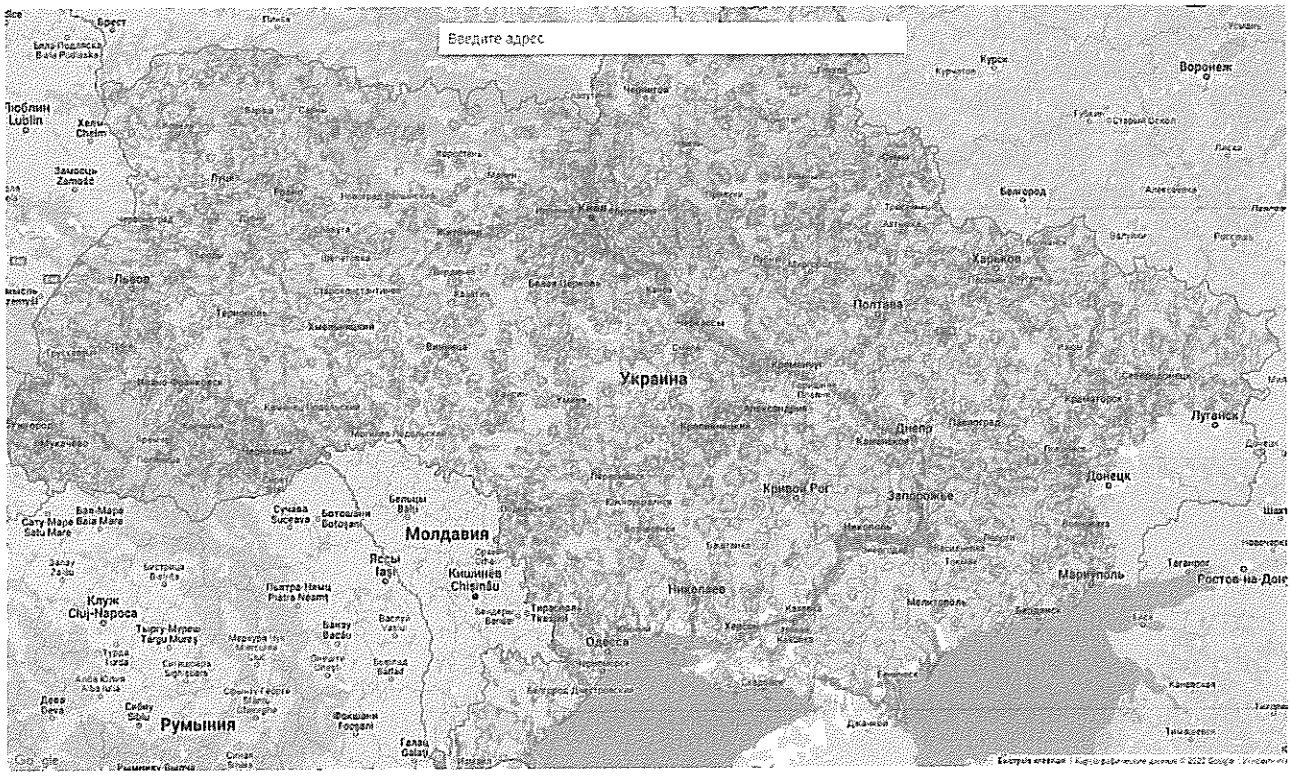


Рис. 3.2 – Покриття LTE в Україні оператора Vodafone станом на 2022 рік.

На даний момент мобільний оператор Lifecell охоплює 99 відсотків території України. Lifecell сильно відрізняється від інших операторів стільникового зв'язку в нашій країні тим, що забезпечує високошвидкісний зв'язок. Покриття Інтернетом 4G від мобільних операторів охоплює такі міста, як Київ, Одеса, Харків, Львів, Дніпро, Суми та інші великі міста нашої країни. За винятком густонаселених міст, покриття Lifecell розширюється з кожним днем, тому Інтернет 4G тепер доступний навіть у невеликих районах (Рис. 3.3).

Частота, на якій працює 4G, впливає на радіус покриття. Тому для великих міст України використовується частота 2600 МГц, а для невеликих населених пунктів – 1800 МГц.

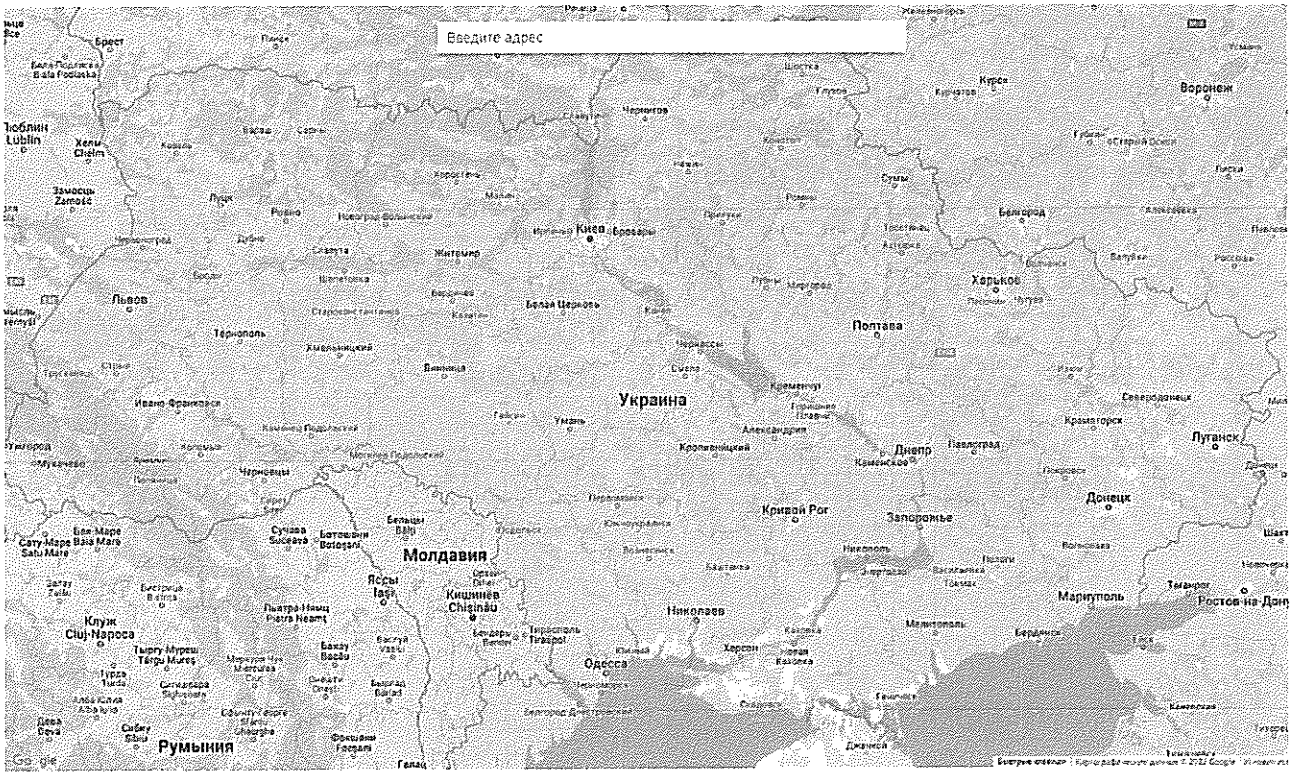


Рис. 3.3 – Покриття LTE в Україні оператора Lifecell станом на 2022 рік.

3.4. Застосування LTE-M, LTE Cat.M1

Низька затримка, хороше покриття та глобальна мережа з низьким енергоспоживанням – усі ці характеристики роблять LTE-M (Long Term Evolution for Machines) придатним для технологій IoT. Типове застосування

LTE-M, наприклад, моніторинг пацієнта: пристрої моніторингу стану пацієнтів стають все більш важливими для пацієнтів і лікарів. За допомогою IoT і LTE-M медичний персонал може бути в курсі стану здоров'я пацієнтів. Вони можуть швидко реагувати на надзвичайні ситуації, навіть коли вони не в лікарні. У цьому випадку однією з ключових вимог є пряма передача даних. Відстеження ланцюга постачання: експедитори використовують LTE-M, щоб відстежувати, де перебуває вантаж в режимі реального часу. Крім того, вони отримують іншу цінну інформацію (наприклад, температуру).

Ліфти: оскільки LTE-M дозволяє передавати голос, він також використовується для екстрених викликів у ліфтах. Портативний: розумні годинники з LTE-M передають місцезнаходження власника в режимі реального часу.

До речі, в деяких випадках LTE-M можуть бути хорошим рішенням. Під час відстеження в логістиці потрібно надіслати лише невелику кількість даних, не обов'язково в реальному часі. CAT-M1 ідеально підходить для цього. Якщо потрібні обсяг даних і позиціонування в реальному часі, LTE-M є найкращим вибором. GPS моніторинг став сучасним стандартом безпеки для електронних велосипедів (наприклад, захист від крадіжки). У той час як професійний злодій може вкрасти велосипед за допомогою фургона або зламати дорогий замок , GPS-відстеження дозволяє миттєво відстежити в реальному часі та передати інформацію до правоохоронних органів.

Безсумнівно, Long Term Evolution for Machines або LTE-Cat-M1 є однією з найважливіших інновацій в IoT (Рис. 3.4). Завдяки комбінації низької затримки, вищої пропускної здатності, ніж у NB-IoT / CAT-NB1 / NB2, хорошого проникнення в будівлі та плавної передачі даних, стандарт особливо підходить для обміну даними з іншими мобільними пристроями та транспортними засобами.

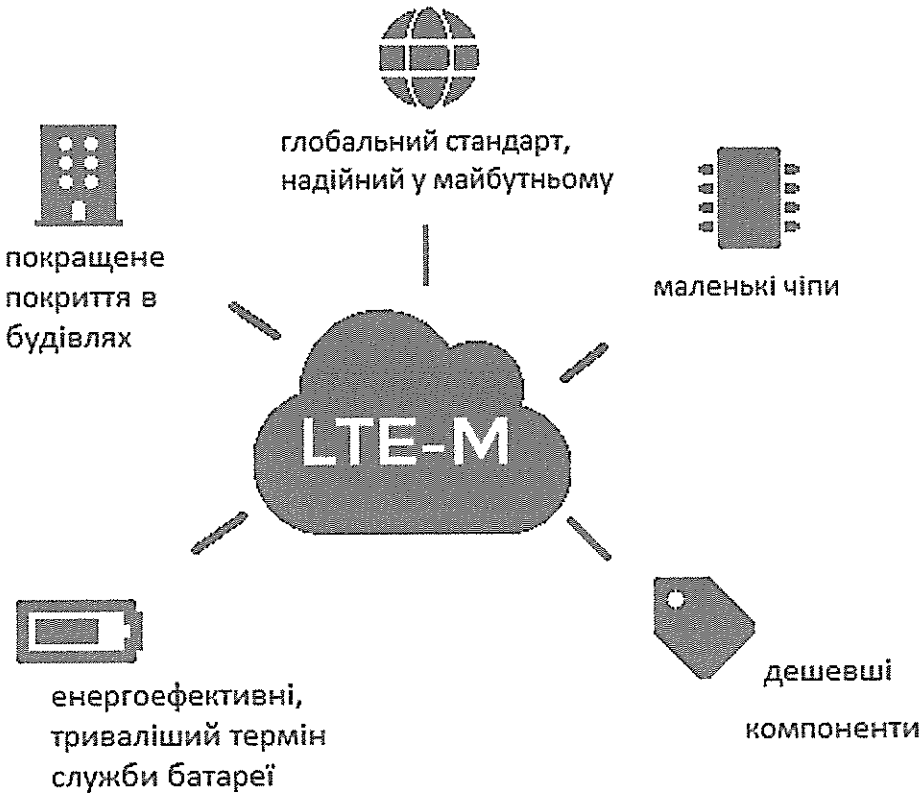


Рис. 3.4 Схема LTE-M

Єдиним недоліком є те, що мережа LTE-M поки недоступна по всій країні. Це серйозна слабкість під час відстеження електронного велосипеда або мотоцикла, щоб запобігти крадіжці. Ось чому 2G все ще є найкращим рішенням для GPS-відстеження електронного велосипеда. Тому LTE-M і надалі ставатиме все більш важливим для IoT та інтелектуального відстеження в майбутньому. Технологія також відіграє інноваційну роль у запобіганні крадіжок у майбутньому.

ВИСНОВКИ

Основа Інтернет речей (IoT) це джерела даних та кінцеві точоки, які можна інтегрувати в єдину мережу, коли вони мають доступ до Інтернету. IoT складається з багатьох аспектів таких як опціональність, розміри, вартість, тривалість безвідмовної роботи та точність вимірювань. Пристроєм виведення в екосистемі IoT може бути практично будь-який: від простих світлодіодів до повноцінних відеосистем. Концепцію злиття датчиків можна застосувати до всіх датчиків. Це процес поєднання кількох різних датчиків для отримання більш повної інформації, ніж може надати один датчик.

Поширення та популярність пристроїв IoT привели до появи різних версій широкосмугових мереж з низьким енергоспоживанням, таких як LoRa та SigFox.

Стільникові технології, такі як LTE, також використовуються для розгортання мереж IoT, оскільки покриття провідних операторів стільникових мереж достатньо для створення концепцій розумного міста.

Мережа LTE має високу масштабованість серед користувачів і в даний час впроваджується для підтримки адресації IPv6. Взаємодія елементів M2M за допомогою мереж LTE може забезпечити операторам додатковий прибуток і стимулювати подальше зростання інвестицій.

Технологія ліцензованого спектру у відкритих мобільних мережах швидко розвивається. LTE Cat.M1 бездоганно підходить для мобільних додатків, оскільки виконує високошвидкісні передачі обслуговування, подібні до LTE, між сайтами стільникового зв'язку.

Сфери застосування LTE Cat.M1 включають: логістику та автоматизацію транспорту, розумний дім, медицину, спорт, промисловість та інтелектуальний облік. Виходячи з наведених вище прикладів, можна сказати, що технологію CatM1 LTE можна успішно використовувати для створення «розумного міста», яке вирішує нагальні проблеми та виклики великих міст.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Стандарт NB-IoT Low-Power and Wide-Area, LPWA [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.tadviser.ru/index.php/ Статья: Стандарт_NBIoT_ LowPower_and_WideArea,_LPWAN_(14.11.2023)

2. Досвід реалізації проектів класу «розумне місто» на основі інформаційних і телекомунікаційних технологій] Н. Кунанець, В. Пасічник [Електронний ресурс] – Режим доступу:– http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vldubzh_2016_14_4 (10.11.2023)

LTE IoT is starting to connect the massive IoT today, thanks to eMTC and NB-IoT [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.rcrwireless.com/lte-iot-is-starting-to-connect-the-massive-iot-today-thanks-to-emtc-and-nb-iot (10.11.2023)

3. LTE Cat-M1 [Електронний ресурс]– Режим доступу: (22.11.2023) https://www.4gltemall.com/ue-category/lte-cat-m1.html?limit=24

4. LIFECELL І ERICSSON ПРОДЕМОНСТРУВАЛИ МОЖЛИВОСТІ РЕАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.dsnews.ua/future/lifecell-i-ericsson-prodemonstrirovalivozmozhnosti-realnoy-4g-seti-02112017163900 (13.11.2023)

5. LTE IoT is starting to connect the massive IoT today, thanks to eMTC and NB-IoT [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.rcrwireless.com/ lte-iot-is-starting-to-connect-the-massive-iot-today-thanks-to-emtc-and-nb-iot (20.11.2023)

6. Карта покриття Київстар [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://kyivstar.ua/ru/4g#map-section (04.11.2023)

7. 4G ВІД VODAFON [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://4g.vodafone.ua/uk (07.11.2023)

8. Карта покриття lifecell [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://4g.lifecell.ua/ru/#map (15.11.2023)

9. 5. Glore, N. & Mishra, A., Chapter 11 «Privacy and Security in WiMax Networks» in «WiMAX Standards and Security» (Edited by M. Ilyas & S. Ahson) — Boca Raton, Florida: CRC Press, 2008 — ISBN 978-1-4200-4523-9 (20.11.2023).

10. WiMAX Forum [Електронний ресурс] // - Режим доступу http://www.wimaxforum.org/. (20.10.2023).

11. 802.11-1997 - IEEE Standard for Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications [Електронний ресурс] // - Режим доступу https://ieeexplore.ieee.org/document/654749 (20.10.2023).

12. 802.11b-1999/Cor 1-2001 - IEEE Standard for Information Technology - Telecommunications and Information Exchange Between Systems - Local and Metropolitan Networks - Specific Requirements - Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications: Higher Speed Physical Layer (PHY) Extension in the 2.4 GHz Band - Corrigendum 1 [Електронний доступ] // - Режим доступу https://ieeexplore.ieee.org/document/972833 (18.11.2023).

13. 802.11g-2003 - IEEE Standard for Information technology-- Local and metropolitan area networks-- Specific requirements-- Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications: Further Higher Data Rate Extension in the 2.4 GHz Band [Електронний доступ] // - Режим доступу https://ieeexplore.ieee.org/document/1210624 (20.11.2023).

14. Performance analysis of IEEE 802.11n solutions combining MIMO architectures with iterative decoding and sub-optimal ML detection via MMSE and zero forcing GIS solutions [Електронний доступ] // - Режим доступу - https://ieeexplore.ieee.org/document/1311657 (20.11.2023).

15. 802.11ac: что необходимо знать о новом стандарте Wi-Fi. [Електронний доступ] // - Режим доступу https://itc.ua/articles/802-11ac-chto-neobhodimo-znat-o-novom-standarte-wi-fi/ (20.10.2023).

16. IEEE 802.11ax: Next generation wireless local area networks [Електронний доступ] // - Режим доступу https://ieeexplore.ieee.org/document/6928663 (20.11.2023).

17. Телекомунікаційні системи та мережі. Структура й основні функції. [електронний ресурс] : мультимед. підручник, Том 1// За редакцією В. В. Поповського, Харків, ТОВ "Компанія СМІТ", 2018 р. Режим доступу до ресурсу: http://www.znanius.com/3533.html - 1012с.

18. Багатоканальний електрозв'язок та телекомунікаційні технології [електронний ресурс]: підручник у 2-х томах. /О. В. Лемешко, В. А. Лошаков, В. В. Поповський, Сабурова С. О. та ін.// за редакцією В. В. Поповського-.Х.: ТОВ "Компанія СМІТ", 2018. Режим доступу до ресурсу: http://www.smitbook.com/books.html- 1012 с.

19. Мірось Ю. О., Перспективи розвитку інфокомунікацій та інформаційно-вимірювальних технологій "Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті"-2020. 1-4с.

20. Мірось Ю. О., Сабурова С. О., "Перспективи розвитку технології мобільного зв'язку 4G" представлена на П'ятій міжнародній науково-технічній конференція "Проблеми електромагнітної сумісності перспективних безпроводових мереж зв'язку, EMC-2020". 102-106 с.

21. Мірось Ю. О., Рой В. Ф., д.ф.-м.н., проф. Використання мікропроцесорних пристроїв в системах захисту та керування мережами [Текст]: матеріали II Всеукраїнської наук.-техн. конф. "Енергоефективність та енергетична безпека електроенергетичних систем", 3-6 грудня 2018 р. – Х : НТУ "ХПІ", 2018. 6. Moskalets M., Naors Y Anad Alsaleem. "IMPROVE MECHANISMS OF RANDOM MULTIPLE ACCESS IN WIRELESS COMMUNICATIONS SYSTEMS" 2020 IEEE International Conference on Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T), Kharkov, 2020, pp. 1-6. 7.

22. Moskalets M., Sielivanov K., Al-Vandavi Saif Ahmed Iskandar Ismael. A Method for Increasing Probability of Detecting Call Signals of Subscriber Stations in 81 Mobile Communication Systems // 3rd IEEE International Conference Advanced Information and Communication Technologies (AICT), July 2 – 6, 2019. – Lviv, Ukraine. – P. 1-4.

23. 3GPP standardization, -Self-Organizing Networks (SON) Policy Network Resource Model (NRM) Integration Reference Point (IRP); Information Service (IS) (Release 11), ‖ TS32.522 v11.7.0, Dec. 2013. - 58 p.

24. Аніссімов А. Подія A3 (Event A3) [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: http://anisimoff.org/lte/measurements/event_a3.html (дата звернення: 15.10.2023).

25. Capdevielle V. Self-Optimization of Handover Parameters in LTE Networks // Alcatel-Lucent Bell-Labs. France 12. 3GPP TS 36.902: "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRAN); Self-configuring and selfoptimizing network (SON) use cases and solutions"

26. Vivian Lee. LTE and Evolution to 4G Wireless, design and measurement challenges, 457 c. 14. Попов Є. А. Технологія LTE мобільної передачі даних, К: Видавництво політехнічного університету, 2011. - 205 с.

27. Тихвинський В. О. Мережі мобільного зв'язку LTE, технології та архітектура 2010. - с.123-134. 16. Д. В. Зав'ялова, А. В. Андрєєв. Оптимізація процедури передачі обслуговування (Handover) в мережах стільникового зв'язку 4-го покоління LTE, 2016. - 10с.

28. J. Cao, M. Ma, H. Li, Y. Zhang and Z. Luo, "A survey on security aspects for LTE and LTE-A networks", IEEE Commun. Surveys Tuts.

29. S. Holtmanns, S. P. Rao and I. Oliver, "User location tracking attacks for LTE networks using the interworking functionality".

30. S. P. Rao, B. T. Kotte and S. Holtmanns, "Privacy in LTE networks", Proc. EAI Int. Conf. Mob. Multimedia Commun. (ICST).

31. R. P. Jover, J. Lackey and A. Raghavan, "Enhancing the security of LTE networks against jamming attacks", EURASIP J. Inf. Secur.

ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

НА ТЕМУ:

“Методи реалізації концепції "Розумне місто" з використанням технології LTE”

Виконав студент групи
АРДМ-61

Стасюк Сергій Олегович

АКТУАЛЬНІСТЬ

Технологія телекомунікаційної мережі вдосконалюється з кожним роком. З розвитком бездротової мережі, поки є мобільний зв'язок, можна використовувати високошвидкісний Інтернет. Використання інновацій у передачі інформації призводить до появи нових варіантів технологічних процесів у містах і всередині міст. Розробка та впровадження мереж дає можливості для реалізації багатьох концепцій, таких як «розумні міста» та Інтернет речей. Ці концепції є прямим шляхом до модернізації, покращення присутності міста та його мешканців, спрощення бізнесу та підвищення продуктивності. Використання новітніх технологій та врахування існуючого світового досвіду створення IoT дозволяє нам аналізувати та впроваджувати найкращі варіанти для задоволення потреб українських міст. Саме тому моя робота є **актуальною.**

Об'єкт дослідження – технологія LTE, класи технології LTE та їх застосування.

Предмет дослідження – Доцільність використання LTE в концепції розумне місто та складові IoT.

Метою даної роботи є вивчення технології LTE, аналіз та демонстрація доцільності використання цієї технології в рамках концепції «розумне місто».

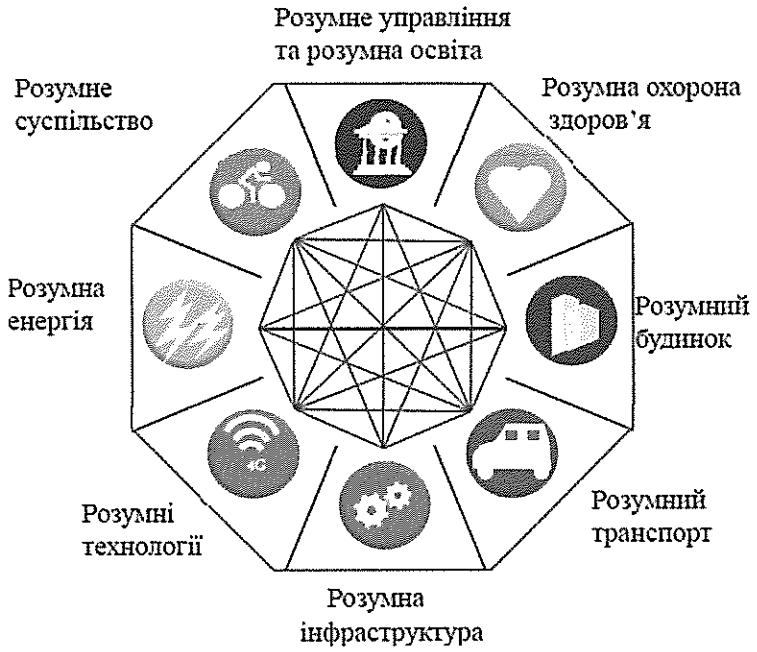
Методи дослідження: критичний аналіз технології LTE та інших бездротових технологій IoT, порівняльний аналіз підходів до впровадження концепції «розумне місто» в країнах світу та аналіз існуючих рішень для систем IoT.



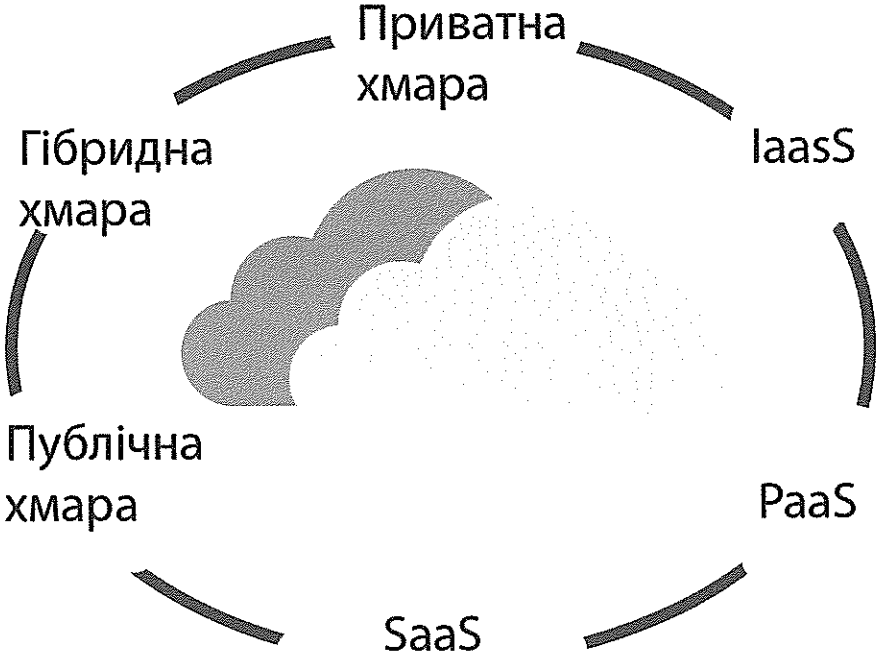
ВСТУП

Можливість застосування технологій четвертого покоління для забезпечення взаємодії та підтримки концепцій IoT. Оскільки IoT є необхідною частиною створення та модернізації концепцій розумного міста, необхідно вивчити можливості, які відкриває IoT, та технології, які можна використовувати, включаючи технології стільникових бездротових мереж. Великі міста мають еволюційну тенденцію до спрощення процесу взаємодії між машинами і людьми, тим самим покращуючи умови життя людей і підвищуючи продуктивність людини в різних сферах і галузях. Проєкти розумних міст є результатом розвитку цих еволюційних тенденцій. З огляду на процес глобалізації та інтеграції світу, «розумні міста» вже давно набувають популярності в різних сферах у основних країнах ЄС, як у повсякденному житті, так і в промисловості. Трафік, у свою чергу, зростатиме пропорційно, а доступ до новітніх високошвидкісних мереж, можливо, є ключовою потребою міст. Їх дослідження необхідні для розвитку телекомунікаційної галузі.

СУТНІСТЬ КОНЦЕПЦІЇ «РОЗУМНЕ МІСТО»

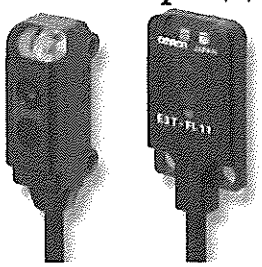


ВИКОРИСТАННЯ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

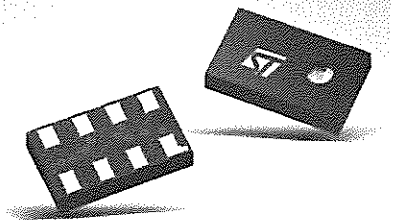


ПРИСТРОЇ ЗБОРУ ДАНИХ

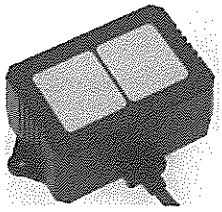
Фотоелектро датчик



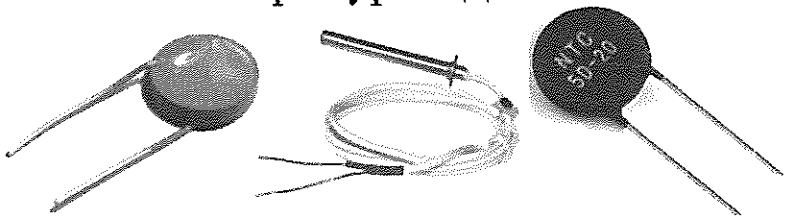
Датчики Mems



датчики LIDAR



Температурні датчики

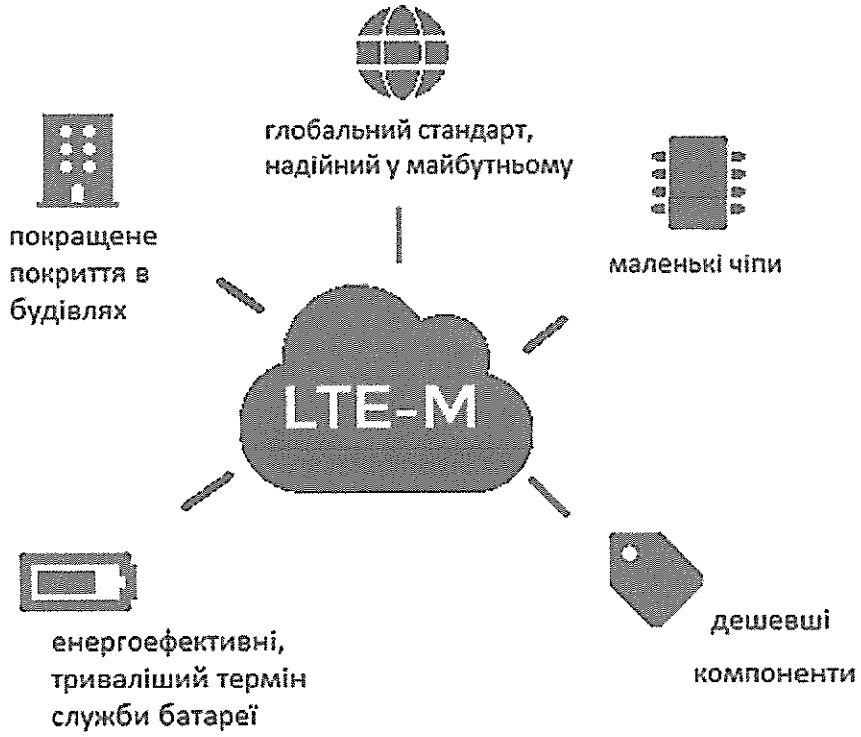


Карта покриття мережі 4G на території України



Пристрої LTE-M

LTE-M — це абревіатура від LTE Cat-M1. Ця технологія призначена для підключення пристроїв Інтернету речей безпосередньо до мережі 4G, на батарейках .



Висновок

Основа Інтернет речей це джерела даних та кінцеві точоки, які можна інтегрувати в єдину мережу, коли вони мають доступ до Інтернету. Пристроєм виведення в екосистемі IoT може бути практично будь-який: від простих світлодіодів до повноцінних відеосистем. Стільникові технології, такі як LTE, також використовуються для розгортання мереж IoT, оскільки покриття провідних операторів стільникових мереж достатньо для створення концепцій розумного міста. Взаємодія елементів M2M за допомогою мереж LTE може забезпечити операторам додатковий прибуток і стимулювати подальше зростання інвестицій. Технологію LTE-M, LTE Cat.M1 можна успішно використовувати для створення «розумного міста», яке вирішує нагальні проблеми та виклики великих міст.

ДЯКУЮ

ЗА УВАГУ!

Протокол аналізу звіту подібності науковим керівником

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Сергій Стасюк

Назва: Методи реалізації концепції "Розумне місто" з використанням технології LTE

Координатор: Наталія Руденко

Підрозділ: ННІТ

Коефіцієнт подібності 1:6.7

Коефіцієнт подібності 2:4

Тривога: 0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

☑ виявлені в роботі запозичення є сумлінними і не мають ознак плагіату. Тому робота визнається самостійною і допускається до захисту;

☐ виявлені в роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання;

☐ виявлені в роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень. У зв'язку з чим, робота не допускається до захисту.

....

Дата *Підпис Наукового керівника*