ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
Кафедра Мобільних та відеоінформаційних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Методи впровадження концепцій Smart City на основі технологій п'ятого покоління»

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) Олександр РОМАНЬКО
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи АРДМ-62
Олександр РОМАНЬКО

Керівник: Віталій СТРЕЛЬНІКОВ

Рецензент: В. Черевик

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 кафедрою МВТ
_____ Наталія РУДЕНКО
« » _____ 2023 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Романьку Олександру Руслановичу

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Методи впровадження концепцій Smart City на основі технологій п'ятого покоління»,
керівник кваліфікаційної роботи Віталій СТРЕЛЬНІКОВ, PhD,
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. Теоретичні основи концепції «Smart City» та технології IoT.
   2. Структура «Smart City».
   3. Використання технології Smart city для оптимізації заторів.
   4. Науково-технічна література.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
   1. Приклади концепції «Smart city»;
   2. Пристрої збору даних в концепції «Smart city»;
   3. Потенціал технології п'ятого покоління;
   4. Інтеграція ІТС в інфраструктуру України;

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	16.10.23	Викон.
2.	Приклади концепції «Smart city»	30.10.23	Викон.
3.	Пристрої збору даних в концепції «Smart city»;	14.11.23	Викон.
4.	Потенціал технології п'ятого покоління;	28.11.23	Викон.
5.	Інтеграція ІТС в інфраструктуру України;	06.12.23	Викон
6.	Висновки, вступ, реферат	12.12.23	Викон.
7.	Розробка презентації	17.12.23	Викон.

Здобувач вищої освіти Олександр РОМАНЬКО

(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

Керівник кваліфікаційної роботи Віталій СТРЕЛЬНІКОВ

(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня магістра: 75 стор., 28 рис., 3 табл.

Об'єкт дослідження – технологія п'ятого покоління, класи технології п'ятого покоління та їх застосування.

Предмет дослідження – Доцільність використання п'ятого покоління в концепції Smart city та складові IoT.

Метою даної роботи є вивчення технології п'ятого покоління, аналіз та демонстрація доцільності використання цієї технології в рамках концепції «Smart city».

Методи дослідження:
Критичний аналіз технології п'ятого покоління 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 «Smart city» та характеристики реалізації існуючих моделей та їх складових;
- Проаналізовано послуги та галузі, що охоплюють «Smart city», та дослідити технології IoT;
- Досліджено сценарії інтеграції технологій п'того покоління в розумне місто та покриття мережі на території України.
- Розроблені рекомендації що до інтеграції інтелектуальної транспортної системи у інфраструктуру України на прикладі зарубіжних країн

КЛЮЧОВІ СЛОВА: SMART CITY; IOT; ,БЕЗПРОВОДОВІ МЕРЕЖІ; ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ МЕРЕЖІ; ДАТЧИКИ; M2M;ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТРАНСПОРТНІ МЕРЕЖІ; ШВИДКІСТЬ

ABSTRACT

Text part of the master's qualification work: 75 pages, 28 pictures, 3 table, 24 sources.

Object of research – fifth generation technology, classes of fifth generation technology and their applications.

Subject of research – The feasibility of using the fifth generation in the Smart city concept and IoT components.

The purpose of the work – is the study of fifth-generation technology, analysis and demonstration of the feasibility of using this technology within the framework of the "Smart city" concept.

Summary of the work:

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

• Analyzed services and industries covering "Smart city" and explored IoT technologies;

• Scenarios of integration of fifth generation technologies into a smart city and network coverage in the territory of Ukraine were studied.

• Developed recommendations for the integration of the intelligent transport system into the infrastructure of Ukraine on the example of foreign countries

KEY WORDS: SMART CITY; IoT; WIRELESS NETWORKS; TELECOMMUNICATION NETWORKS; SENSORS; M2M; INTELLIGENT TRANSPORT NETWORKS; SPEED

ВІДГУК РЕЦЕНЗЕНТА
на кваліфікаційну магістерську роботу

здобувача вищої освіти Романька Олександра Руслановича
на тему: «Методи впровадження концепцій Smart City на основі технологій п'ятого покоління»

Актуальність:

У нинішній час потреба в безпроводових з'єднаннях стрімко росте вгору. 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 «smart city» та IoT. Ці концепції є прямим шляхом до модернізації, покращення міста та його мешканців, спрощення бізнесу та підвищення продуктивності. Тому, теоретичні та практичні дослідження направлені на вирішення даних завдань є актуальними і своєчасними.

Позитивні сторони:

1. Зміст магістерської роботи відповідає завданню. Її автор, показав високий рівень знань і ступінь підготовленості до майбутньої роботи за фахом.
2. Текст викладений грамотно, ясно, послідовно. Графічний матеріал оформлений якісно. Широко використовується сучасна науково-технічна література, включаючи англомовні видання.

Недоліки:

1. В роботі занадто багато уваги приділено теоретичній структурі концепції «Smart City».
2. В роботі чітко не визначено яке програмне забезпечення використовується для технології п'ятого покоління.

Відзначені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку кваліфікаційної роботи.

Висновок: кваліфікаційна робота заслуговує оцінку «відмінно», а здобувач РОМАНЬКО Олександр Русланович заслуговує присвоєння кваліфікації: «Магістр з телекомунікацій та радіотехніки».

Рецензент: к.т.н., доцент каф. ТЕ (науковий ступінь, вчене звання) _____ (підпис) В. Черевик (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 Романько О.Р. 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 впровадження концепцій Smart City на основі технологій п'ятого покоління

Кваліфікаційна робота і рецензія додаються.

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

Висновок керівника кваліфікаційної роботи

Здобувач Романько Олександр Русланович 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 Романька Олександра Руслановича на оцінку «відмінно» та присвоїти йому кваліфікацію «Магістр з телекомунікацій та радіотехніки».

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Віталій СТРЕЛЬНІКОВ
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

" " _____ 2023 року

Висновок кафедри про кваліфікаційну роботу

Кваліфікаційна робота розглянута. Здобувач Романько О.Р.
(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 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ КОНЦЕПЦІЇ «SMART CITY» ТА ТЕХНОЛОГІЙ IOT 10
1.1.Сутність концепції «Smart City» 10
1.2 Реалізація концепції «Smart City» в Україні 12
1.2.1 Глобальна реалізація концепції «Smart City» 17
1.3 Технологія Інтернету речей 24
1.3.1 Загальна інформація про концепції IoT 24
1.3.2 Міжмашинний зв'язок (M2M) 26
1.3.3 Система RFID 29
1.4 Використання хмарних технологій в Інтернеті речей 33
2 СТРУКТУРА КОНЦЕПЦІЇ «SMART CITY» 37
2.1 Кібербезпека як основа в концепції «Smart City» 37
2.2 Обладнання для збору даних 40
2.2.1 Розумні датчики IoT 42
2.2.2 Датчик MEMS 45
2.2.3 Фотоелектричний датчик 47
2.2.4 LiDAR датчики 49
2.2.5 Класифікація датчиків температури 51
2.3 Технічний опис LTE 55
2.3.1 LTE категорії для IoT та їх застосування 61
2.4 Взаємодія M2M в мережах п'ятого покоління 65
2.5 Покриття мережі LTE Україна 67
3. ВИКОРИСТАННЯ КОНЦЕПЦІЇ SMART CITY ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ЗАТОРІВ 71
3.1 Інтелектуальна транспортна система 71
3.1.1 Приклад застосування ITC 73
3.2 Планування інтелектуальної транспортної системи 75
ВИСНОВКИ 82
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ 83
ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ 85

ВСТУП

Актуальність роботи. Технології телекомунікаційних мереж удосконалюються з кожним роком. Із зростанням бездротових мереж високошвидкісний Інтернет доступний скрізь, де є мобільне покриття. Використання інновацій у передачі інформації призводить до появи нових варіантів технологічних процесів у містах і всередині міст. Розробка та впровадження мереж надає можливості для реалізації багатьох концепцій, таких як IoT та «Smart city». Ці концепції є прямим шляхом до модернізації, покращення іміджу міста та його мешканців, спрощення ведення бізнесу та підвищення продуктивності. Використання новітніх технологій та врахування існуючого світового досвіду створення Інтернету речей дозволяє аналізувати та впроваджувати найкращі варіанти для задоволення потреб українських міст.

У роботі «Управління інформаційними потоками та методи розподілу ресурсів для гетерогенних мереж 4G/5G для послуг IoT/M2M» розглядається можливість застосування технологій п'ятого покоління для забезпечення взаємодії та підтримки концепцій IoT. Оскільки IoT є важливим компонентом у створенні та модернізації концепцій розумних міст, необхідні можливості, які надає IoT, і технології, які можна використовувати, включаючи технологію бездротової стільникової мережі.

Міста мають еволюційну тенденцію спрощувати процес взаємодії між машинами та людьми, тим самим покращуючи умови життя людей і збільшуючи продуктивність людей у різних сферах і галузях. Проект Smart city є результатом цих тенденцій, що розвиваються. Беручи до уваги процес глобалізації та світової інтеграції, «розумні міста» вже давно проявляються у повсякденному житті та промисловості, громадській безпеці, державному управлінні, медицині та інших сферах у великих країнах. У свою чергу трафік зростатиме пропорційно і доступ до новітніх високошвидкісних мереж може стати ключовою вимогою для міст. Їхні дослідження необхідні для розвитку телекомунікаційної галузі.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ КОНЦЕПЦІЇ «SMART CITY» ТА ТЕХНОЛОГІЙ IOT

1.1.Сутність концепції «Smart City»

У сфері розвитку міст і технологічного прогресу концепція «розумних міст» стає символом прогресу, забезпечуючи бачення майбутнього, де інновації та сталий розвиток органічно інтегровані в міську рутину. У міру зростання населення та розширення міст потреба у створенні ефективних, стійких міських просторів, доповнених технологіями, стає все більш очевидною. Концепції розумного міста відповідають цій вимозі, представляючи зв'язаний, розумний та екологічно чисте міста майбутнього.

Розумні міста втілюють концепцію міських центрів, які використовують передові технології та підходи, керовані даними, для покращення життя мешканців. Ядро розумного міста втілює в собі інтеграцію різних взаємопов'язаних систем, оптимізує використання ресурсів, покращує комунікації, сприяє сталому розвитку та стимулює економічний розвиток. Ці міста прагнуть використовувати дані та передові технології для ефективного управління міськими ресурсами та послугами, забезпечуючи ефективність, оперативність та покращуючи якість життя.

Концепція «розумних міст» передбачає реалізацію стратегічних заходів щодо покращення комунікацій, оптимізації комунальних послуг та міської інфраструктури. Стратегію міського планування, переплетену з інноваціями, головною метою якої є покращення добробуту громадян за рахунок використання переваг технологічного прогресу. Розумні міста виходять за рамки простого інтелекту та втілюють інновації, ефективність, стійкість і безперебійне підключення. Фундамент «розумного міста» базується на шести стовпах, що втілюють основні принципи сталого міського розвитку.

- Інтелектуальне управління. Управління розумним містом надає пріоритет населенню, розглядаючи населення та їх складні взаємозв'язки як найцінніший актив.
- Кооперативна економіка. Економічна модель «розумного міста» базується на співпраці та активній участі. Тут гармонійно співіснують інновації та сталий розвиток, сприяючи не тільки економічному прогресу, а й загальному добробуту суспільства.
- Розвиток екологічно стійких «розумних міст» призводить до підвищення ефективності державних і приватних структур. Цикл управління відходами перетворюється на високоефективний цикл, а циркулярна економіка стає основним методом управління міськими активами.
- Розширення прав громадян. У поєднанні з ефективним управлінням активна участь на низовому рівні стає вирішальною. Розумні міста розширюють можливості жителів, цінуючи їхні голоси та будучи інклюзивними. Суспільство перетворюється на організацію, засновану на участі, реагуючи на потреби кожного і нікого не залишаючи.
- Покращення життя. У розумних містах повсякденне життя стає значно ефективнішим, безпечнішим і ресурснішим. Забезпечення здоров'я, освіти та безпеки для всіх є головним пріоритетом.
- Сталий транспорт. У багатьох містах уже впроваджуються інтелектуальні транспортні рішення, які охоплюють майбутнє транспорту, включаючи спільні та електричні альтернативи. Системи громадського та приватного транспорту рухаються до стійкості, приймаючи екологічно чисті варіанти та сприяючи спільній та екологічній мобільності.

Розумні міста побудовані на шести основних принципах, які підкреслюють сталий розвиток міст. Розумне управління надає пріоритет людям та їхнім взаємозв'язкам. Економіка спільної діяльності сприяє інноваціям і стійкості для досягнення економічного прогресу та соціального добробуту. Стійке довкілля зосереджується на ефективних державних і приватних структурах, які включають замкнуту економіку управління відходами. Збільшення можливостей громадян для

активнішої участі та інклюзії перетворює суспільство на суб'єкт, що бере участь. Покращення життя забезпечують ефективність, безпеку та винахідливість у повсякденному житті. Зелений транспорт заохочує використання екологічно чистих альтернатив транспорту для досягнення більш екологічного майбутнього.

1.2 Реалізація концепції «Smart City» в Україні

Виходячи зі світового досвіду, Україна почала впроваджувати концепцію розумного міста у 2015 році. Сьогодні системи розумного міста в тій чи іншій формі діють у Києві, Івано-Франківську, Львові, Мукачеві, Дрогобичі, Запоріжжі, Полтаві, Тернополі та Харкові. До слова, за даними 2023 року Київ посідає 97 місце в рейтингу Global Smart City Index.

Зазвичай люди дивляться на «розумні» міста, такі як Копенгаген, Барселона, Амстердам та інші світові центри, як приклад, але подекуди і в Україні можна знайти чудові прояви цієї концепції. Успішні приклади розумних міст в Україні.

Київ

У столиці працює система Kiev Smart City. Цей проект об'єднує активістів, бізнес та владу для розвитку інфраструктури «розумного» міста. Загалом концепція побудована на тих же принципах, що й у великих містах світу: прозоре управління , цифрові послуги та відкриті дані. Київ також значно просунувся у впровадженні концепції «безпечного міста», що досягається встановленню камер відеоспостереження. Крім того, жителі столиці можуть отримати доступ до системи електронних закупівель та інформації про бюджет. Також є можливість заповнити петицію та мати можливість спостерігати за картами аварійних робіт. Багато проектів були заморожені на стадії планування та попередньої реалізації через тотальну війну, але обов'язково повернуться до початкового стану після перемоги. Київ розробив максимально точний і прозорий проект «Відкритий бюджет», дані з якого щодня автоматично завантажуються в систему і де його можна проаналізувати за рівнем, адміністратором, метою тощо. Інтерактивна карта відновлення комунального господарства показує, як у місті проводяться ремонтні

роботи та коли вони завершаться. Сервіс «Київ інформаційний» містить інформацію про аварійні та аварійні ситуації, перекриття води, планові відключення електроенергії, терміновий пошук донорів, зміни трафіку.

«Карткою киянина» (Рис. 1.1) можна оплатити проїзд у метро Києва та канатних дорогах, а також можна оплатити проїзд безконтактною карткою Mastercard на турнікетах.



Рис. 1.1 «Картка киянина»

Створюються перші в країні «розумні вулиці» за всіма правилами урбанізації та різноманітних розумних систем. На Хрещатику встановили перший маячок для орієнтування незрячих людей та створили відповідний мобільний додаток. Також по всьому Києву встановлюють датчики для аналізу стану атмосфери.

Дніпро

Дніпро є зразковим містом за швидкістю впровадження кількістю електронних адміністративних послуг та електронного урядування. Найбільш активно тут впроваджується сервіс Navizor для електронної інвентаризації доріг, (Рис. 1.2) що дає змогу оцінити її стан та взяти під контроль якість роботи підрядника.

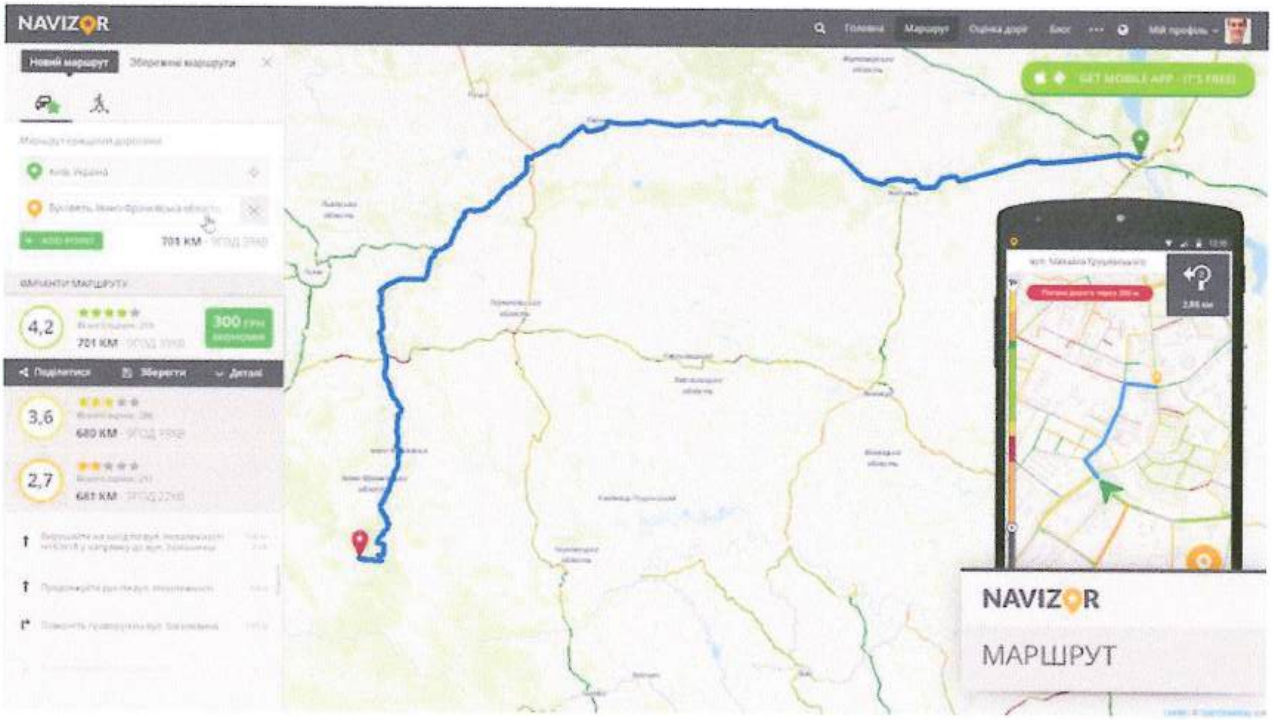


Рис. 1.2 Інтерфейс програми Navizor

Служба Соціальної інспекції дає вам контроль над лікарняними та шкільними бюджетами та може бути розширена по всій країні. У Києві та Дніпрі запровадили додаток для екстреної сигналізації «Моя поліція», створений дніпровськими IT-волонтерами (Рис. 1.3).

Функція «Активний свідок» дає змогу громадянам передавати в поліцію зафіксовані факти злочину. Розумна поліція, проект shtrafy.ua триває. Мобільний додаток «Е-контакт» дає можливість мешканцям Дніпра звертатися зі скаргами безпосередньо до обласної влади з конкретних питань. У Дніпрі запроваджено електронний екологічний моніторинг eco.dp.gov.ua, що дозволяє громадянам зрозуміти стан екологічної безпеки в окремих районах,

Бета-версія доступна на інтерактивній карті.

Вінниця

Вже багато років Вінниця входить до рейтингу найзручніших для життя міст України. Тут вже реалізовано багато проектів «розумного» міста, і якість життя мешканців з року в рік покращується.

Схожі проекти, успішно реалізовані в Києві, вже реалізуються тут. Крім того, у Вінниці є можливість записатися в електронні черги та контролювати їх онлайн, а не стежити за ними в коридорах відділень. У громадському транспорті Вінниці є безкоштовний Wi-Fi, ідея, яку втілювали в життя вже давно.



Рис. 1.3 Інтерфейс програми «Моя поліція»

Харків

У Харкові працює найбільша геоінформаційна система управління містом. На інтерактивній карті можна знайти інформацію про правила забудови, об'єкти комунальної власності, правила розвитку територій, генеральні плани, інформація про відведення землі, плани комунікацій, вартість ділянки. Дані про скарги громадян, розкопки, реставрації, інциденти доступні на єдиній карті скарг громадян онлайн. Так схема рекламної структури, прокат можна замовити онлайн. Також можна голосувати онлайн через мобільний застосунок «Активний харків'янин» з різних питань міського життя: благоустрій, розвиток інфраструктури, паркування тощо.

Тернопіль

Тернопіль успішно реалізував чимало ідей із концепції smart city. Найважливішим із них є проект «Відкрите місто», який дає змогу кожному мешканцю не лише повідомити про недоліки, які виникли під час переселення, а й побачити, як їх усунули (Рис. 1.4).

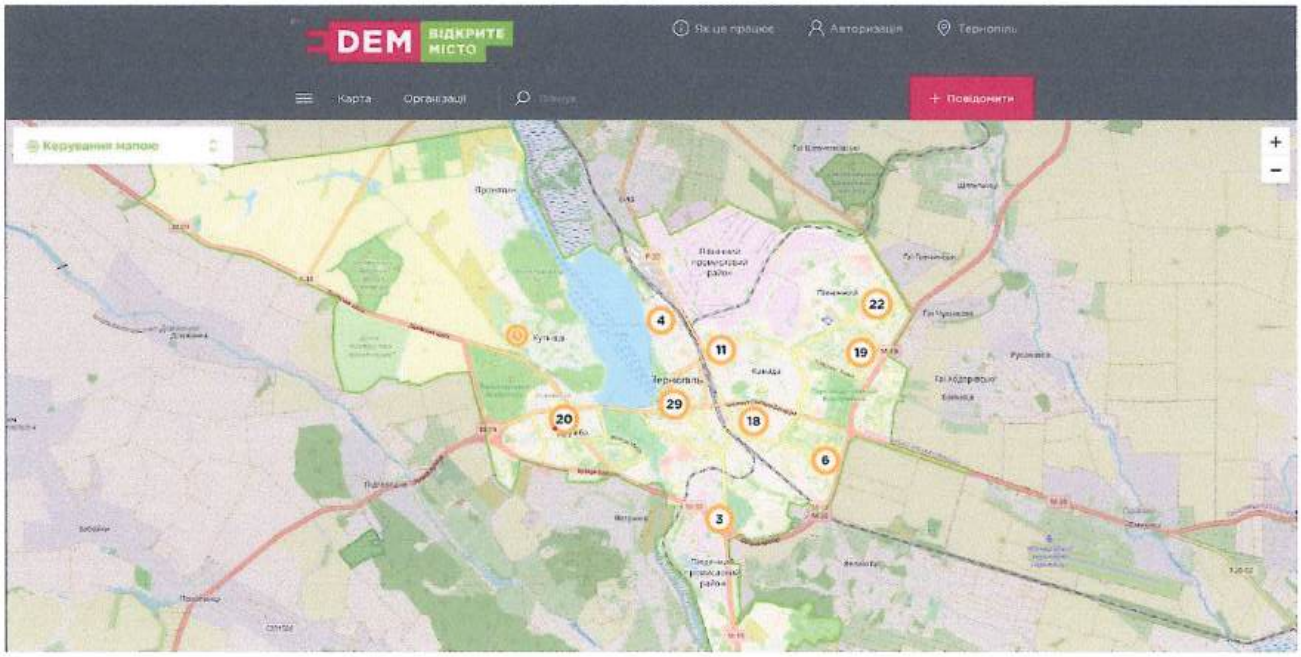


Рис. 1.4 проект «Відкрите місто»

Централізовані системи відеоспостереження в містах дозволяють контролювати дорожню обстановку, де найчастіше трапляються ДТП. Крім того, камери встановили біля великих магазинів і нічних клубів. Відео міг переглянути кожен житель міста, але під час тотальної війни це було обмежено. Також містяни можуть ефективно планувати власний час через онлайн-відстеження громадського транспорту. Водночас автоматизована система керування відображенням муніципальних даних та «Відкритий бюджет» дозволяє містянам контролювати витрати бюджету та отримувати повну інформацію про інфраструктуру. У більшості випадків українські міста використовують лише окремі інструменти цієї концепції. Однак Україна досягла значного прогресу в загальній цифровізації та автоматизації процесів.

Гарний приклад українського успіху – додаток «Дія», через який можна досягти чи не максимального прогресу. За допомогою цього сервісу значна частина державних послуг, які раніше потребували черги, переведені в онлайн-режим і тепер доступні кожному українцю на смартфоні. Крім того, «Дія» дозволяє громадянам приймати активну участь у житті країни, голосуючи за зміни чи підписуючи петиції у зручний для них час. До 2023 року додатки зможуть не тільки мати електронні документи. Портал дозволяє отримати доступ до сотень послуг, не виходячи з дому, незалежно від того, чи є ви громадянином України чи бізнесменом. Примітно, що функціональність програми розширюється, до 2024 року планується перевести 2000 сервісів у цифровий режим.

1.2.1 Глобальна реалізація концепції «Smart City»

Цюрих

Цюрихська стратегія розумного міста має на меті допомогти інтегрувати майбутні потреби населення. Це має сприяти інноваціям і позиціонувати Цюрих як розумне місто. Таким чином Smart City Цюрих зміцнює реалізацію стратегії Цюрих 2035 та численних професійних стратегій.

Стратегія «Розумного міста» Цюрих

Громадський транспорт. Розумне місто Цюрих володіє однією з найрозгалуженіших мереж громадського транспорту в світі, щороку нею користуються понад 450 мільйонів пасажирів (Рис. 1.5). Мережа громадського транспорту міста включає трамваї, автобуси, поїзди та човни та вважається однією з найефективніших і надійніших систем у світі.

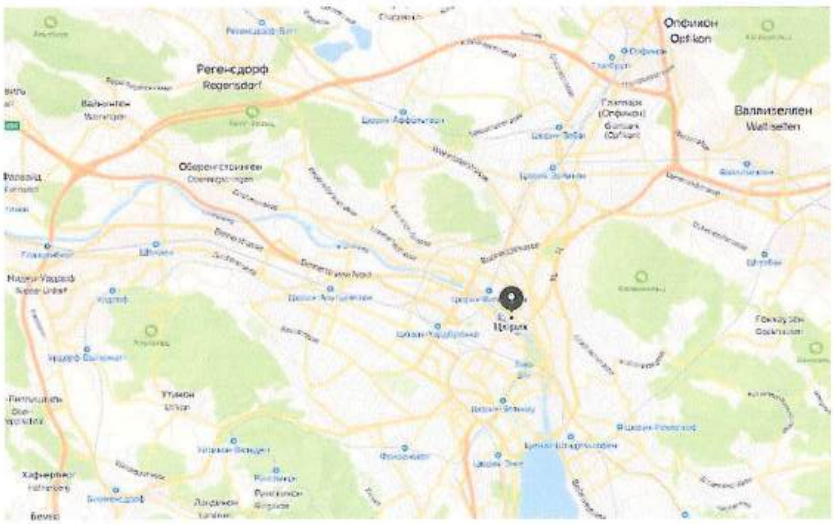


Рис. 1.5 Транспортне сполучення міста Цюрих

Енергетика: до 2050 року Цюрих прагне стати містом з нейтральним викидом вуглецю. Станом на 2020 рік місту вдалося скоротити на 36% порівняно з рівнем 1990 року а ось станом на 2022 дещо збільшилися із-за відновлення економіки після пандемії(Рис. 1.6).

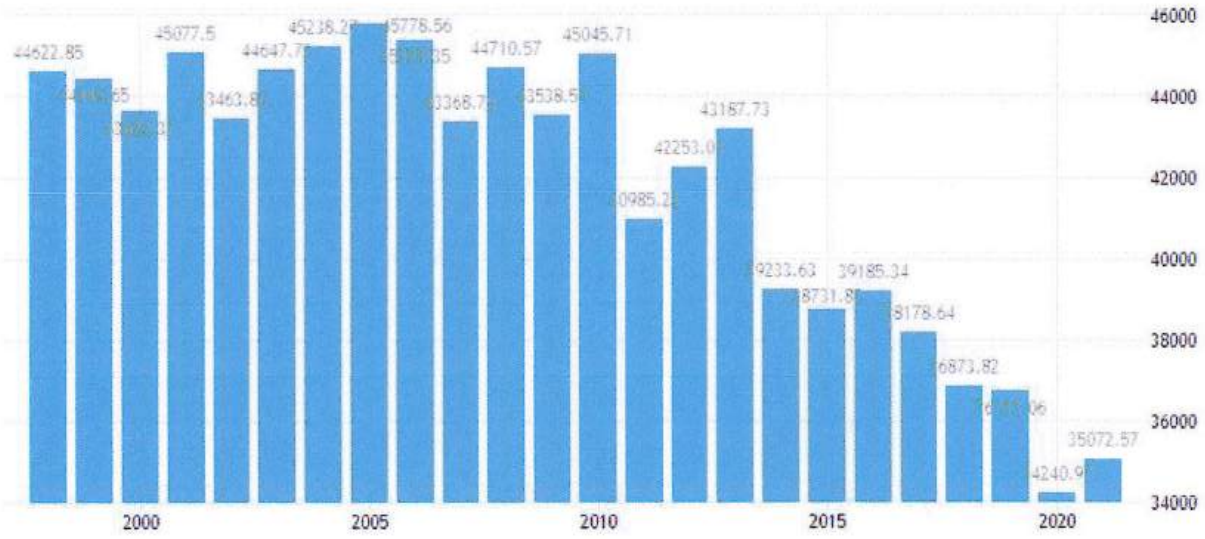


Рис. 1.6 Графік викидів CO2 міста Цюрих

Цюріх став першим містом у світі, де створено зону енергозбереження, яка виробляє більше енергії, ніж споживає. Район називається «Werkstadt Zurich» і застосовує відновлювані джерела енергії, такі як геотермальна та сонячна енергія. Навколишнє середовище: Цюріх визнаний одним із найзеленіших міст світу, з понад 500 парками та зеленими насадженнями, що займають понад 50% загальної площі міста. У місті також діє комплексна система поводження з відходами, спрямована на зменшення утворення відходів і підвищення рівня переробки.

Оцифровка: Розумне місто Цюріха є домом для кількох технологічних стартапів та інноваційних центрів, включаючи ETH Zurich, Швейцарський федеральний технологічний інститут і Цюріхський університет прикладних наук. Місто також приймає низку міжнародних конференцій і заходів, таких як Всесвітній мережевий форум і цифровий фестиваль для сприяння цифровим інноваціям і підприємництву.

Управління: Цюріх має унікальну модель спільного управління, яка передбачає партнерство між державним і приватним секторами, та простими громадянами. Місто також створило лабораторію «розумного міста» для тестування та розробки нових рішень і технологій у партнерстві із зацікавленими сторонами.

Загалом стратегія спрямована на досягнення сталого міського розвитку за допомогою інтегрованого та спільного підходу, використовуючи новітні технології та покращуючи якість життя громадян, паралельно сприяючи економічному зростанню та екологічній стійкості.

Впроваджені приклади «Розумного міста Цюрих» та заплановані на майбутнє У рамках своєї Стратегії розумного міста до 2030 року Цюріх уже реалізував кілька проектів розумного міста, а на майбутнє планується ще більше.

Реалізовані проекти:

Системи енергопостачання (P2H): ця система використовує надлишок відновлюваної енергії для виробництва тепла для будівель у міських мережах централізованого теплопостачання.

ЄЦюрих: Цей проект сприяє використанню цифрових технологій і даних для підвищення ефективності державних послуг і підвищення участі громадян.

Розумне паркування: Цюріх запровадив розумну систему паркування, яка використовує дані в реальному часі, щоб направляти водіїв до доступних паркувальних місць, зменшуючи затори на дорогах і покращуючи якість повітря (Рис. 1.7).



Рис. 1.7 розумну систему паркування

Sharing City: Цюрих Smart City є частиною проекту Sharing City, метою якого є розробка та впровадження розумних міських рішень, які сприяють спільному використанню ресурсів, екологічному транспорту та участі громадян.

Будівництво з урахуванням клімату: Цюрих реалізував кілька ініціатив для просування екологічних методів будівництва, таких як використання енергоефективних будівельних матеріалів і зелених дахів.

Майбутні проекти:

Розумне управління відходами: Цюрих планує запровадити розумну систему управління відходами, яка використовує датчики та аналітику даних для оптимізації збирання та обробки відходів.

Розумне освітлення: Цюріх планує замінити традиційні вуличні ліхтарі на енергозберігаючі світлодіодні лампи, якими можна керувати дистанційно.

Розумне управління гідро ресурсами: Планують запровадити розумну систему управління гідро ресурсами, яка використовує аналіз даних і сенсорні технології для зменшення відходів та оптимізації використання води .

Автоматизований громадський транспорт: Цюріх планує запровадити автономні електробуси у свій парк громадського транспорту, що зменшить викиди та підвищить мобільність.

Загалом стратегія розумного міста націлена на досягнення сталого міського розвитку за допомогою інтегрованого та спільного підходу, використовуючи новітні технології та покращуючи якість життя громадян, одночасно сприяючи економічному зростанню та екологічній стійкості.

Осло

Норвезька столиця розробила та впровадила пілотну програму використання технологічних інновацій, щоб зробити місто більш екологічним та інклюзивним. Європейська комісія присвоїла Осло звання Зеленої столиці Європи 2019, що дало собі засоби для реалізації своїх екологічних амбіцій на ранній стадії. За даними незалежного агентства OFV, столиця Норвегії також є світовим лідером у продажі електромобілів на одиницю населення і планує заборонити продаж автомобілів з двигунами внутрішнього згоряння з 2025 року, щоб досягти своїх амбітних екологічних цілей. Вони передбачають вихід на вуглецево-нейтральний рівень до 2050 року.

Транспорт є ключовою проблемою в місті, на автомобільний транспорт припадає 60% викидів парникових газів. Осло стимулює розгортання автомобілів з нульовим рівнем викидів, скасувавши більшість податків, пропонуючи безкоштовну парковку, зарядні станції та пороми, дозволяючи автобусні смуги – «затори на цих вільних смугах» — це ціна, яку потрібно заплатити за успіх електромобілів.

У 1990-х роках у місті було запроваджено платне кільце Осло. Розгорнута на смугах міста автоматизована система збору плати пропонує пільгові ставки для

транспортних засобів з нульовим рівнем викидів і генерує частину доходу для фінансування транспортних проектів «розумного міста»: громадського транспорту, велосипедної та пішохідної інфраструктури.

Як потужний символ успішного кліматичного обліку міста та зусиль, спрямованих на підвищення добробуту громадян, автомобілі є лише одним з аспектів комплексної політики, заснованої на співпраці між державним сектором і стартапами та реалізованої через серію пілотних проектів.

50 проектів у сфері архітектури та містобудування

Щоб отримати схвалення Futurebuildt, будівельні проекти повинні скоротити викиди CO2 на 50%, забезпечувати справжню міську та архітектурну якість і бути поблизу вузлів громадського транспорту. FutureBuilt є одним із таких аспектів. . 10-річний план передбачає реалізацію 50 проектів будівництва та розвитку мікрорайонів спільними зусиллями приватних та державних партнерів. Ці проекти включають школу Björnsletta, розраховану на 800 учнів і приклад пасивного енергетичного дизайну. Клімат у приміщенні та споживання енергії повністю автоматизовані, а кількість паркувальних місць навмисно зведено до мінімуму, а паркування велосипедів є пріоритетним. Такий самий підхід застосовний до іншої типової будівлі, Gullhaug Torg, яка не має паркувальних місць. 16-поверхова вежа розташована поблизу транспортних вузлів і включає офіси та квартири(Рис. 1.8). Споживання енергії (компенсується виробництвом енергії з відновлюваних джерел) майже дорівнює нулю, що доводить, що будівлі можна опалювати та охолоджувати без використання мережі. Крім того, були ретельно відібрані матеріали та рішення, придатні для вторинної обробки.



Рис. 1.8 Проект "Gullhaug Torg"

Третій флагманський проект схеми, новий музей Мунка, також відповідає критеріям Futurebuilt. Це 12-поверхова будівля, яка, здається, суперечить законам фізики, захищена вентильованою оболонкою з гофрованих перфорованих алюмінієвих панелей (Рис. 1.9). FutureBuilt також охоплює мобільність. Наприклад, конкурс, започаткований у рамках програми байкшерингу Oslo Bysykkel, призвів до створення понад 130 пунктів прокату велосипедів у місті.



Рис. 1.9 Проект новий музей Мунка

Одним із ключових факторів трансформації норвезької столиці є зв'язок між державною владою та приватною ініціативою.

Smart Oslo Accelerator — це інструмент, який забезпечує взаємодію між місцевими консультантами та приватним сектором, особливо стартапами. Організація регулярно проводить конкурс під назвою «Smart Oslo Pitch», який дозволяє підприємцям демонструвати інновації, які можуть покращити повсякденне життя жителів різних регіонів. Серед таких інновацій в Осло – безтраншейна установка водопровідних труб за методами, перевіреними в нафтовій промисловості (Рис. 1.10). Проект коротший і менше заважатиме транспорту та місцевим жителям.

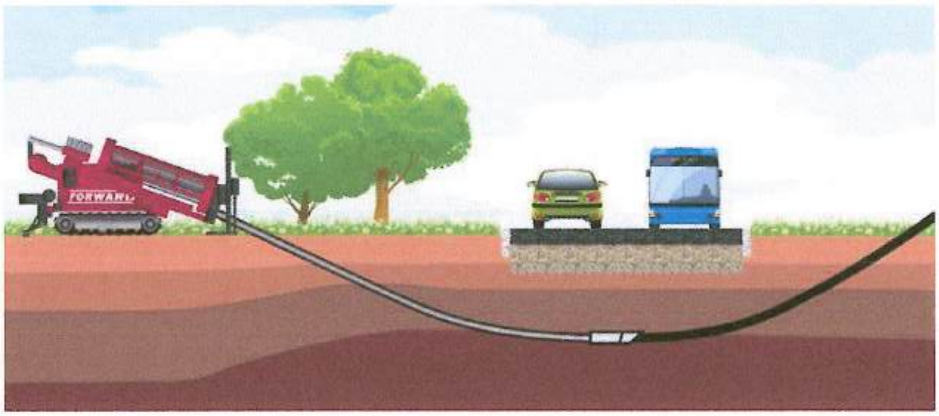


Рис. 1.10 безтраншейна установка водопровідних труб

1.3 Технологія Інтернету речей

1.3.1 Загальна інформація про концепції IoT

Відповідно до ITU (Міжнародного союз електрозв'язку), термін IoT є широким терміном, який можна використовувати для опису будь-чого, що підключено до Інтернету. Однак в останні роки термін IoT все частіше використовується для конкретного опису об'єктів, які можуть «розмовляти» один з одним.

Велика мережа цифрових пристроїв, які спілкуються та взаємодіють один з одним і впливають на наше повсякденне життя. Ці пристрої включають розумні

датчики, обладнання для моніторингу, програми штучного інтелекту та виконавчі механізми, які можуть оцінювати, контролювати та керувати певними аспектами міського життя. Наприклад, дані про погоду можна збирати за допомогою кількох датчиків, а потім використовувати для керування термостатами в громадських будівлях, зменшуючи викиди та економлячи гроші міст.

Немає єдиного визначення Інтернету речей, і різні організації та особи можуть надавати різні визначення. Проте всі погоджуються, що IoT — це «набір технологій, які отримують доступ до даних, зібраних різними пристроями через бездротовий і дротовий Інтернет». З моменту появи концепції «розумних міст» технологія IoT стала ключовою опорою розвитку «розумних міст».

У міру того, як технології розвиваються, і все більше країн запроваджують підключення наступного покоління, технологія IoT продовжуватиме розвиватися та матиме все більший вплив на наше життя. Враховуючи величезний потенціал і можливості в багатьох сферах, таких як міська мобільність, безпека, стійкість, технічне обслуговування, здоров'я та управління, міста повинні розуміти переваги та можливості IoT для розумних міст. Цей складний взаємозв'язок є одним із основних будівельних блоків для розвитку «розумних міст» наступного покоління. Громадяни та уряди будуть пов'язані як ніколи раніше. Завдяки здатності Інтернету змінювати світ, Інтернет речей став одним із найважливіших видів інфраструктури для розумних міст. Завдяки ефективному використанню додатків IoT «розумні міста» тепер можуть оптимізувати використання громадських ресурсів і підвищити якість послуг, одночасно зменшуючи витрати.

Основна мета Smart City IoT – надати людям простий і унікальний доступ до джерел інформації, краще використовувати та оптимізувати контроль руху, водопостачання, електропостачання та обслуговування громадських місць. Інтернет речей важливий для кожного міста.

Прогнозується, що до 2030 року понад 60% населення світу житимуть у містах. Це сміливий прогноз, який може призвести до катастрофи, якщо не вжити належних заходів. Велика популяція потребує великої кількості ресурсів. Жителі

потребують доступу до води, ефективного та екологічно чистого транспорту, чистого повітря, функціональної санітарії та поводження з відходами.

Завдяки ефективному використанню практик «розумного міста» та широкому впровадженню технологій IoT міста майбутнього зможуть ефективно задовольняти потреби своїх жителів. Підключені технології та великі дані можуть створювати розумні рішення. Ці рішення вирішують проблеми, покращують якість життя міських жителів і зменшують споживання ресурсів. Інтернет речей є життєво важливим компонентом, щоб справді розумні міста могли повністю розкрити свій потенціал.

1.3.2 Міжмашинний зв'язок (M2M)

Зв'язок між машинами — це обмін даними між пристроями без втручання людини. Технологія дозволяє пристроям взаємодіяти один з одним і обмінюватися інформацією, яка може бути використана для підвищення ефективності різних систем.

Основними компонентами системи M2M є:

- Датчики (наприклад, датчики RFID)
- Бездротова мережа або стільниковий канал
- Комп'ютер, підключений до Інтернету
- Програмне забезпечення системи обробки даних

Інженери розміщують датчики в стратегічних місцях, звідки вони можуть записувати дані в реальному часі та надсилати їх у бездротову мережу, підключену до Інтернету. Вони можуть використовувати спеціалізоване програмне забезпечення для моніторингу всього процесу шляхом аналізу вхідних даних.

Зв'язок між машинами включає:

- послідовне з'єднання,
- Підключення до лінії живлення (PLC)
- Бездротове підключення в промисловому Інтернеті речей

Найпопулярнішим типом зв'язку M2M, це телеметрія (Рис. 1.11). Ця практика використовується для передачі оперативних даних з підключених пристроїв з початку 2000-х років. Спочатку телефонні лінії, а пізніше радіохвилі використовувалися для передачі вимірювань, отриманих за допомогою моніторингового обладнання у віддалених місцях. Інтернет і вдосконалені стандарти бездротових технологій розширили роль телеметрії від суто наукової, інженерної та виробничої до повсякденного використання таких продуктів, як домашні обігрівачі, лічильники електроенергії та підключені пристрої. Продукти з можливостями зв'язку M2M часто називають «розумними».

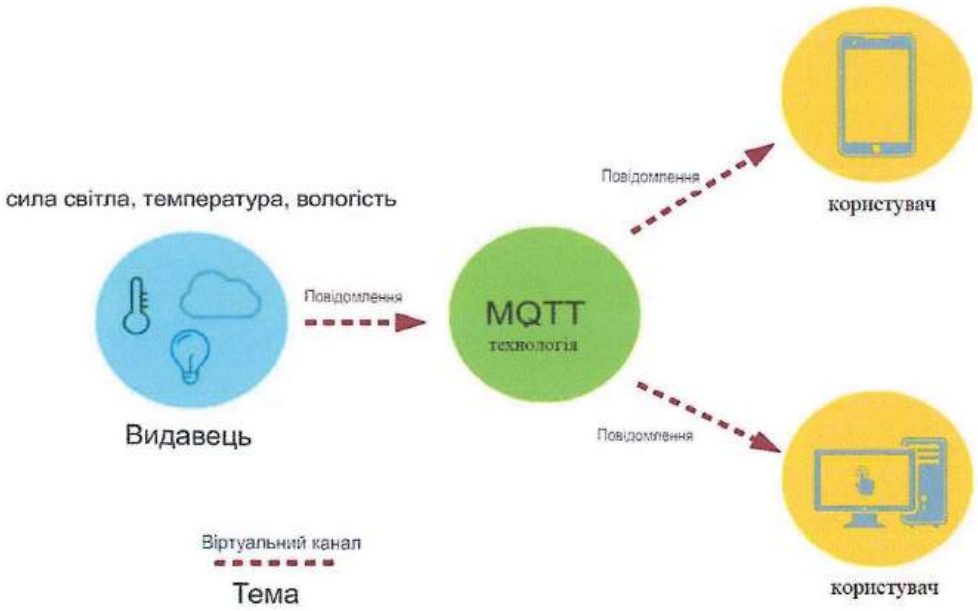


Рис. 1.11 Схема телеметрії

Комунікації M2M доступні через Інтернет речей (IoT), мережу пристроїв, підключених до Інтернету та здатних взаємодіяти один з одним. У розумних містах пристрої IoT можна використовувати для моніторингу та керування різними системами, включаючи світлофори, вуличні ліхтарі та громадський транспорт.

Охорона здоров'я є важливою сферою застосування технології M2M. Інтернет речей в охороні здоров'я представлений у багатьох формах, включаючи електронне здоров'я, мобільне здоров'я, телемедицину та послуги догляду за дітьми. Пацієнти з небезпечними для життя станами можуть бути оснащені датчиками, які контролюють артеріальний тиск або рівень цукру в крові. Інші

підключені пристрої можуть відстежувати діяльність людини, визначати, коли вона погана, і сповіщати медичних працівників про її стан. Їх можна відправити додому та контролювати дистанційно медичним персоналом, який зможе інтерпретувати дані. Таким чином лікарні отримають вигоду від звільнення лікарняних ліжок, а лікарі зможуть присвятити свій час більш невідкладним випадкам.

Зв'язок між машинами має багато переваг для розумних міст, зокрема:

1. Підвищення ефективності: комунікації M2M дозволяють пристроям взаємодіяти між собою і обмінюватися інформацією, яка може бути використана для оптимізації різних систем і підвищення їх ефективності.
2. Економія коштів: завдяки оптимізації різних систем «розумні міста» можуть заощадити такі витрати, як енергопостачання та обслуговування.
3. Покращення громадської безпеки: пристрої IoT можна використовувати для моніторингу та керування різними системами, включаючи світлофори та громадський транспорт, що може покращити громадську безпеку.
4. Покращена якість життя: завдяки підвищенню ефективності різних систем «розумні міста» можуть покращити якість життя своїх громадян.

M2M роздрібна торгівля є чудовою сферою для розвитку технологій M2M, які використовуються для розміщення та заміни товарів у магазинах, кіосків та цифрових вивісок, керування торговими автоматами, паркоматами та системами бездротових платежів. Є багато причин, чому розумне виробництво є хорошою ідеєю. Цифрові системи керування, управління активами та інтелектуальні датчики можуть підвищити ефективність, безпеку та надійність роботи, тоді як інтеграція з розумним будинком та системами розумної мережі може оптимізувати споживання енергії та зменшити викиди вуглецю. Тому промисловість покладається на технологію, яка забезпечує належне управління витратами та ефективне виконання процесу. Чим розумніший виробничий процес, тим швидше він може реагувати на мінливі вимоги споживачів.

У нову еру енергоефективності автоматизація також швидко стане нормою. Оскільки енергетичні компанії шукають нові способи автоматизації процесів обліку, M2M відповідатиме вимогам. Це допоможе автоматично збирати дані про

споживання енергії для точного виставлення рахунків клієнтам. Розумні лічильники відстежуватимуть, скільки енергії використовує компанія, і автоматично повідомлятимуть енергетичну компанію

M2M відноситься до реальної екосистеми підключених пристроїв.

Вона підключає пристрої до хмари, керує ними та використовує дані. Зв'язок M2M зазвичай використовує дві кінцеві точки (пристрої), які використовують апаратне забезпечення для надання доступу до різних типів мереж. Вони застосовують ті самі мережеві протоколи IP, які зазвичай використовуються для обміну трафіком даних в Інтернеті.

Майбутнє міжмашинного зв'язку в розумних містах світле. А так як технології продовжують розвиватися, ми можемо очікувати, що більш досконалі пристрої IoT взаємодіятимуть один з одним і обмінюватимуться більше інформацією. Також одним із ключових трендів у майбутньому комунікацій M2M є використання штучного інтелекту (AI) і машинного навчання (ML). Ці технології можна використовувати для аналізу даних, зібраних пристроями IoT, і прийняття розумних рішень на основі цих даних. Ще один тренд у майбутньому комунікацій M2M – це використання технології блокчейн. Його можна використовувати задля створення безпечних децентралізованих мереж, які дозволяють пристроям взаємодіяти між собою без центрального органу влади.

1.3.3 Система RFID

RFID — це засіб надання Інтернету речей із можливістю бездротової ідентифікації та відстеження об'єктів і людей за допомогою радіочастотних сигналів. З технічної точки зору RFID — це технологія AIDC, яка використовує RFID-мітки, зчитувачі RFID та антени для автоматичної ідентифікації та віддаленого збору даних. Якщо актив має тег RFID, його можна відстежувати за допомогою зчитувача RFID. Мітки RFID надсилають закодовані дані за допомогою радіочастотних сигналів на зчитувач RFID у межах діапазону для декодування

кінцевим користувачем. Таким чином досягається ідентифікація та відстеження RFID. Системи RFID можуть бути активними RFID, пасивними RFID або напівактивними RFID, залежно від джерела живлення RFID або його відсутності. Можна сказати, що хоча система RFID є технологією малого радіусу дії, вона дуже ефективна завдяки високій швидкості зчитування та великій відстані бездротової передачі даних.

Роль технології RFID в «розумних містах»

Розумні міста покращують рівень життя, поєднуючи інтуїтивно зрозумілі та інтелектуальні компоненти в унікальну архітектуру. Вбудовування цифрових даних у фізичні об'єкти перетворює звичайні об'єкти на розумні продукти, а за допомогою впровадження цих розумних цифрових продуктів можна легше виконувати повсякденну діяльність. Трансформація від нерозумних продуктів до інтелектуальної архітектури може бути завершена за допомогою технології RFID. Ці програми можуть допомогти людям робити все розумно, включаючи паркування, екстрене відстеження, виявлення крадіжок, медичні установи тощо. Нижче наведено приклади застосування технології RFID у повсякденному житті.

Застосування технології RFID для захисту від крадіжок

Розумні міста завжди захищені, оскільки в них низький рівень крадіжок. Роль технології RFID у «розумних містах», торгових центрах, ресторанах, роздрібних магазинах допомагає владі якомога швидше ідентифікувати активи та осіб. Наприклад, ці системи RFID забезпечують візуалізацію в режимі реального часу на картах об'єктів для перевірки пересування людей та їхніх речей. Таким чином співробітники служби безпеки зможуть відстежувати пересування злодіїв і визначати місцезнаходження вкрадених речей, тобто в сумках, куртках, кишенях, під шапками або набитими шкарпетками.

RFID для відстеження жертв

Сьогодні одним із головних завдань є пошук постраждалих після стихійних лих. Приклади включають урагани, землетруси, торнадо. Роль технології RFID у розумних містах, наприклад, використовує мітки RFID, прикріплені до об'єктів, для зберігання інформації за допомогою унікальних ідентифікаційних кодів. Отже,

зчитувач RFID зчитує данну інформацію. Ці зчитувачі випромінюють електромагнітні хвилі для виявлення міток. Потім інформація відображається рятувальним командам, підрозділам управління кризовими ситуаціями або екстреному персоналу.

Застосування RFID в управлінні паркуванням

Оскільки мільйони транспортних засобів пересуваються з одного місця в інше, важко відстежувати діяльність кожного транспортного засобу без розумного контролю. Роль технології RFID у «розумних містах», таких як системи паркування RFID, полягає у призначенні інтелектуального керування паркуванням для окремих виїздів або кількох зчитувачів виходів (Рис. 1.12). Немає необхідності ні в присутності паркувальника, ні в будь-якому втручанні людини, оскільки водії не дістають свої ідентифікаційні картки під час входу або виходу. Крім того, ворота оснащені вбудованим радіочастотним зчитувачем, який може ідентифікувати маркування лобового скла автомобіля з відстані 2-3 метра.

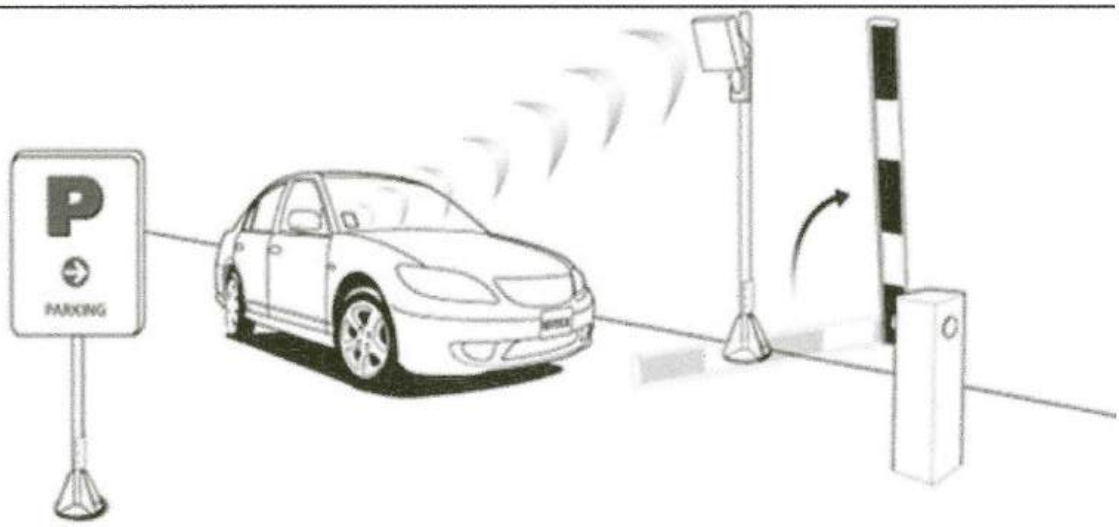


Рис. 1.12 Керування паркуванням за допомогою RFID

Застосування RFID в медичній сфері

Крім того, галузь охорони здоров'я може отримати значну користь від технології RFID. Оскільки це дозволяє перевірити, відстежити та ідентифікувати будь-що в будь-який час. Останнім часом зчитувачі та датчики RFID використовуються в цифровому діапазоні виробництва годинників. Чіпи RFID у

цих діапазонах дозволять медсестрам планувати повсякденне життя своїх пацієнтів. Наприклад, час їсти, час займатися спортом або час приймати ліки.

Застосування RFID в інтелектуальному транспорті

Розумний транспорт є основною потребою для будь-якого проекту розвитку розумного міста, і RFID може допомогти в цьому. RFID можна використовувати для моніторингу дорожньої та транспортної інфраструктури в місті та її розвитку за допомогою глобальних мережевих технологій, таких як LoRaWAN, NB-IoT та інших (Рис. 1.13). Він також може надавати детальні звіти про стан такої інфраструктури, відстежуючи гарячі точки трафіку та збираючи різні записи, такі як ремонт і технічне обслуговування.

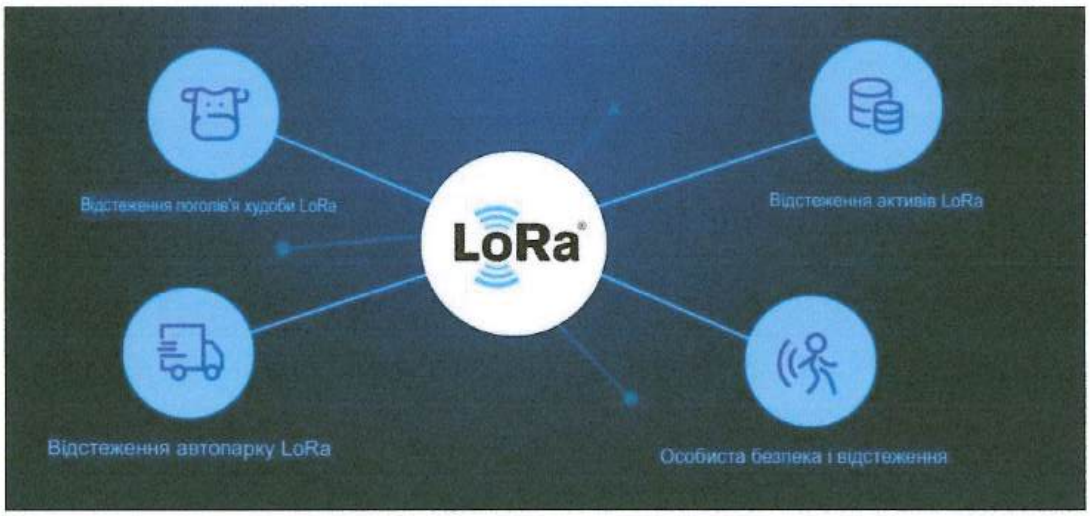


Рис 1.13 Варіанти використання технології LORA

Розумний транспорт також означає зручність для людей під час подорожей. Використовуючи RFID, можна контролювати потік трафіку в різних вузьких місцях і вживати заходів для усунення таких проблемних точок.

Застосування RFID в розумній медичній сфері

Однією з найважливіших особливостей інтелектуальної охорони здоров'я є наявність і видимість медичних установ і медичних працівників на місці. RFID може легко покращити це. Використовуючи RFID, також можна здійснювати особисте відстеження, безпечний контроль доступу та відстеження інструментів, а також відстежувати пацієнтів і кисневі балони, а також ліжка у відділеннях

інтенсивної терапії. Пацієнти можуть отримати медичні картки RFID, щоб забезпечити безперешкодний доступ до медичних послуг.

RFID в послугах державного управління

У будь-якому розумному місті найважливішим є те, наскільки добре працює державне управління. Різні служби державного управління можна оптимізувати за допомогою RFID і забезпечити легкий доступ до цих послуг. RFID можна використовувати для покращення різноманітних громадських послуг, таких як громадські туалети, вуличне освітлення, туристичні пам'ятки, заходи, спортивні події та концерти.

RFID в розумних комунальних послугах у розумних містах

Розумні комунальні послуги означають безперебійні комунальні послуги, будь то вода, електроенергія чи газ у розумних містах. Використовуючи RFID, ці послуги можна точно відстежувати, вимірювати та виставляти рахунки, усуваючи непотрібні перерви в обслуговуванні та незручності.

На закінчення наразі «розумні міста» є парадигмою майбутнього, яка буде трансформуватися. Навіть змінюючи життя громадян, не повертаючись назад. У цих містах наступного покоління все буде пов'язано, універсально, цифрово, зручно для користувачів і спрощено. Однак, навіть якщо переважає ідея фіксованого майбутнього, все трохи мінливіше. Роль технології RFID в «розумних містах» також є одним із найцікавіших інструментів у промисловості та логістиці. Це нова система для підвищення ефективності процесів ланцюга поставок.

1.4 Використання хмарних технологій в Інтернеті речей

Інтернет речей (IoT) використовує служби хмарних обчислень для збору й обробки даних від пристроїв IoT, а також для дистанційного керування пристроями. Масштабованість хмарних платформ IoT забезпечує обробку величезних обсягів даних, а також використовувати штучний інтелект (AI) і аналітичні можливості.

Cloud IoT — це технологічна архітектура, яка підключає пристрої IoT до серверів, розташованих у хмарних центрах обробки даних. Це дозволяє аналізувати дані у реальному часі, забезпечуючи більш ефективне прийняття рішень на основі інформації, оптимізацію та зниження ризиків. Хмарний IoT також спрощує масштабне керування підключеними пристроями.

1. Сховище даних: хмара збирає дані IoT, створені тисячами або мільйонами датчиків IoT, при цьому дані зберігаються та обробляються в централізованому місці. В інших типах архітектур IoT дані можуть зберігатися та оброблятися локально.
2. Масштабованість: Cloud IoT має високу масштабованість, оскільки хмарна інфраструктура (сховище, обчислювальні ресурси та мережеві ресурси) може легко обслуговувати тисячі пристроїв і обробляти їхні дані у великих системах
3. Гнучкість: Cloud IoT забезпечує високу гнучкість, оскільки дозволяє додавати або видаляти пристрої за потреби без переналаштування всієї системи
4. Обслуговування: у хмарному IoT сервери та мережеве обладнання обслуговуються постачальником хмарних послуг (CSP). В інших типах архітектур IoT відповідальність за обслуговування може лежати на кінцевому користувачі
5. Вартість: Cloud IoT є економічно ефективним у довгостроковій перспективі, оскільки користувачі платять лише за ресурси, які вони споживають по факту, без необхідності інвестувати заздалегідь у власні дорогі обчислювальні, сховища та мережеву інфраструктуру. Cloud IoT об'єднує пристрої IoT, що застосовують протоколи зв'язку, такі як MQTT і HTTP, а також дротові та бездротові мережі для збору та передачі даних на хмарні сервери. Цими пристроями IoT можна керувати віддалено та інтегрувати їх з іншими хмарними службами. Дані IoT надходять звідусіль, включаючи датчики, виконавчі механізми, операційні системи, мобільні пристрої,

автономні програми та аналітичні системи. Завдяки використанню хмари величезні обсяги даних IoT можна зберігати та обробляти в одному центрі.

Хмарні системи IoT зазвичай включають такі елементи:

Пристрої IoT: фізичні пристрої, такі як виконавчі механізми і датчики, які генерують і передають дані в хмару. Підключення: протоколи та стандарти зв'язку, які застосовують задля пристроїв IoT що підключенні до хмари.
Прикладами протоколів є HTTP і MQTT, а прикладами стандартів - 4G/ LTE, 5G, Wi-Fi, Zigbee та LoRa (long range). Хмарна платформа: постачальник хмарних послуг (CSP), який надає інфраструктуру та послуги для підключення засобів Інтернету речей. Приклади включають AWS IoT і Azure IoT.

Сховище даних: хмарне збереження даних, згенерованих пристроями Інтернету речей, які можуть зберігатися в сховищі, такому як база даних чи сховище даних.

Прикладний рівень або API: хмарні платформи IoT зазвичай пропонують рідні програми (для аналітики, машинного навчання (ML) і візуалізації) або (API) інтерфейси прикладного програмування. Як правило, програми надають можливість керувати пристроями IoT і контролювати їх для навчання, оновлення програмного забезпечення і усунення поломок.

Безпека: заходи, вжиті для захисту даних і пристроїв IoT, наприклад шифрування, автентифікація та контроль доступу. Хмарні платформи надають набір можливостей, які дозволяють пристроям Інтернету речей взаємодіяти з хмарними службами, іншими програмами та навіть іншими пристроями IoT. У цих хмарних платформах користувачам дозволено централізовано підключати, керувати, контролювати та контролювати пристрої IoT. Крім того, хмара забезпечує такі послуги, як масштабоване сховище, підключення пристроїв, аналітика та звітність, а також керування ідентифікацією та доступом (IAM) в IoT.

Хмарні платформи IoT надають масштабовані служби зберігання об'єктів, такі як Amazon Simple Storage Service (Amazon S3), що дозволяє організаціям легко збільшувати або зменшувати свої потреби в сховищі даних. Такий тип гнучкості є

вигідним для додатків IoT, оскільки вони часто генерують великі обсяги неструктурованих даних і потребують можливості зберігати цю інформацію, не впливаючи на продуктивність пристрою. Хмарні платформи IoT забезпечують прості, надійні та безпечні з'єднання в масштабі між фізичними пристроями IoT і хмарними службами. У свою чергу організації можуть підключати тисячі або мільйони пристроїв IoT до хмари без необхідності налаштовувати або керувати необхідними серверами та мережевим обладнанням. Крім того, хмарні платформи IoT оснащені потужними аналітичними можливостями, які в поєднанні з обчислювальними ресурсами дозволяють організаціям отримувати інформацію в реальному часі про великі набори даних, створені пристроями IoT. За допомогою складних алгоритмів, таких як прогнозне моделювання, статистичний аналіз і машинне навчання (ML), дані з пристроїв IoT можна використовувати для підвищення ефективності та прийняття кращих, більш обґрунтованих рішень. Крім того, дані з пристроїв IoT можна поєднувати з іншими пов'язаними даними, що зберігаються в хмарі, щоб надавати організаціям значущу інформацію. Крім того, вбудовані можливості звітування даних, надані хмарними службами, дозволяють організаціям створювати корисні звіти на основі зібраних даних IoT.

Дані які створені пристроями IoT, можуть бути захищені в хмарі за допомогою Identity and Access Management (IAM), служби автентифікації та авторизації. IAM дозволяє організаціям надавати або забороняти доступ до хмарних служб і ресурсів великій кількості користувачів із різними потребами доступу. З огляду на те, що великі обсяги даних IoT надсилаються в хмару, деталізація елементів керування IAM дозволяє організаціям відповідати вимогам безпеки та нормам, необхідним для зберігання та доступу до конфіденційної інформації.

2 СТРУКТУРА КОНЦЕПЦІЇ «SMART CITY»

2.1 Кібербезпека як основа в концепції «Smart City»

Розумні міста можуть залишатися «розумними» та «безпечними», лише якщо вони готові протистояти загрозам кібербезпеки. Нижче наведено основні проблеми кібербезпеки, з якими стикаються розумне місто. Тип і кількість пристроїв: розумні міста спираються на складні та взаємозалежні мережі пристроїв, платформ, систем і користувачів. За оцінками експертів, до кінця 2023 року чисельність підключених пристроїв досягне 16,7 млрд. Багато з них можуть перебувати в неперевіреному стані, що ставить під загрозу системи керування інформацією. З'єднання, комунікації та вразливі місця в безпеці: за прогнозами експертів, до 2027 року мережі розумних міст у всьому світі матимуть приблизно 29 мільярдів підключень. Можливо, не всі технології можуть вирішити проблеми цифрової безпеки та безпеки зв'язку. Удосконалення комунікацій може зменшити витрати на смугу пропускання та затримку та покращити покриття, але вони також можуть бути вразливими до атак. Рішення проблем конфіденційності та прозорості даних мешканців: Розумним містам доведеться мати справу з величезними обсягами персональних даних громадян і великою кількістю персональних даних, отриманих із веб-камер, систем відеоспостереження, розпізнавання обличь, IVR (інтерактивна голосова відповідь). голосова відповідь) та інші подібні системи. Тому «розумні міста» повинні запроваджувати відповідні засоби контролю, які стосуються не лише технічних аспектів, а й регуляторних питань.

Потрібна ефективна обробка та аналіз даних. Дані, пов'язані з ключовими послугами екосистеми розумного міста, такими як розпізнавання обличь, транспортні системи тощо, мають бути пріоритетними, проаналізованими та обробленими в режимі реального часу. Особливо дані інфраструктурних служб, таких як парковки, тунелі відеоспостереження, станції зарядки електромобілів тощо. Якщо їх не класифікувати та не захистити належним чином, вони можуть

бути вразливими до кібератак. Розумні міста повинні бути готові до боротьби з ризиками кібербезпеки. Конвергенція кібер і фізичного світів, взаємодія між старими та новими системами, а також інтеграція різних типів міських послуг і технологічної інфраструктури, ймовірно, будуть основними факторами, що впливають на ризики кібербезпеки в екосистемах розумних міст. Ось кілька сценаріїв, пов'язаних із ризиками кібербезпеки, до яких слід бути готовими «розумним містам». Порушення та втрата даних Інформаційні системи погано оснащені та вразливі до кібератак, що призводить до витоку даних. Зламані дані можуть включати ідентифікаційну інформацію (PII) і захищену інформацію про здоров'я (PHI), що спричиняє катастрофічні наслідки. «Розумні міста» повинні бути готові до кіберзагроз, які можуть вплинути на конфіденційність, доступність, цілісність, безпеку та відмовостійкість інформаційних активів і призвести до широкомасштабних кібератак. Ризики, пов'язані з системами безпеки та відеоспостереження: розумні міста та технології безпеки йдуть пліч о пліч.

Однак, навіть якщо у вас є найкращий технічний контроль, погано навчений персонал і неточні процеси можуть бути ризикованими та призвести до кібератак. Дослідження експертів показало, що «системи екстреного сповіщення та безпеки» були найбільш уразливими до кібератак і були оцінені як системи, які, швидше за все, матимуть значний вплив у разі кібератаки.

Ризики, пов'язані зі складними мережевими взаємозв'язками: складні взаємозв'язки загальнодоступних і приватних мереж та інших інформаційних систем можуть спричинити проблеми. Без належної політики та структур кібербезпеки проблеми в одній зоні обслуговування можуть поширитися на інші зони обслуговування.

Згідно з недавнім експертним дослідженням, громадські мережі Wi-Fi становлять найбільшу загрозу екосистемам розумних міст. Інші кібератаки: зловмисники є найпотужнішою кіберзагрозою у світі. Інші відомі небезпеки включають атаки DDoS, атаки MITM, фішинг, атаки на ланцюги поставок тощо. Розумні міста є важливою мішенню для державних установ і комерційних хакерів, а відсутність узгодженої стратегії кібербезпеки робить їх легкою мішенню в

передових технологічних середовищах, де сумісність і безпека не завжди узгоджені. Як захистити розумні міста від загроз кібербезпеці, з якими вони стикаються. Необхідно ідентифікувати порти, які викликають збільшення трафіку, і принаймні вони мають бути безпечними. Забезпечте виконання правил кібербезпеки розумного міста та чіткість меж.

Підвищення якості технічного персоналу та експертів «розумного міста».

Використовуйте штучний інтелект для запобігання кіберзагрозам.

Вжиття відповідних запобіжних заходів — найкращий спосіб запобігти кібератакам. Розумні міста можуть мінімізувати кіберризики шляхом впровадження найкращих практик кібербезпеки. Ці підходи вимагають активної співпраці між планувальниками розумних міст, місцевою владою, громадськістю та постачальниками послуг кібербезпеки. Розробіть стратегію та структуру кібербезпеки для конкретного міста. В ідеалі ідеальним рішенням було б створити комплексну структуру кібербезпеки шляхом залучення професійних сторонніх експертів з кібербезпеки для управління ризиками та розробки довгострокових стратегій для вирішення майбутніх проблем кібербезпеки, таких як які виникають завдяки появі квантових обчислень. Симуляція кібератак, імітація використання вразливостей і перевірка готовності оператора можуть підвищити готовність і допомогти забезпечити неприступність систем безпеки. Створюйте державно-приватні партнерства та комунікації: місцеві та національні органи влади повинні працювати разом, відкинути політичні розбіжності та забезпечити відповідну комунікацію із зацікавленими сторонами для вирішення проблем кібербезпеки. Належне залучення зацікавлених сторін може підвищити відповідальність за усунення кіберуразливостей і покращити загальну безпеку.

Зосередження на критичній інфраструктурі: розумні міста повинні посилити критичну інформаційну інфраструктуру (CII), включаючи автомагістралі, тунелі, мости, залізниці, комунальні послуги, будівлі, транспорт, чисту воду, електроенергію тощо. Зосередження уваги на цих аспектах і усунення вразливостей має бути пріоритетом для розробників і зацікавлених сторін.

Належна освіта та обізнаність у сфері кібербезпеки: Розумні міста не слід включати в технологічний арсенал без навчання та навчання зацікавлених сторін, головним чином громадян. Крім того, краще почати з меншого POC (підтвердження концепції) і перевірити, чи зможе він витримати кібератаки, ніж безпосередньо налагоджувати велику систему. Стійкість до кібербезпеки: дедалі більша залежність від інтелектуальних технологій може призвести до одновимірного погляду на речі та призвести до того, що вони стануть нефункціональними за відсутності технологій. Таким чином, у «розумному місті» повинні бути передбачені альтернативні рішення для усунення будь-якого інциденту кібербезпеки, коли б він не стався. Відмовостійкість має бути частиною дизайну, а технологічні рішення повинні мати можливість надавати критичні послуги мешканцям навіть у разі стихійного лиха.

2.2 Обладнання для збору даних

Методи збору даних використовують датчики для моніторингу функціональності пристроїв IoT. Датчики накопичують дані і передають їх у реальному часі, які є легкодоступними. Таким чином, збір даних IoT допомагає контролювати працездатність мереж IoT. Збір даних в Інтернеті речей включає кілька етапів:

Датчики та пристрої: збирає дані з навколишнього середовища. Ці датчики можуть вимірювати різні параметри, такі як вологість, температура, тиск, інтенсивність світла, рух, звук тощо.

Передача даних: зазвичай це здійснюється протоколами зв'язку, таких мереж як (3G, 4G, 5G), LoRaWAN, Wi-Fi, Bluetooth або навіть дротових з'єднань, як Ethernet.

Шлюзи: вони діють як посередники між пристроями та центральною хмарою або сервером. Вони збирають дані з кількох пристроїв, виконують попередню обробку або фільтрацію, якщо необхідно, а потім передають дані в хмару.

Хмарна платформа це централізоване сховище для зберігання та керування даними.

Зберігання даних: дані зберігаються в базах даних або інших системах зберігання у формі неструктурованих, напівструктурованих і структурованих даних.

Аналіз та обробка даних: це може включати обробку в реальному часі для отримання суттєвої інформації та тенденцій.

Граничні обчислення: це передбачається обробка даних ближче до джерела на межі мережі, щоб зменшити затримку та покращити виконання рішень у реальному часі.

Системи збору даних IoT працюють відповідно до кількох правил, щоб забезпечити належну продуктивність (Рис. 2.1). Таким чином, основними принципами збору даних IoT є:

- Масштабованість – системи збору даних IoT повинні бути масштабованими, щоб збирати та зберігати масивні обсяги даних.
- Безпека – для систем збору даних на основі Інтернету речей безпека має вирішальне значення для запобігання витоку та зловживання даними.
- Сумісність - допомагає збирати дані з різних пристроїв.
- Адаптивність – системи збору даних мають мати можливість адаптуватися до отримання різних типів даних і реагувати на зміну потреб.

Спосіб збору та зберігання даних IoT залежить від вимог конкретного випадку використання. Однак це більше, ніж просто метод збору даних.

Це тому, що вони мають відповідати вимогам щодо точності даних, енергоефективності, конфіденційності та часу відгуку.

Методи збору даних IoT можуть відрізнятися залежно від:

1. Метод вимагає точності.
2. Методи, що вимагають більшої конфіденційності.
3. Збір даних IoT на основі попиту на енергію.
4. Використовуйте різні методи відповідно до терміновості ситуації.

Збір даних із додатків IoT може надавати значущу інформацію в режимі реального часу. Крім того, це полегшує прийняття бізнес-рішень. Після вирішення відповідних проблем підприємства можуть заощадити кошти. Крім того, вони

можуть підвищити ефективність і задоволеність клієнтів. Тому будь-який бізнес може отримати конкурентну перевагу. Збір даних IoT є основою будь-якої системи IoT.

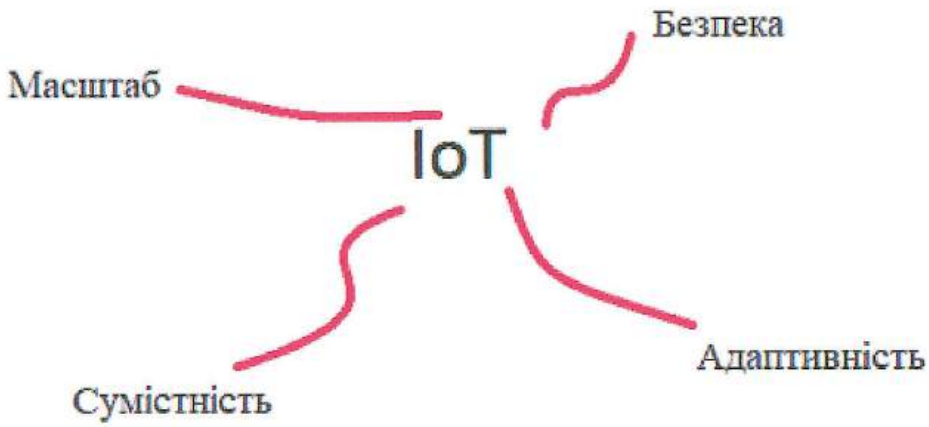


Рис. 2.1 - Основні принципи збору даних IoT

2.2.1 Розумні датчики IoT

Розумний датчик — це пристрій, що отримує вхідні дані від навколишнього середовища та використовує встроєні обчислювальні ресурси щоб виконувати визначені функції, коли виявляються певні вхідні дані, а потім обробляє дані перед передачею. Розумні датчики забезпечують більш точний і автоматизований збір даних про навколишнє середовище з мінімальною кількістю помилок, що перешкоджають точно записаній інформації. Ці пристрої використовуються для моніторингу та керування механізмами в різноманітних середовищах, включаючи інтелектуальні мережі, розвідку на полі бою, геологічну розвідку та багато наукових застосувань.

Розумні датчики мають розумні функції та деяку електроніку, яка має:

- Перетворення даних
- Двосторонній зв'язок
- Прийняти рішення
- Виконувати логічні операції

Розумні датчики визначають вимірювану величину, яка є кількістю, якістю або умовою, що підлягає вимірюванню. Стан сигналу та блок зберігання даних містить аналого-цифровий перетворювач перед передачею сигналу мікропроцесору або мікроконтролеру, перетворенням його в цифрову форму, збереженням у своїй пам'яті та виконанням подальшої обробки, такої як агрегація, перевірка помилок. Розумні датчики виконують декілька основних функцій.

Вимірювання

Кожен датчик має базові можливості вимірювання, включаючи виявлення фізичних сигналів і перетворення їх в електричні сигнали. Якщо вбудований датчик, сигнал також проходить певну обробку. Компенсація корекції є однією з додаткових функцій розумних датчиків.

Приклад компенсації корекції: зміщення та посилення – це два параметри датчика, які зазвичай регулюються під час виробничого циклу, тоді як калібрування виконується під час заводського виконання на основі наступні параметри: Це зсув і корекція посилення. Ці модифікації часто змінюються з часом з різних причин, що вимагає повторного калібрування приладу. Розумні датчики можуть самостійно калібруватися, оскільки вони можуть зберігати функції корекції в пам'яті, а процесор може час від часу запитувати компенсацію.

Діагностика - це властива інтелектуальному датчику здатність визначати, чи він функціонує належним чином. Тому складність систем IoT продовжує зростати, несправні компоненти необхідно виявляти якомога швидше.

Конфігурація

Технічні, функціональні та робочі конфігурації включають активну підтримку встановлення - датчики зможуть попередити про помилки вирівнювання або встановлення.

Встановлення режиму роботи. В залежності від навколишнього середовища датчик може бути налаштований на різні режими, такі як режим низької потужності, конфігурація розпізнавання несправностей, відповідь.

Використовуючи набір пристроїв/схем керування, вбудованих у датчик, функція верифікації може надавати такі послуги, як постійний моніторинг поведінки

розумних датчиків. Результати контролю можна періодично оновлювати, зберігати в базі даних (наприклад, FIFO або флеш-пам'ять) і робити доступними для обслуговування. Він надає базові діагностичні послуги, дозволяючи користувачам виявляти помилки, коли вони виявляються.

Інформація

Іншим ключовим аспектом є можливість зв'язку інтелектуальних датчиків, тобто можливість дуплексного зв'язку від датчика до головного мікропроцесора або мікроконтролера. Розумні датчики оброблятимуть різні швидкості передачі даних і включають системи для синхронізації обміну даними між датчиком і мікроконтролером. Промислові інтелектуальні датчики оснащені механізмом plug-and-play, подібним до системи шини CAN, і їх можна легко підключати та відключати. Вони також включають процес ідентифікації власних ідентифікаційних даних в Інтернеті.

Індикатор несправності — встановлений на з'єднанні повітряної лінії електропередачі, передає дані вимірювання температури та струму в лінії електропередач через бездротову мережу до встановленого в стійці концентратора термінального блоку. Хаб використовує модем GSM для передачі даних по стільниковій мережі, передаючи інформацію в режимі реального часу на головну станцію. Майстер також може контролювати та запускати діагностику індикаторів несправностей через той самий канал передачі даних.

Постійне підключення до головної станції має ряд переваг. По-перше, несправності можна контролювати дистанційно, а не шукати несправності на місці. Розумні індикатори несправностей також можуть постійно контролювати температуру та струм, щоб контролер головної станції розумів стан розподільної мережі в режимі реального часу. У результаті постачальники електроенергії можуть швидко визначити місця несправності, мінімізувати час простою та вжити заходів ще до того, як станеться збій. Персонал головної станції може діагностувати індикатор несправності через необхідні проміжки часу, щоб забезпечити його правильну роботу.

Завдяки інтеграції чутливих елементів MEMS і обчислювальних компонентів CMOS на одній підкладці розумні датчики можуть бути реалізовані в невеликих недорогих пакетах, які можна вбудовувати в програми з обмеженим простором і стійкі до умов навколишнього середовища.

2.2.2 Датчик MEMS

Повна назва MEMS - мікроелектромеханічна система. Данна системи відносяться до мікропристроїв або систем масового виробництва, які поєднують мікромеханізми, мікросенсори, мікродрайвери, схеми обробки сигналів і керування, інтерфейси, комунікації та джерела живлення на одній або кількох мікросхемах. Датчики MEMS — це нові датчики, виготовлені за допомогою мікроелектроніки та мікромеханічної технології. MEMS — це вдосконалена виробнича технологія, розроблена на основі технології виробництва напівпровідників із використанням традиційних напівпровідникових технологій і матеріалів. MEMS в основному включає мікромеханічну технологію, електроніку, теорію акустики чи механіки твердого тіла, теорію теплового потоку, матеріалознавство, хімію, фізику, біологію, медицину тощо. За пів століття розвитку вона стала однією з найбільших наукових і технологічних галузей, що привертає увагу світу. Матеріали на основі кремнію. Більшість вихідних матеріалів для інтегральних схем MEMS – це кремній (Si), який у великих кількостях можна отримати з діоксиду кремнію. Матеріал в основному виготовлений із кремнію та має чудові електричні властивості. За міцністю і твердістю кремнієві матеріали еквівалентні залізу, щільність — алюмінію, а теплопровідність — молібдену та вольфраму. Якщо чіп датчика MEMS має площу 5 × 5 мм, приблизно 1000 гіроскопів MEMS можна вирізати з 20 см в діаметрі пластини, і вартість кожного чіпа може бути значно знижена. Некремнієві матеріали: Останніми роками використання матеріалів MEMS було поступово замінено некремнієвими матеріалами. Академічні дослідники зараз зосереджені на розробці полімерних і паперових мікропристроїв. Пристрої, розроблені з використанням цих матеріалів,

не тільки екологічні, але також прості та дешеві у виготовленні. Вони можуть значно скоротити бюджети на дослідження та розробки порівняно з кремнієвими матеріалами. Багато інновацій у полімерних і паперових мікропристроях спрямовані на медичне застосування. У цій галузі основними вимогами є гнучкість матеріалів і біосумісність.

Розробка функціональних і продуктивних характеристик паперових і полімерних мікропристроїв все ще знаходиться на відносно ранній стадії, а виробничі можливості для таких пристроїв ще не розроблені. Новим технологіям може знадобитися більше 10 років, щоб досягти зрілості та бути комерціалізованими.

Технологія MEMS використовується для виготовлення датчиків, приводів або мікроструктур і має характеристики мініатюризації, інтеграції, інтелекту, низької вартості, високої ефективності, масового виробництва та високої продуктивності. Технологія MEMS дозволяє створювати десятки тисяч мікросхем MEMS на одній пластині (Рис. 2.2). Пакетний процес тепер повністю автоматизований, усуваючи людський елемент і забезпечуючи жорсткий контроль допусків процесу між кожним чіпом MEMS, що підвищує продуктивність. Після розрізання та упаковки вони один за одним перетворюються на мікросхеми MEMS. Зовнішній вигляд більшості мікросхем MEMS та інтегральних схем схожі.

Таким чином, мікронні розміри елементів дозволяють MEMS-датчикам виконувати функції, які не можуть виконувати традиційні механічні датчики. Це головна перевага мікро датчиків які поступово витіснять традиційні механічні датчики. Широко використовується в IoT побутовій електроніці, автомобільній промисловості, машинобудуванні, медицині та інших галузях. Поширені продукти включають датчики тиску, гіроскопи, акселерометри, та каталітичні датчики.

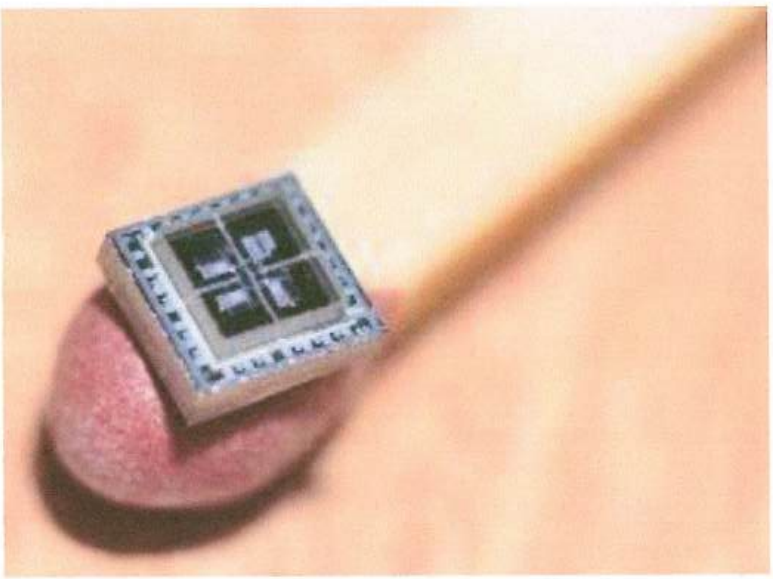


Рис. 2.2 Приклад розміру технології MEMS

2.2.3 Фотоелектричний датчик

Фотоелектричний датчик - це оптичний датчик, що складається з джерела світла, приймача світла, обробки вихідного сигналу та схеми керування. Вони можуть виявляти наявність предметів, а іноді навіть стан поверхонь. Коли випромінюване світло блокується сусідніми об'єктами, приймач світла виявляє зміну та вмикає або вимикає вихід датчика. Деякі датчики наближення навіть здатні визначати відстань до об'єкта.

Робота фотоелектричних датчиків базується на основних властивостях світла: інтенсивності, напрямку поширення, частоті та поляризації. Вони можуть використовувати одну з цих концепцій для визначення та вимірювання відстані до об'єктів.

Модульоване джерело світла також відомий як імпульсне світло, використовує безперервно пульсуючий промінь світла для виявлення об'єктів. Випромінюване світло (LED) неодноразово вмикається та вимикається через рівні проміжки часу. Цей метод корисний для датчиків, де перешкоди із зовнішнього світу можуть бути проблемою. Оскільки датчик чутливий лише до певних частот випромінюваного світла, зовнішні джерела світла не можуть заважати датчику та

випадково активувати його. Датчики з модульованими джерелами світла також мають більший діапазон, ніж датчики з немодульованими джерелами світла.

Немодульоване джерело світла - це безперервно ввімкнений промінь світла певної інтенсивності. Вони працюють швидше, ніж модульовані датчики світла, але зазнають зовнішніх перешкод.

Класифікація фотоелектричних датчиків

Фотоелектричні датчики класифікуються за трьома основними критеріями: метод виявлення, вибір точок за методом виявлення та конфігурація.

Датчик наскрізного променя має два пристрої: передавач і приймач. Вони встановлюються один навпроти одного. Випромінювач випромінює промінь світла, який падає на датчик з іншого боку. Коли об'єкт потрапляє в поле зору датчика, він перериває промінь, а датчик інтерпретує відсутність світла як виявлення об'єкта. Дальність виявлення датчиків наскрізного променя може коливатися від кількох сантиметрів до десятків метрів. Вони можуть виявити практично будь-який непрозорий матеріал незалежно від форми, кольору та блиску.

Датчики дифузного відбиття містять все необхідне обладнання в одному корпусі (Рис. 2.3). При нормальній роботі випромінювач випромінює світло і не повертає його на датчик. Коли об'єкт поміщається в промінь, він відбиває частину світла назад до датчика. Датчик контролює кількість відбитого світла та запускає вихідний сигнал, якщо воно перевищує фіксоване значення.

Дифузійні датчики легше встановити, оскільки є лише один пристрій і вимагає невеликого калібрування/регулювання. Вони можуть виявляти об'єкти на відстані від кількох сантиметрів до кількох метрів. Колір і текстура виявленого об'єкта впливає на продуктивність і стабільність датчиків дифузного режиму.

Світловідбиваючий датчик також є датчиками одного пристрою, які випромінюють і виявляють відбите світло. Спеціальні рефлектори, які називаються «світловідбивачами», відбивають випромінюване світло. Коли об'єкт блокує промінь, інтенсивність відбитого променя стає нижчою, і датчик може виявити цю зміну та ввімкнути/вимкнути вихідний сигнал. Відстань виявлення відбивних датчиків також коливається від кількох сантиметрів до кількох метрів. Вони

можуть виявляти як прозорі, так і непрозорі матеріали. Завдяки спеціальним програмам, таким як поляризаційні фільтри, вони можуть виявляти навіть дзеркальні поверхні. Світловідбиваючі датчики мають мертву зону на близькій відстані, що може бути недоліком у деяких застосуваннях.



Рис. 2.3 Датчики дифузного відбиття

Фотоелектричні датчики є важливою частиною різних галузей промисловості та стають все більш важливими в розумних містах. Завдяки своїй здатності виявляти об'єкти на великих відстанях, високій роздільній здатності та швидкому часу відгуку фотоелектричні датчики забезпечують надійні рішення та економічно ефективні для виявлення та контролю процесів.

2.2.4 LiDAR датчики

LIDAR є скороченням від «Light Detection and Ranging», що означає, що він випромінює високочастотні лазерні імпульси та вимірює час, потрібний для їх повернення, щоб визначити місцезнаходження та відстань до об'єкта (Рис. 2.4).

Технічно це гідролокатор, але принципи роботи схожі. Єдиного стандарту для лідара немає, але більшість пристроїв в безпілотних автомобілях або інших технологіях, працюють так: використовується передавач, щоб запускати невидимі лазерні імпульси і детектор, щоб зафіксувати відбиті фотони. Якщо фотон щось не

вдаряє, він не повертається. Використовує час, потрібний фотону для повернення, щоб визначити відстань до об'єкта, в який вразився фотон. Під час обертання він робить це мільйони разів на секунду. Отримані точки даних збираються в «хмару точок» на 3D-сітці. Хмари точок використовуються для визначення розміру та форми об'єктів, видимих лазером, і можуть бути оброблені для створення зображень видимих поверхонь і відкритих просторів. Радіохвилі радіолокатора мають великий радіус дії, але вони, як правило, проходять крізь деякі об'єкти, тоді як звукові хвилі сонара не мають великого радіусу дії в повітрі. Однак світло поширюється досить далеко, щоб відбиватися майже від будь-якої твердої поверхні, що робить його ідеальним для зйомки деталей. Це набагато швидше, ніж радіо або звукові хвилі, і коли дрон, що летить у небо для зіткнення, кожна мілісекунда реакції має значення.

Також виділяється декілька можливостей датчика Lidar перед камерами:

- Конфіденційність: на відміну від камер, хмари точок лідара можуть ідентифікувати такі об'єкти, як автомобілі чи пішоходи, але не людей. Оскільки занепокоєння щодо стеження зростає, конфіденційність даних стає важливим фактором у розвинутих демократіях, і лідар, швидше за все, отримає суспільне визнання, ніж традиційні камери високої роздільної здатності.
- Покриття: 3D-лідар може охоплювати широкий діапазон і поле зору. Камери мають обмежений діапазон і поле зору, особливо за поганого освітлення та погодних умов. Для цього потрібні кілька камер, що потребує значних витрат на «зшивання» програмного забезпечення, обладнання та встановлення.
- 3D-інформація та ситуаційна обізнаність: дані з фіксованих камер можна використовувати для отримання 3D-інформації, але це займає багато часу та може бути неточним через застарілі карти та зміну інфраструктури.

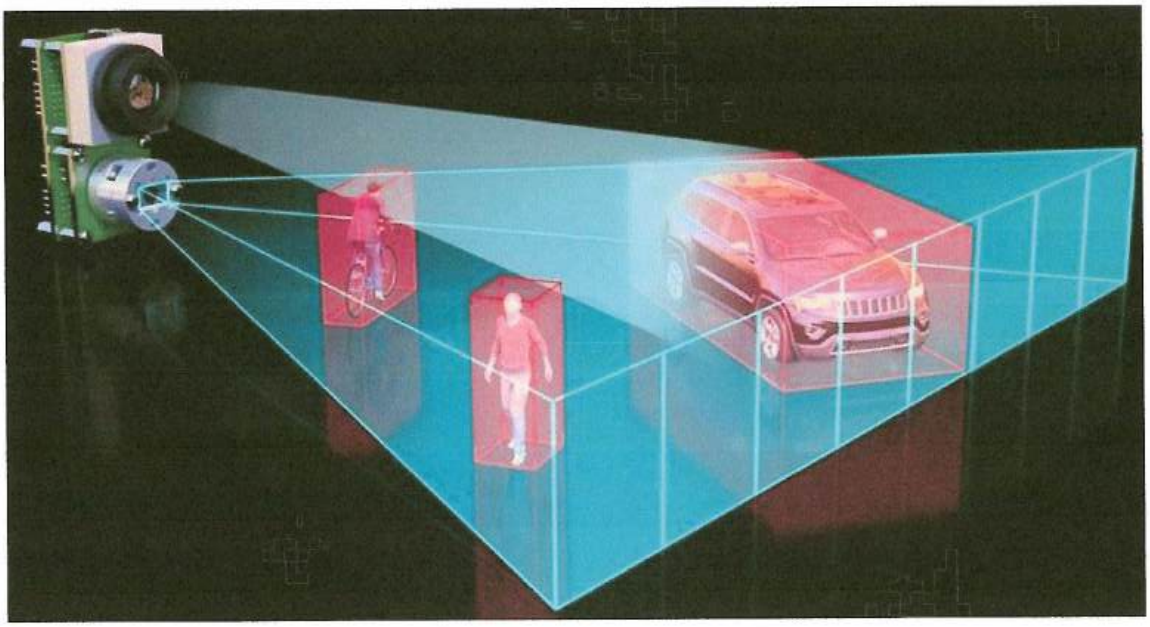


Рис. 2.4 – Приклад роботи технології Lidar

Головна причина, чому LiDAR так швидко розвивається, полягає в тому, що він дуже важливий для безпілотних автомобілів та інших безпілотних транспортних засобів. Якщо робот, який рухається з будь-якою швидкістю, потрібно переконатися, що він нічого не вдарить. Лідар може виявляти зміни відстані та форми протягом мілісекунд, а штучний інтелект із швидким часом реакції може використовувати ці дані, щоб змінювати курс за потреби. Промислові роботи, безпілотні автомобілі, дрони для доставки та майже будь-які інші мобільні роботи, незабаром отримають матрицю LiDAR.

Оскільки лідари стають кращими та дешевшими, вони перетворюються зі спеціалізованих інструментів, якими вони були раніше, на досить стандартні рішення IoT.

2.2.5 Класифікація датчиків температури

Вимірювання температури може бути двох видів: контактне і безконтактне. При контактному вимірюванні температури датчик знаходиться у фізичному

контакті з об'єктом. При безконтактному вимірюванні температури датчик інтерпретує енергію випромінювання джерела тепла.

Променева енергія - це форма енергії, що випромінюється в інфрачервоному спектрі. Невідбиваючі тверді частинки та рідини можна контролювати безконтактними методами. Ці два типи датчиків температури можна розділити на три великі категорії: електромеханічні, резистивні та електронні.

Біметалічні термостати

У будинку термостат використовується, коли потрібно підтримувати температуру в приміщенні. Термостат - це електромеханічний контактний датчик, який використовується для вимірювання температури в будинку (Рис. 2.5). Він був винайдений у 17 столітті, і зараз маємо сучасні прилади терморегуляції. Перемикач розмикається або замикається, викликаючи замикання ланцюга.

Терморегулятори можуть бути електронними і механічними. Обидва типи мають різні функції, але вони обидва вимірюють температуру в кімнаті.

Основним принципом роботи є розмикання та замикання ланцюгів за рахунок теплового розширення. Він складається з двох різних металів, таких як нікель, мідь, вольфрам або алюміній. Комбінація будь-яких двох металів утворює композиційну стрічку. Вони утримуються разом теплом і тиском. Це називається біметал. Ці два метали мають різну швидкість розширення. Тому, коли стрічка нагрівається, вона зазнає механічного згинального руху. Біметалева стрічка діє як міст, щоб допомогти з'єднати або від'єднати електричні ланцюги в системах опалення або охолодження в будинку.

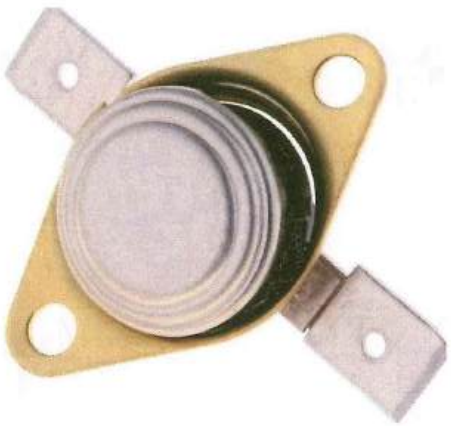


Рис. 2.5 – Датчик термостат

Термопара

Коли два провідники з різних металів з'єднуються на кінцях кола, вони утворюють термопару (Рис. 2.6). Вони не містять чутливих компонентів, таких як резистивні температурні пристрої, і тому менш обмежені у виборі використовуваних матеріалів. Вони можуть витримувати набагато вищі температури, ніж резистивні температурні пристрої. Конструкція термопари складається з провідника та ізоляційного керамічного порошку. Термопари мають два підключення: гаряче і холодне. Гаряче з'єднання є вимірювальним з'єднанням, а холодне – еталонним. Вимірювальний з'єднання піддається дії робочої температури, а інший з'єднання підтримується при еталонній температурі. Коли з'єднання піддається впливу різних температур, по дроту буде протікати електричний струм, пропорційний різниці температур.

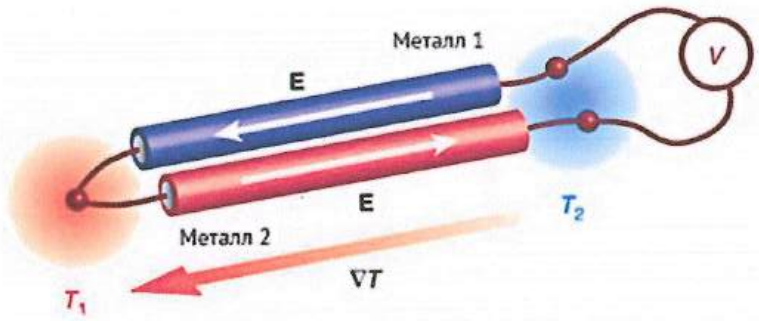


Рис. 2.6 – Приклад Роботи датчика термопари

Термістори - резистори, чутливі до температури. У термісторі змінюється опір від температури. Вони виготовлені з комбінації двох або трьох оксидів металів, одним з яких є оксид цинку (Рис. 2.7). Комбінація вбудована в керамічну основу, яка діє як ізолятор. За температурним коефіцієнтом терморезистори поділяються на два типи: позитивним температурним коефіцієнтом і з негативним температурним коефіцієнтом. Для термістора з позитивним температурним коефіцієнтом його опір пропорційний температурі, тобто опір зростає зі збільшенням температури. Для термістора з негативним температурним коефіцієнтом його опір обернено пропорційний температурі, тобто опір

зменшується з підвищенням температури. Термістори з негативним коефіцієнтом температури мають вищу чутливість і мають невеликі конфігурації для швидкої теплової реакції. НТЦ виготовляються з металів і полімерів. Використовуються такі матеріали, як оксиди кобальту, нікелю, заліза та міді.

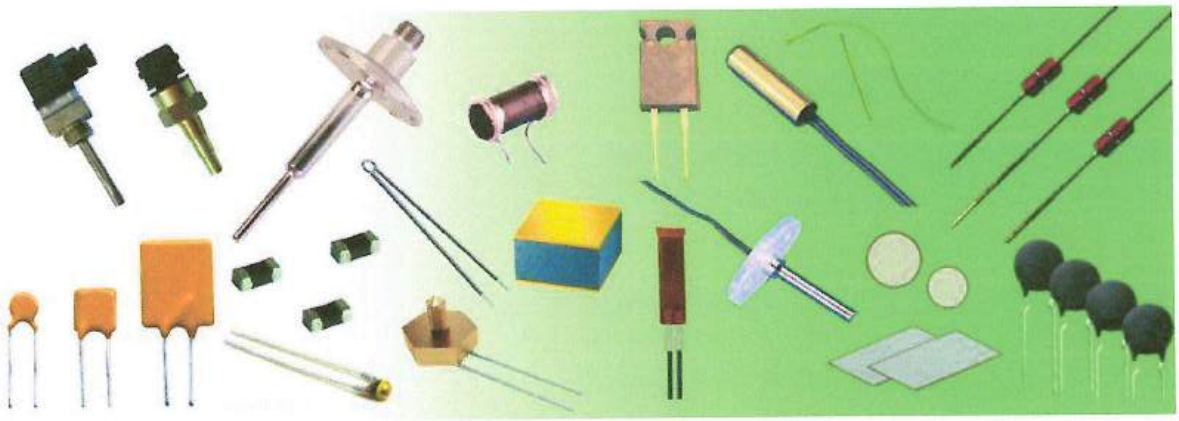


Рис. 2.7 - Види термісторів

Пристрій вимірювання температури опору (RTD)

Подібно до термістора, резистивний температурний пристрій змінює опір для вимірювання та контролю температури. Пристрої для вимірювання температури опору складаються з чутливих компонентів, з'єднувальних проводів і вимірювальних пристроїв. Між чутливим елементом і вимірювальним приладом використовуються з'єднувальні дроти, опори використовуються для позиціонування елемента під час роботи. Чутливим компонентом є резистор, який змінює опір від температури. Чутливий елемент складається з котушки з вигравіруваними на ній провідниками. Він поміщений в керамічний ящик і запечатаний склокерамікою. Замість котушки також можна використовувати струмопровідну плівку. Чутливі компоненти повинні бути розташовані так, щоб швидко досягти робочої температури. Для застосувань, де поширені сильні вібрації та удари, обладнання для намотування має бути належним чином закріплено.

Щоб вимірювати опір на відстані, можна використовувати подовжувач між чутливим компонентом і пристроєм. Принцип роботи полягає в тому, що коли змінюється температура, змінюється опір металу. Певна величина струму проходить через елемент резистивного датчика температури або резистор. Опір

елемента RTD вимірюється за допомогою мультиметра. Отримане значення опору залежить від температури. Отже, коли температура металу підвищується, опір металу збільшується. Це призводить до збільшення струму.

2.3 Технічний опис LTE

Мережна архітектура високого рівня LTE складається з таких трьох ключових компонентів:

- Керовані пристрої (UE) (Рис. 2.8).
- UMTS Покращена наземна мережа радіодоступу (Рис. 2.9).
- Удосконалене пакетне ядро (EPC) (Рис. 2.10).

Розширене ядро пакетної передачі даних взаємодіє з мережою пакетної передачі даних як Інтернет, корпоративні приватні мережі або мультимедійні підсистеми IP. Інтерфейси між різними частинами системи представлені Uu, S1 і SGi :

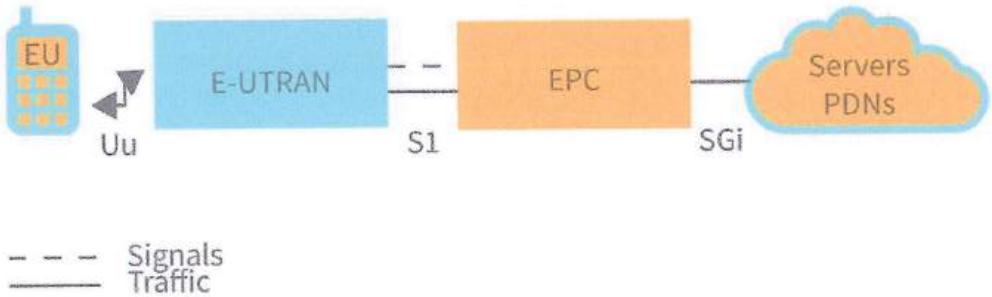


Рис. 2.8 - Керований пристрій (UE)

Внутрішня архітектура обладнання користувача LTE точно така ж, як і обладнання користувача UMTS і GSM, тобто мобільного обладнання (ME). Мобільні пристрої в основному мають такі модулі:

Всі функції зв'язку виконують мобільні термінали (MT).

Потік даних завершується на кінцевому обладнанні (TE).

SIM-карти, які використовуються в пристроях LTE, називаються картами універсальної інтегрованої схеми (UICC). Програма називається Universal Subscriber Identity Module. Інформація, що зберігається на USIM-картці, подібна до

інформації на SIM-картці 3G, включаючи номер телефону користувача, ідентифікаційний номер домашньої мережі та ключ безпеки.

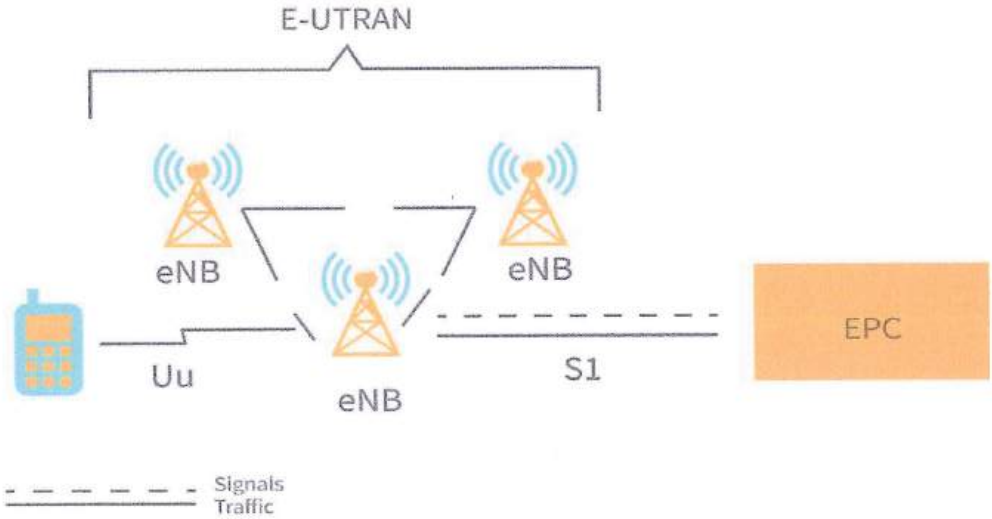


Рис. 2.9 - архітектура наземної мережі радіодоступу UMTS (E-UTRAN)

Розширене пакетне ядро керує різними інформаційними пакетами, що передаються між мобільними пристроями та базовою мережею. На відміну від eNB, які є базовими станціями, які керують мобільними засобами в одній або кількох комірках, eNodeB контролюють радіозв'язок між розширеним пакетним ядром, або ePC, і мобільними пристроями.

При підключенні до мобільного пристрою LTE eNB може виконувати дві основні функції: eBN використовує можливості обробки аналогового та цифрового сигналу радіоінтерфейсу LTE для надсилання та отримання радіосигналів на всі мобільні пристрої. eNB надсилає команди передачі на всі свої мобільні пристрої на низькому рівні, контролюючи їх роботу.

EPC дозволяє кожному eNB підключатися до інтерфейсів S1 і X2 сусідніх базових станцій для сигналізації та пересилання пакетів під час хендовера, але також може підключатися до них через інтерфейс S1.

Домашні eNB (HeNB) — це базові станції, що належать користувачам, які використовуються для забезпечення фемтосотового покриття вдома. Домашній eNB є частиною Закритої групи абонентів (CSG), і зв'язатися з ним можна лише за допомогою мобільних телефонів USIM, які також належать до цієї CSG.

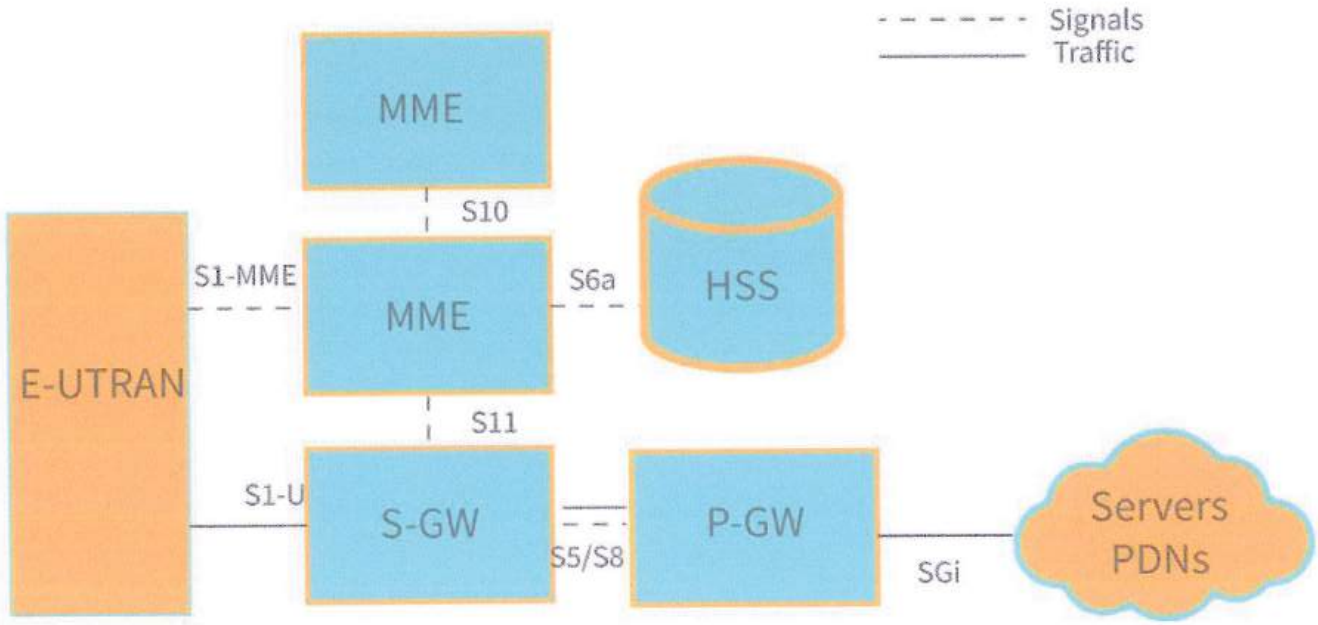


Рис. 2.10 - Компоненти архітектури Evolved Packet Core (EPC)

Центральна база даних, що містить абонентську інформацію у мережі оператора називається Домашнім абонентським сервером (HSS). Ця інформація передається через UMTS і GSM і зберігається в компоненті (HSS).

SGi застосовується для зв'язку із зовнішнім середовищем, тобто з PDN мережею із пакетної передачі даних , де знаходиться P-GW. APN використовуються для ідентифікації кожної із мереж пакетної передачі даних. На додаток до роботи як вузла підтримки GPRS (GGSN) і вузла підтримки GPRS (SGSN) для UMTS і GSM, P-GW також буде відображатися на GSN і SGSN в мережах пакетної передачі даних. S-GW діє як маршрутизатор між базовою станцією та шлюзом PDN, обробляючи пересилання даних.

Об'єкт управління верхнього рівня (MNO) оператора стільникового зв'язку, Домашній абонентський сервер (HSS), використовує сигнальні повідомлення для управління роботою мобільних пристроїв на високому рівні.

PCEF - це компонент, прихований на наведеному вище малюнку, але він керує рішеннями щодо управління стратегією та функціями розрахунків комісії за управління стратегією в P-GW. PCRF (Charging Policy and Rules Management Function) - це частина PCEF, яка керує функціями стягнення плати за керування політикою.

Rel-17 - це перша версія, яка завершується дистанційно через онлайн-сесії через обмеження на подорожі. На пленарному засіданні 3GPP SA у грудні 2022 року 3GPP завершила розклад Rel-18. 3GPP подовжила дату заморожування Rel-18 на три місяці, оскільки робочій групі з архітектури системи та обслуговування 2 (SA2) потрібно більше часу для завершення визначення певних функцій. Остаточна фаза 2 специфікації буде завершена в червні 2023 року; розробка протоколу буде завершена в березні 2024 року; відкритий API і ASN.1 будуть випущені в червні 2024 року як посібник із розробки для постачальників.

Rel-18 є першою версією стандарту 5G-Advanced Як сполучна ланка між 5G і 6G, технології Rel-18 і Rel-19 допоможуть ввести потенційну технологію 6G в стандарт 5G. Наприклад, деякі функції Rel-18 призначені для підтримки нових вимог при розгортанні існуючих мереж, а інші відображають еволюцію від 5G до 6G.

Існує два основних типи непублічних мереж (NPN). Перші – це автономні непублічні мережі (SNPN), які є приватними мережами, які пропонують потужні можливості. Це підвищує мобільність у режимі очікування та підключення в режимі з'єднання в мережах, що не підтримують 3GPP, наприклад WLAN. Другий тип — це публічні інтегровані мережі (PNI-NPN), які є автономними приватними мережами, створеними поверх загальнодоступних мереж, щоб забезпечити розширену функціональність завдяки покращеному розділенню мереж.

Щоб покращити підтримку імерсивних XR і мультимедійних служб, робоча група Rel-18 докладає систематичних зусиль у сфері RAN, мережевої архітектури та кодеків. Щоб представити складні системи, удосконалення XR і мультимедійних служб були зроблені кількома робочими групами, включаючи RAN і SA. Робоча група RAN проводить дослідження в області XR, приділяючи особливу увагу наступним трьом напрямкам:

- Сприйняття послуги XR базується на сприйнятті характеристик низхідної та висхідної лінії зв'язку та параметрів прикладного рівня функцій служби XR, що полегшує планування RAN.

- Енергозбереження бізнесу XR на основі таких характеристик даних, як вимоги до періодичності та надійності
- Підвищення пропускної здатності, включаючи покращений розподіл ресурсів і планування послуг XR для підтримки мультимодального транспорту та зменшення тремтіння

Покращення системної архітектури включають скоординовану передачу багато режимних потоків для XR і тактильних служб, те, як мережеві ефекти підтримують взаємодію між 5GS і додатками, покращення якості послуг і політик, а також економію електроенергії UE. Особливу увагу слід приділити координації мультимодальних потоків і нових механізмів QoS.

Що стосується координації мультимодальних перевезень, то питання, які вирішуються Rel-18, включають: як реалізувати взаємодію між додатками та 5GC. Синхронізація на рівні програми та координація політики QoS для мультимодальних потоків (відео, аудіо та тактильних служб) для єдиного інтерфейсу користувача. Координуйте та налаштовуйте політики QoS для покращення координації між мультимодальними багатокористувацькими потоками та програмами. Інші завдання включають маркування пакетів різного рівня важливості в одній службі XR і реалізацію узгодженого механізму застосування політики мережі для мультимодальних потоків.

Два завдання Rel-18 що стосуються використання штучного інтелекту в мережах. По-перше, це вдосконалення функції аналізу мережевих даних (NWDAF), які зосереджені на:

- Поєднайте інтегроване навчання та мобільні технології для розробки бізнес-рішень з урахуванням конфіденційності даних. Це максимізує цінність величезних обсягів даних у телекомунікаційних мережах.
- Використовувати результати виконання як вхідні дані для етапу навчання моделі та виводити їх для покращення моделі навчання та підвищення точності аналізу.

- Використовуйте інтелектуальні дані домену керування мережею та додатковий аналіз вхідних даних мережі, узгоджений із функцією аналізу даних керування (MDAF), щоб підвищити точність.

Другим робочим елементом є підтримка мережі 5G для послуг на основі штучного інтелекту яка зосереджена на:

- Розповсюдження, передача та навчання моделі AI/ML на основі 5G для обслуговування різноманітних додатків, таких як розпізнавання відео та мови та керування роботами.
- Інформація про мережу, яку можна використовувати для додатків AI/ML і пов'язаних покращень послуг і політики.

Функціональність NWDAF визначена в Rel-15, але ще не була комерційно розгорнута в мережах. Потрібне подальше дослідження того, як краще використовувати мережеві дані та поєднати штучний інтелект із мережами 5G для створення відчутної цінності для операторів і користувачів.

Дослідження та стандартизація нових систем супутникового зв'язку на основі 5G також привернули широку увагу в галузі в останні роки. Стандарти супутникового зв'язку обговорювалися 3GPP, ITU-T та IETF. Супутникова система зв'язку є частиною неземної мережі (NTNS). NTNS – це загальний термін, визначений 3GPP і стосується всіх неземних літаючих об'єктів, включаючи системи висотних платформ (HAPS), системи повітря-земля і безпілотні літальні апарати. Характеристиками системи NTN є велика відстань, висока швидкість руху та широке покриття. Функція User Plane (UPFS), розгорнута на супутниках на геостаціонарній орбіті (GEO).

Завдяки широкому впровадженню мережевих протоколів і стандартів 3GPP ми можемо використовувати екосистему п'ятого покоління і існуючих користувачів мобільної мережі, щоб швидко збільшити кількість віддалених користувачів мережі. Це може зменшити витрати на будівництво, підтримку та просування інтегрованої мережі повітря-земля. Мережева інтеграція передбачає

інтеграцію ланцюжків створення вартості та потребує технічної та промислової підтримки.

Технологія продовжує перехід від прозорого пересилання пакетів до розгортання базових станцій і UPF на супутниках. Деякі архітектурні зміни обговорювалися раніше, але лише в сценаріях розгортання супутника GEO. Конвергенція мобільності та мережевих можливостей супутника на низькій навколоземній орбіті (LEO) призведе до топологічних змін, які можна обговорити в стандартах 6G.

Rel-19 визначить нові сценарії супутникового зв'язку, включаючи підтримку пристроїв IoT для зберігання даних і пересилання операцій через дискретні канали зв'язку, покращення позиціонування супутникового доступу незалежно від Глобальної навігаційної супутникової системи і єдність зв'язку між супутниками UES. Для користувачів негайною зміною стане прямий доступ до супутникових мереж через їхні телефони. Для досягнення цієї мети були випробувані попередні прототипи. Що стосується комерційних терміналів, то багато виробників мобільних телефонів випускають супутникові мобільні телефони, починаючи з 2022 року. Ці продукти привернули широку увагу в галузі, хоча вони зазвичай використовуються лише в надзвичайних ситуаціях.

2.3.1 LTE категорії для IoT та їх застосування

IoT використовує одні з найкращих стандартів і обладнання для адаптації існуючої стільникової технології до пристроїв з низьким енергоспоживанням.
Є чотири основні категорії п'ятого покоління для IOT:

- Cat-M1/LTE-M
- Cat-NB1/NB-IoT
- Cat-1
- Cat-4

Стандарт LTE-M є чудовим відкриттям, ідеальним для пристроїв, які потребують меншого енергоспоживання та пропускної здатності. Пристрої на базі стандарту LTE-M мають швидкість завантаження 1 Мбіт/с, а також швидкість завантаження. Крім того, пристрої LTE-M мають затримку 9-14 мілісекунд. Цього достатньо для забезпечення регулярної передачі необхідних даних. Пропускна здатність LTE-M є достатньою для того, щоб пристрої могли нормально працювати в основних додатках 2G і 3G. Найбільшою перевагою LTE-M є перемикання пристроїв. Він забезпечує плавне перемикання послуг, що робить стандарт ідеальним для таких додатків, як відстеження активів і керування автопарком, коли обладнання мобільне.

Cat-M1 був створений як частина випуску 13 стандарту 3GPP LTE.
На додаток до вищевказаних категорій пристроїв, Cat-1 також є категорією, яка є частиною Випуску 8 стандартів 3GPP. Хоча це давня технологія, вона все ще широко використовується в усьому світі.

Стандарт Cat-1 розроблений для класів пристроїв IoT, яким потрібна низька та середня пропускна здатність. Пристрої Cat-1 працюють швидше, ніж LTE-M. Пристрої Cat-1 мають швидкість завантаження 5 Мбіт/с і швидкість завантаження 10 Мбіт/с. Однією з найкращих особливостей Cat-1 є менша затримка. Затримка сигналу становить всього 50-100 мілісекунд. Стандарт Cat-1 використовує широку смугу пропускання 20 МГц у повнодуплексному режимі. Повнодуплексні можливості пристрою забезпечують плавне перемикання послуг, що робить його ідеальним для портативних банкоматів, POS-терміналів тощо.

Стандарт Cat-4 необхідний для підтримки таких програм, як автономні транспортні засоби. Швидкості пристроїв у цьому стандарті набагато вищі, ніж у Cat-1. Він може забезпечити швидкість завантаження 49 Мбіт/с і 150 Мбіт/с.
Найбільшою перевагою стандарту Cat-4 є підтримка автомобільної інформаційно-розважальної системи, точок доступу в автомобілі та відеоспостереження.

Після LTE-M також є стандарт NB-IoT або Cat-NB1. Як і LTE-M, є багато аспектів, які роблять його відмінним і унікальним. Ось деяка ключова інформація про пристрої, які підтримують стандарт NB1. Недорога технологія використовує

технологію модуляції DSSS на основі технології розширення LTE для забезпечення підключення. Коефіцієнт вартості технології - не єдина перевага. Пристрої Cat-NB1 споживають менше електроенергії, забезпечують чудове покриття в приміщенні та мають довший час роботи від акумулятора.

Швидкість завантаження пристроїв категорії NB-IoT, то вона відносно низька порівняно з LTE-M. Швидкість завантаження становить 65 Кбіт/с, а швидкість завантаження - 25 Кбіт/с. Він працює в напівдуплексному режимі. Затримка NB-IoT також вища, ніж LTE-M. Він коливається від 1,6 до 10 секунд. Незважаючи на те, що він виглядає набагато більшим, він також має свої переваги. Затримка ідеальна для невеликих переривчастих передач даних.

NB-IoT також є частиною випуску 13 стандарту 3GPP LTE(Рис. 2.11). Це технологія LPWAN, яка працює в ліцензованому спектрі. Пристрої, які відповідають цьому стандарту, включають інтелектуальний газ, вуличні ліхтарі, датчики паркування тощо.

Cat-M1 підходить для додатків IoT, які вимагають вищої швидкості передачі даних і меншої затримки, ніж NB-IoT. Мережі Cat-1 можуть обслуговувати додатки з низькою та середньою пропускною здатністю з обсягом передачі даних від 100 Кбіт/с до 100 Мбіт/с на місяць. Cat-4, з іншого боку, може обробляти вищі швидкості завантаження, що робить його кращим вибором для вимогливих програм, таких як відео.

Як технології LPWAN, NB-IoT і LTE-M розроблені для економії заряду акумулятора. Cat-M1 також підтримує повнодуплексний і напівдуплексний режими, що означає, що компанії можуть зменшити енергоспоживання та подовжити термін служби акумулятора, вибравши напівдуплексний режим.
Для порівняння, Cat-1 споживає більше енергії та має трохи менший радіус дії сигналу, Cat-M1 та NB-IoT , тоді як Cat-4 споживає більше енергії, тому його найкраще використовувати з виділеним джерелом живлення (а не акумулятором), Наприклад, як самокерований автомобіль.

LTE-M і NB-IoT розроблені як недорогі технології IoT, що робить їх чудовим вибором для багатьох додатків великого обсягу. Модулі Cat-1 зазвичай трохи

дорожчі за модулі LTE-M і NB-IoT, але лише приблизно вдвічі дешевші за модулі Cat-4.

Серед нових категорій LTE NB-IoT та Cat-M1 є найпоширенішим вибором для компаній, які повинні оновити свої існуючі системи 4G IoT через відключення оператором мереж 3G. Експерти прогнозують, що до 2026 року на LTE-M та NB-IoT припадатиме 60% з 3,6 мільярда підключень LPWAN. Але оператори тільки починають впровадження Cat-M1 і Cat-NB1. Оператори впроваджують ту чи іншу технологію, але оскільки ці технології доповнюють один одного, багато операторів вважають за краще підтримувати обидві технології протягом наступних кількох років.

	Реліз/Категорія			
	Release 8	**Release 12**	**Release 13**	**Release 13**
	Cat-4	**Cat- 1**	**Cat-M**	**NB-IoT**
Пропускна здатність	20MHz	20MHz	1.4MHz	200kHz
Пікова швидкість низхідної лінії	150 Mbit/s	1 Mbit/s	1 Mbit/s	~200kbit/s
Пікова швидкість висхідної лінії	50 Mbit/s	1 Mbit/s	1 Mbit/s	~200kbit/s
Дуплекс	Повний дуплекс	Напівдуплекс	Напівдуплекс	Напівдуплекс
Кількість антен	2	1	1	1
Потужність передачі	23dBm	23dBm	20dBm	23dBm
Розрахункова складність модема	100%	40%	20%	<15%

Рис. 2.11 – Порівняння категорій

Таким чином, LTE-M і NB-IoT є швидкозростаючими стандартами, оскільки вони дешевші, споживають менше електроенергії та мають найдовший час автономної роботи. Наразі телекомунікаційні компанії прагнуть прийняти NB-IoT

та LTE-M, оскільки вони можуть обслуговувати великомасштабні програми, зберігаючи баланс у всіх аспектах.

2.4 Взаємодія M2M в мережах п'ятого покоління

П'яте покоління пропонує ряд переваг для M2M-зв'язку, таких як масштабованість, надійність та енергоефективність. Агрегування несучих і MIMO можуть підвищити спектральну ефективність і пропускну здатність, у той час як CoMP і HetNets можуть поліпшити покриття мережі і балансування навантаження. Ці функції також можуть підвищити рівень сигналу і його різноманітність, забезпечуючи при цьому надмірність і стійкість. Крім того, п'яте покоління підтримує розширені функції шифрування, аутентифікації і захист цілісності. Крім того, це може знизити енергоспоживання і збільшити час використання батареї пристроїв M2M за рахунок забезпечення більш швидкої передачі даних при більш короткому активному часу, зменшення потужності передачі та відстані, а також підтримки енергозберігаючих режимів, таких як переривчастий прийом (DRX) і режим тривалого очікування. Щоб впровадити LTE Advanced для M2M, необхідно розрахувати апаратне, програмне забезпечення і стандарти. Що стосується апаратного забезпечення, ви повинні оснастити свої M2M-пристрої модемами, антенами і наборами мікросхем, сумісних з LTE ADVANCED, які сумісні з такими функціями, як агрегація несучих, MIMO, CoMP і HetNets.

Що стосується стандартів, у випуску 3GPP 10 і вище визначаються технічні деталі і вимоги до розширених функцій і удосконалень LTE. Крім того, ETSI M2M визначає архітектуру та інтерфейси для M2M-зв'язку за різними технологіями доступу, включаючи LTE Advanced. Нарешті, oneM2M надає загальний рівень обслуговування та платформу для M2M-зв'язку в різних областях і галузях.

Основна мета M2M технології - використовувати дані датчиків і передавати їх у мережу. Наприклад SCADA або інші інструменти віддаленого моніторингу, використовують мережі та методи доступу, щоб їх зробити більш економічно ефективними.

Загальні компоненти системи M2M включають датчики, Wi-Fi, RFID або стільниковий зв'язок та автономне обчислювальне програмне забезпечення, запрограмований для того, щоб допомогти мережного пристрою інтерпретувати дані і приймати рішення. Ці M2M-програми перетворюють дані, які можуть запускати запрограмовані автоматизовані дії.

Одним з найбільш відомих видів міжмашинного зв'язку є телеметрія, яка використовується з початку минулого століття для передачі оперативних даних. Піонери в галузі телеметрії спочатку використовували телефонні лінії, а пізніше і радіохвилі для передачі результатів вимірювань, одержаних за допомогою приладів моніторингу у віддалених місцях. Інтернет і поліпшені стандарти для бездротових технологій розширили роль телеметрії від суто наукової, інженерної та виробничої до повсякденного використання в таких продуктах, як опалювальні прилади, електролічильники та підключені до Інтернету пристрої, такі як побутова техніка. Окрім можливості дистанційного моніторингу систем, пристроїв, основні переваги M2M:

- Зменшення витрат за допомогою мінімізації простоїв та обслуговування обладнання;
- Збільште дохід, оскільки послуги продукту на місці відкривають нові можливості для бізнесу;
- Покращане обслуговування клієнтів шляхом обслуговування обладнання та активного моніторингу до того, як воно вийде з ладу, або тільки тоді, коли це необхідно.

Особливості технології M2M включають в себе: низьке енергоспоживання в цілях підвищення здатності системи ефективно обслуговувати M2M-додатки.

Можливості моніторингу, що забезпечують функціональність для виявлення подій. Допуск по часу, що означає, що передача даних може бути відкладена.

Контроль часу, який означає, що дані можуть бути відправлені чи отримані тільки в певні заздалегідь визначені періоди. Тригери, які залежать від місця розташування, які попереджають або пробуджують пристрою, коли вони заходять

в певні зони. Можливість постійно відправляти і отримувати невеликі обсяги даних.

Системи M2M мають забезпечувати зв'язок пристроїв або шлюзів M2M у мережі за допомогою пристроїв зв'язку, типу як Служба коротких повідомлень, а підключені через IP пристрої, також повинні мати можливість спілкуватися один з одним у режимі «точка-до». -точкова (P2P) мережа. Спосіб доставки - системи повинні підтримувати одноадресний, випадковий, багатоадресний і широкомовний режими та замінювати широкомовний режим на багатоадресний або будь-який інший режим, де це можливо, щоб мінімізувати навантаження на мережу.

Планування повідомлень - вони повинні мати можливість керувати доступом до мережі та плануванням повідомлень, беручи до уваги допустимі затримки планування програм M2M. Оптимізація шляхів передачі повідомлень у системах M2M має бути можливою та базуватися на таких стратегіях, як збої в передачі, затримки, коли доступні інші шляхи, і вартість мережі.

Системи «машина-машина» стикаються з низкою проблем безпеки, починаючи від несанкціонованого доступу до бездротових вторгнень до злому пристрою. Також необхідно враховувати конфіденційність, фізичну безпеку, шахрайство та вразливість критично важливих програм. Стандартні заходи безпеки M2M мають захист пристроїв від несанкціонованого доступу, забезпечення безпеки за допомогою шифрування. Сегментація пристроїв у власній мережі та керування ідентифікацією пристрою, конфіденційністю даних і доступністю пристрою також можуть допомогти усунути ризики безпеки M2M.

2.5 Покриття мережі LTE Україна

Vodafone, Київстар і Lifecell це основні оператори мобільної мережі в Україні . Така кількість забезпечує здорову конкуренцію та прагнення кожного захопити більшу частку мобільного ринку. Київстар вважається піонером на ринку українського мобільного зв'язку. Тож не дивно, що це провайдер має широке покриття мережі 4G. Сьогодні «Київстар» є лідером у розширенні покриття, збільшенні кількості

користувачів та споживання даних. «Київстар» розвивається з кожним днем, тому покриття LTE стрімко зростає. Мобільний оператор має найвищі показники серед конкурентів – провайдер в діапазоні 1800 отримав 70 МГц та в діапазоні 2600 30 МГц. З розвитком мережі LTE в Україні розширюються і переваги «Київстар». Тому головними перевагами покриття LTE від Київстар є: швидкість інтернету в 15 разів більша; покращений пінг; швидкість інтернету не змінюється під час руху.

Територія, де використовується Інтернет, відіграє важливу роль, оскільки населені пункти чи гірські райони можуть значно вплинути на якість підключення до Інтернету. Щоб поліпшити якість сигнала можна використовувати посилену антену. Відстань від базової станції – це відстань, на якій приймається сигнал. Максимальна швидкість інтернету для всіх абонентів стільникового оператора Київстар становить 300 Мбіт/с.

Перевантаження мережі або базових станцій найчастіше зустрічається у великих скупченнях абонентів. Причина всього цього проста: велика кількість людей використовує LTE для доступу до Інтернету, а базові станції мають обмежену кількість, тому перевантаження мережі є поширеним явищем. Проте "Київстар" вдосконалювати свої послуги з кожним роком. Карта покриття LTE Київстар постійно змінюється та розширюється (Рис.2.12).

Сьогодні Vodafone активно впроваджує LTE в Україні. Завдяки цьому по всій країні доступний якісний надійний доступ до Інтернету (Рис. 2.13).

Vodafone – входить до топ операторів мобільного зв'язку. У великих містах мережа працює на частоті 2600 МГц. На відміну від мереж четвертого покоління, технологія п'ятого покоління дозволяє долати більші відстані. Наприклад, одна з найпоширеніших частот 1800 МГц забезпечує якісну роботу на відстані до 7 кілометрів. Крім того, якість Інтернету в мережах п'ятого покоління залежить від базової станції, а точніше від відстані до району, в якому вона розташована.

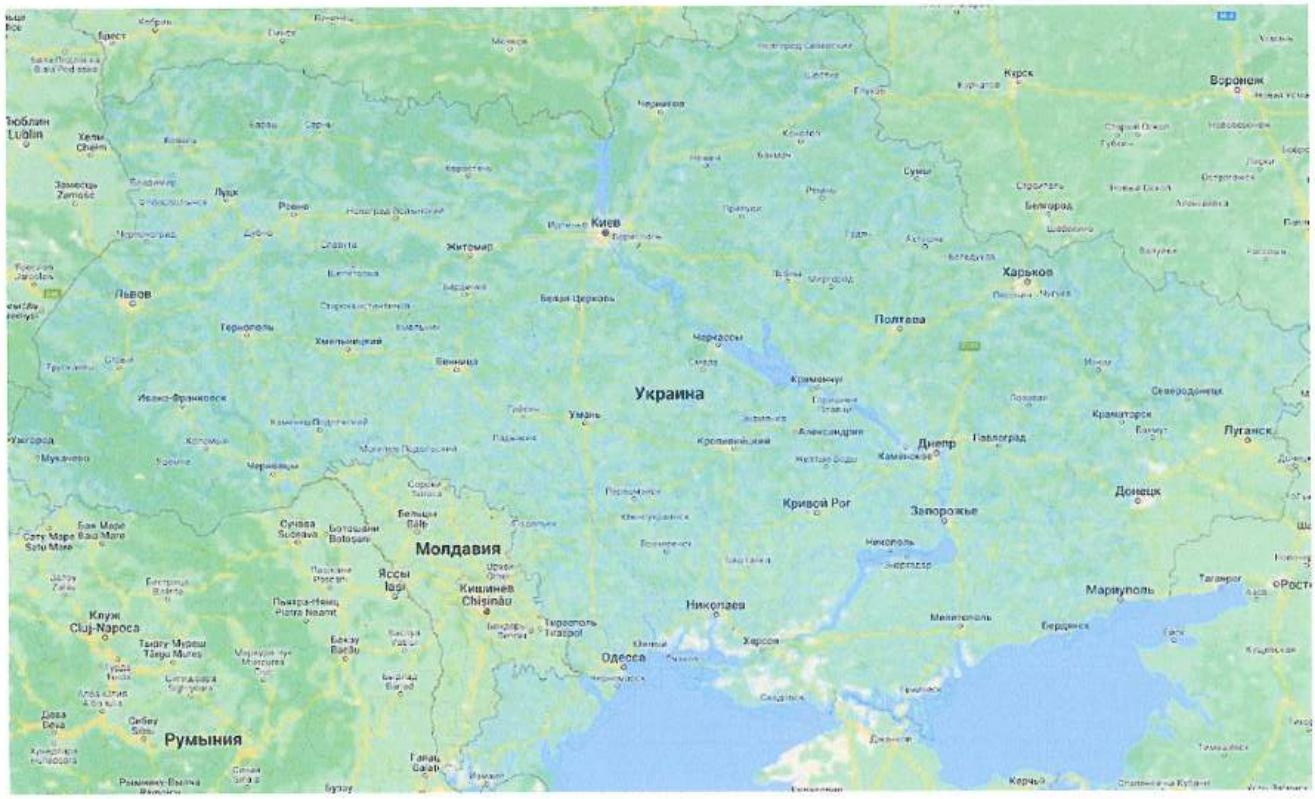


Рис. 2.12 – Покриття оператора Київстар LTE в Україні станом на кінець 2023 р.

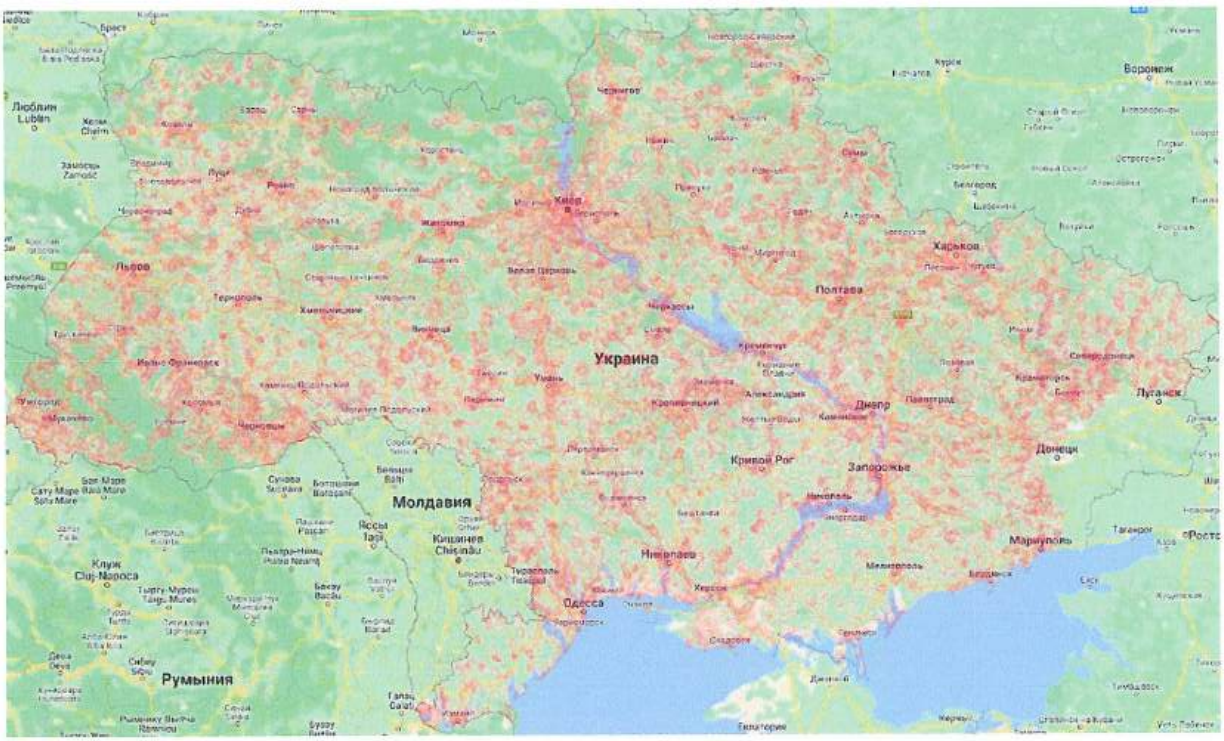


Рис. 2.13 – Покриття Vodafone LTE в Україні станом на кінець 2023 року

На даний час оператор Lifecell покриває 99% території України окрім окупованих територій.

Lifecell сильно відрізняється від інших стільникових операторів тим, що пропонує високошвидкісний зв'язок. Покриття мережі LTE мобільного оператора охоплює великі міста, такі як Київ, Харків, Львів, Одеса,Суми та Дніпро. Крім густонаселених міст, зона покриття Lifecell розширюється з кожним днем, тому LTE доступний навіть на невеликих територіях (рис. 2.14). Робоча частота LTE буде впливати на радіус покриття. Через те міста мільйоники України використовують 2600 МГц частоту, а на не великі житлові масиви 1800 МГц.

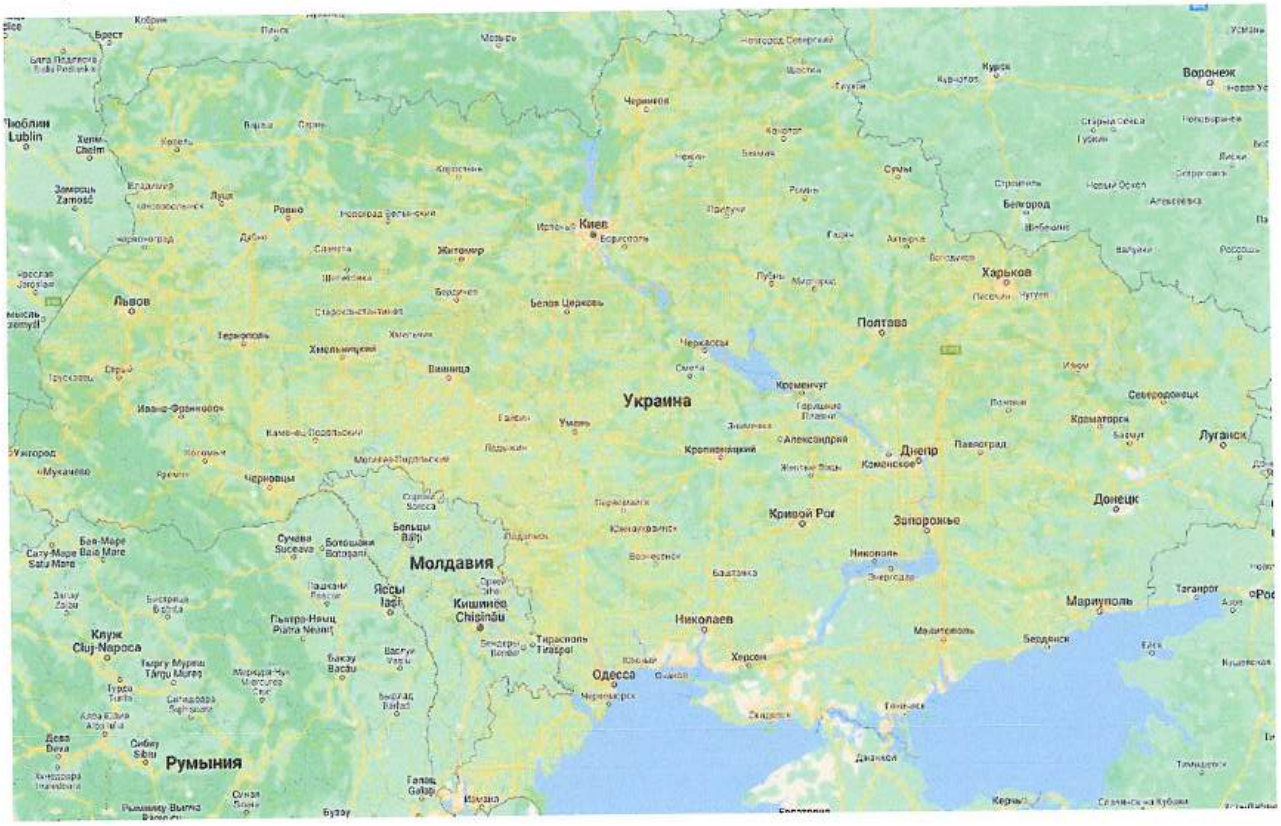


Рис. 2.14 – Покриття Lifecell LTE в Україні станом на кінець 2023 року.

3. ВИКОРИСТАННЯ КОНЦЕПЦІЇ SMART CITY ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ЗАТОРІВ

3.1 Інтелектуальна транспортна система

Головною метою розумних міст є покращення якості життя громадян у процесі сталого економічного зростання за допомогою розумних технологій. Сфери управління розумними містами – це, зокрема, енергопостачання, дорожній рух і мобільність (Таблиця 3.1).

Таким чином, аналіз оптимізації та синхронізації енергетичних систем, раціональне використання енергоресурсів та аналіз систем електротранспорту надають розумним містам ряд переваг: скорочення часу пікового навантаження, зменшення споживання енергії та загальних витрат. Через величезне споживання енергії та серйозне забруднення повітря управління транспортними системами і координація транспорту є основними проблемами, з якими стикаються міста.

Варто зазначити, що коли мова заходить про підключені транспортні технології, то найбільш популярними є наступні технології для організації та підтримки транспортних інтелектуальних середовищ. Приклади таких можна назвати vehicle-to-network (V2N), vehicle-to-grid (V2G) та інші.

Ефективність впровадження цих систем досліджували на прикладі української столиці, яка посіла третє місце в сервісі «Про мобільність» у 2023 році. Зокрема, серед причин великих заторів у розслідуванні були названі деталі міського планування та зростання рівня автомобілізації. У підсумку через затори в українській столиці водії проводили в дорозі в середньому на 47% більше часу, свідчать дані моніторингового сервісу «Про мобільність». У години пік затримки руху досягають 93%. Ранковий пік у Києві зафіксований з 8:00 до 9:00, вечірній – з 18:00 до 19:00, суботній – з 13:00 до 14:00. Через затори в столиці в середньому водії витрачають на дорогу на 27 хвилин більше, ніж до місця призначення.

Попит на особистий транспорт зростає з кожним роком.

Таблиця 3.1.

Ключові технології для середовища розумного міста, які дозволяють розробляти та впроваджувати концепції Smart city

Технологія	Опис
V2V	Обмін даними транспортного засобу з одного автомобіля на інший. Зв'язок заснований на виділеному зв'язку малої дальності (DSRC). Ця технологія не є новою але її поширення почалося в 2015 році, коли її випробували в проекті M-City Мічиганського університету, першому в світі, де тестувалося взаємопов'язане та контрольоване середовище для технології автономного водіння. Ці системи впливають на програми безпеки транспортних засобів, наприклад на запобігання нещасним випадкам. Зв'язок V2V дозволяє автомобілям отримувати доступ до інформації про швидкість і місцезнаходження інших транспортних засобів V2V навколо них за допомогою протоколів бездротового зв'язку, допомагаючи зменшити кількість аварій і заторів.
V2I	Vehicle-to-Infrastructure служить наступним рівнем організації для систем інформації про дорожній рух, забезпечуючи зв'язок транспортних засобів з інфраструктурою, збираючи дані, особливо про затори на дорогах, рівні просвіту мостів, прогнози погоди, стан світлофора, а потім передають їх через бездротовий зв'язок мережі Вони інформують водія про поточну ситуацію для підвищення безпеки. Розумні світлофори на основі V2I допомагають водіям точно оцінювати час прибуття. Майбутнє V2I може привести до більш досконалих систем, таких як розумне паркування та безпілотні автомобілі, які покращать планування смуг, паркувальних місць.
V2X	V2X (Vehicle-to-Everything) інтегрує та координує технології V2V та V2I. Цей рівень організації середовища інформації про дорожній рух покращує безпеку, дозволяючи транспортним засобам спілкуватися з системами руху, включаючи інші автомобілі та інфраструктуру. V2X скорочує час реакції водія на умови навколишнього середовища та спрощує керування автомобілем завдяки автоматизації оплати проїзду та паркування. Подібно до технологій V2I та V2V, V2X буде найефективнішим, коли кожний автомобіль, вантажівка, автобус, мотоцикл і навіть велосипед буде стандартизовано для зв'язку з цією технологією підключеного автомобіля.

У січні 2019 року кількість автомобілів у столиці зросла з 927 тис. до 1,636 млн через чотири роки (Рис. 3.1), хоча навантаження на 500-тисячну мережу столиці зросло більш ніж утричі внаслідок збільшення кількості приватних автомобілів, приміських та транзитний рух.



Рис. 3.1 – Рівень автомобілізації у Києві

3.1.1 Приклад застосування ITC

Для прикладу застосування ITC можна розглянути процвітаюче місто-державу Сінгапур що лежить на сонячному екваторі. Тут майже 6 мільйонів людей і 1 мільйон автомобілів, але пробки бувають рідко і не такі сильні, як у Києві. На даний момент існує три способи вирішення проблем заторів у Сінгапурі:

1) ERP - платний проїзд по вулицях;
2) Glide - інтелектуальна система управління трафіком
3) COE - ліцензія на придбання автомобіля;

ERP

Часткові платні дороги були винайдені в 1970-х роках. Тоді водії мали купувати паперові перепустки та показувати їх поліції на блокпостах. Зараз система пройшла довгий шлях: дистанційне визначення місцезнаходження водія та автоматичне зчитування вартості проїзду. Чим жвавіша вулиця, тим вища ціна квитка. На цінник також впливає вид транспорту, яким ви користуєтеся. Мотоциклісти та скутеристи платять лише половину повної вартості.

Міста поділені на зони, у кожній з яких встановлені мінімальні та максимальні тарифи. Якщо середнє навантаження стане меншим, то вулична ціна знизиться,

якщо навантаження буде високим, то ціна зросте. Таким чином трафік розподіляється максимально рівномірно. Низька ціна незавантажених вулиць спонукає водіїв робити вибір, а не створювати затори на вулицях.

На в'їздах у всі райони міста є рамки, а модулі під лобовим склом можна сканувати. Подібне сканування є на під'їздах до автостоянок. Плата за паркування автоматично списується з підключеного облікового запису водія.

Glide

Glide — це система, яка дозволяє відстежувати, наскільки завантажені вулиці автомобілями та навіть пішоходами. Для цього використовуються вбудовані датчики. Для збору інформації про кількість автомобілів прямо на дорожнє покриття встановили спеціальну плитку. Вони використовують електромагнітну індукцію для ідентифікації автомобілів.

На кожному перехресті є кнопка, яку пішоходи повинні натискати. Усі дані передаються на комп'ютери, які визначають, як довго мають тривати фази світлофорів у певних районах і по всьому місту. Glide - ефективна і незвичайна система, але MIT придумав більш сучасне рішення - RoadRunner. Після впровадження системи на всіх автомобілях міста буде встановлена певна кількість цифрових бірок. Пристрій буде встановлений біля дороги і зможе визначати кількість автомобілів і їх рух, потім передавати цю інформацію на сервер, визначати місцезнаходження автомобілів і передавати цю інформацію на центральний сервер. Якщо кількість автомобілів на вулиці перевищує пропускну здатність, її тимчасово закриватимуть для руху, а водіям рекомендуватимуть обрати альтернативні маршрути.

COE

Для громадян Сінгапуру купити автомобіль не так просто. Для цього необхідно отримати ліцензію на придбання автомобіля в Департаменті транспорту. Ліцензії продаються на аукціоні і прив'язуються до конкретного автомобіля. Ліцензія діє 10 років. Цю ліцензію не можна перепродати або перереєструвати іншій особі. У Сінгапурі машини коштують великих грошей. Податок з продажу, реєстраційні збори, митні збори та багато інших податків додаються до його

вартості. Припустимо, якщо ви купуєте Toyota Prius в Україні, то вона коштує 20 тис. доларів. Його ціна в Сінгапурі більш ніж у п'ять разів вища - понад 100 тисяч доларів.

3.2 Планування інтелектуальної транспортної системи

Першим рекомендованим кроком у впровадженні ефективної технології застосування ІТС є розробка стратегічного плану та плану впровадження ІТС. Це має значні переваги та максимальну ефективність у застосуванні ІТС технології для вирішення транспортних потреб регіону. Це також допоможе досягти послідовного підходу та дасть можливість проектам ІТС спиратися на ключові технології. Стратегічні плани ІТС є найбільш ефективними на національному та регіональному а не на місцевому рівні, оскільки програми ІТС часто застосовуються в регіонах або містах і повинні враховувати майбутнє зростання використання та фінансування(Таблиця 3.2).

Стратегічний план ІТС має включати такі елементи:

1. Сучасні та майбутні транспортні потреби та проблеми та їх пріоритети;
2. Перелік існуючих і запропонованих технологій застосування інтелектуальних транспортних систем, таких як установки різними організаціями, демонстраційні проекти, науково-дослідні проекти та інтелектуальні транспортні системи, проекти в майбутніх планах і бюджетах;
3. Перегляд існуючої технічної інфраструктури, що стосується використання інтелектуальних транспортних систем, зокрема телекомунікацій, а також структури будь-яких систем і стандартів, що використовуються;
4. Описати існуючі та бажані інституційні механізми, включаючи ролі та обов'язки та фінансові механізми;
5. Визначення ключових користувачів та їхні інтереси;
6. Оцінка потенціалу інтелектуальних транспортних систем для задоволення транспортних потреб і визначення пріоритетних застосувань інформаційних технологій (ІТ);

Таблиця 3.2.

Приклади учасників проекту ITC

Операційні вимоги	Учасники	ITC Приклади
Покращене управління рухом транспорта у місті	Регіональні транспортні органи, Місцеве управління транспортними процесами, Автобусні оператори	Введення пріоритетних схем для автобусів, Контроль за дорожніми сигналами, що пристосовуються в реальному часі, Інтеграція систем управління транспортними операціями на ключових магістралях та міських автомагістралях
Впровадження автоматичних систем оплати	Оператори систем дорожнього збору Місцеві органи управління транспортними операціями Оператори залізничного транспорту та автобусних компаній, пасажири	Електронний збір оплати, Електронна купівля і продаж квитків,
Зменшення попиту на особистий транспорт	Суспільство, Автомобілісти, Оператори вантажівок, Оператори автобусів, Місцеве управління транспортними операціями	Плата за в'їзд до міста наприклад, Схема плати за в'їзд до Києва
Інтеграція транспортів різних видів	Органи управління транспортом, Оператори автобусних компаній, залізничний транспорт і станції, Виробники транспортних засобів Провайдери послуг з надання приватної інформації	Системи управління транспортним парком Інформація про транспорт різних режимів Система навігації у транспортних засобах
Стратегічне управління транспортними міжміськими операціями	Дорожня поліція та служби надзвичайних ситуацій Оператори платних доріг, швидкісних автомагістралей та автодоріг	Відстеження аварій та надзвичайних ситуацій, Регіональний транспортний контроль Дорожні знаки з інформацією Що змінюється

Стратегічний план ITC далі перетворюється на детальний план впровадження ITC, що містить такі елементи:

- Огляд пріоритетних проектів застосування та використання ITC, аналіз потреб зацікавлених сторін, інституційної структури та технічних вимог допомагає розробити план.

- Організаційні рамки, в яких IT використовуються та працюють, включаючи міжорганізаційні угоди.
- Детальні короткострокові проекти та фінансові домовленості, а також запропоновані середньострокові та довгострокові проекти.

Використання інтелектуальних транспортних систем часто є дешевшими у порівнянні з традиційною транспортною інфраструктурою та може забезпечити прибутки, які значно перевищують початкові та поточні експлуатаційні витрати. Однак технологія застосування ITC також може призвести до значних витрат. Наприклад, капітальні витрати на декілька технологій, застосування приблизно оцінюються таким чином:

• Для великих застосувань (наприклад, 200 сегментів доріг) центр управління дорожнім рухом і кожен сигнал світлофора для сучасної системи UTC можуть коштувати від 35 000 до 95 000 доларів, включаючи вартість створення центру управління дорожнім рухом;

• Системи відстеження транспортних засобів для великих застосувань із сотнями транспортних засобів коштують приблизно від 1000 до 4000 доларів за транспортний засіб і включають бортовий GPS, центральну базову станцію та спеціальне програмне забезпечення та комп'ютери для відстеження транспортних засобів для контролю за ними та зв'язком;

Системи інформації про пасажирів автобусів, на додаток до систем стеження за автобусами, де інформація передається через змінні знаки повідомлення на автобусних зупинках, вартість кожної системи коливається від 1000 до 5000 доларів, залежно від змінного розміру повідомлення та типу екрану;

Витрати на платні системи платних доріг зазвичай становлять близько 2% від загальної вартості, але можуть досягати 5% капітальних витрат для дуже просунутих систем. Експлуатаційні витрати можуть бути вищими з таких причин:

Набір персоналу або диспетчерську;

Поточні витрати на зв'язок;

Витрати на амортизацію є високими, тому що термін служби комп'ютерів та інших передових технологій зазвичай становить менше 10 років, що є відносно коротким періодом часу порівняно з традиційною інфраструктурою.

Хоча річні експлуатаційні витрати з цих причин можуть становити від 10% до 50% капітальних витрат, часто існує значна економія коштів порівняно з ручними системами, які вони замінюють, та інші переваги у вигляді зменшення затримок і покращень, може бути досить високий рівень обслуговування, що призводить до вищих прибутків. Наприклад, запровадження електронних систем збору плати за проїзд у системах громадського транспорту заощадить витрати на оплату праці, зменшить можливість шахрайства та підвищить зручність для клієнтів порівняно з ручними системами оплати. Слід підкреслити, що капітальні та експлуатаційні витрати на використання інтелектуальних транспортних систем можуть значно відрізнятися, як і отримані вигоди. На щастя, Міністерство транспорту США нещодавно опублікувало кілька авторитетних звітів та інших документів, які містять інформацію про вартість одиниці ITC-технологій, які в поєднанні можуть вплинути на впровадження ITC.

Рентабельність ITC до розміру міста, тому кожна послуга була оцінена на предмет її можливої придатності для користувачів ITC і репрезентативних технологій або систем придатних для невеликих, середніх та великих міст (Таблиця 3.3). Існує значна подібність між містами середнього розміру та великими містами, хоча, як правило, очікується, що більш складні та розгалужені системи підходять для великих міст.

Таблиця 3.3.

Пріоритетність послуг для користувачів ІТС за розміром міста

Вузол послуг для користувачів	Послуга для користувачів	Приклади	Мале місто < 0,25 млн.	Середнє місто > 0,25 млн. і < 0,5 млн.	Велике місто > 0,5 млн.
Інформація для подорожуючих	Інформація до поїздки, інформація для водіїв під час поїздки, інформація про громадський транспорт	Розмаїття технологій/ систем	Ні	Так	Так
	Послуги надання особистої інформації	Розмаїття технологій /систем	Ні	Ні	Так
	Скерування маршруту та навігація	Системи навігації у транспортному засобі	Ні	Ні	Так
Управління транспортними операціями	Підтримка планування транспорту	Моделі попиту на міський транспорт, моделі ситуацій на перехрестях, системи GIS для керування гео даними	Лише дуже прості застосування	Так	Так
Управління транспортними операціями	Регулювання руху	Індуктивні петлі (на тротуарі), інфрачервоні (зверху) або оптичні з інтелектуальними камерами для відстеження транспортних засобів	Так	Так	Так
	Управління попитом	AID – Система автоматичного відстеження надзвичайних ситуацій, включає визначення корків	Ні	Так	Так
		Сигнали руху LED і регулюючі знаки	Так	Так	Так
		AVI – Автоматичне визначення транспортних засобів	Ні	Ні	Так
	Поліцейські/ Застосовні правила руху	Електронна оплата / збір (Вузол електронної оплати для користувачів)	Так	Так	Так

Продовження таблиці 3.3.

Пріоритетність послуг для користувачів ІТС за розміром міста

Вузол послуг для користувачів	Послуга для користувачів	Приклади	Мале місто < 0,25 млн.	Середнє місто > 0,25 млн. і < 0.5 млн.	Велике місто > 0.5 млн.
	Управління технічним обслуговуванням інфраструктури	Розмаїття технологій / систем	Так	Так	Так
Вантажний транспорт	Попереднє розмитнення автомобілів для комерційних перевезень та процедури адміністрування автомобілів для комерційних перевезень	Електронний обмін даними	Ні	Ні	Так
	Управління транспортним парком автомобілів для комерційних перевезень	Системи управління транспортним парком (FMS)	Ні	Так	Так
Громадський транспорт	Управління громадським транспортом	Системи управління транспортним парком (FMS)	Ні	Так	Так
	Особиста безпека повідомлення про надзвичайні ситуації	Камери CCTV	Ні	Так	Так
Управління у надзвичайних ситуаціях	Управління транспортними засобами у надзвичайних ситуаціях	Системи управління транспортним парком (FMS)	Ні	Так	Так
	Небезпечні матеріали і повідомлення про надзвичайні ситуації	Системи управління транспортним парком (FMS)	Ні	Так	Так
Електронна оплата	Електронні фінансові операції	Розмаїття технологій / систем	Ні	Так	Так
Безпека	Покращення безпеки для вразливих користувачів	Інтелектуальні пішохідні переходи	Ні	Так	Так

Для реалізації програми ІТС, потрібне планування та розгляд окремих проектів, їх розробки, оцінки, відбору та реалізації.

Оцінка проектів ІТС повинна брати до уваги труднощі оцінки переваг і може аналізуватися за низкою критеріїв. Об'єктивна оцінка переваг та витрат чи альтернативних рішень є вагомою частиною планування проекту.

Захист ІТС-додатків відрізняється від захисту традиційної інфраструктури, і розуміння цих відмінностей забезпечить успіх. Наприклад, ключовою відмінністю інтелектуальних транспортних систем, які включають високі технології, є те, що багато з цих технологій мають коротший термін служби, ніж традиційна інфраструктура. Цілі проекту мають бути чітко визначені та узгоджені з ключовими зацікавленими сторонами. Необхідно також узгодити організаційні ролі та обов'язки членів групи та графіки роботи. До проектів інформаційних технологій слід застосовувати стандартні методи управління проектами, визнаючи, що ІТ-проекти зазвичай містять комп'ютерні або програмні компоненти, а також елементи інфраструктури та обладнання. При впровадженні прикладних ІТС-технологій важко врахувати базову технічну інфраструктуру, яка є спільною для багатьох програм, і спиратися на існуючі засоби, особливо комунікаційну інфраструктуру.

ВИСНОВКИ

Сьогодні 55% населення світу живе в містах, і очікується, що до 2050 року ця частка досягне 67%. Також протягом трьох десятиліть ще 2.6 мільярда населення до міст додасть урбанізація . Економічна , соціальна та екологічна стійкість є необхідними кроками для того, щоб наші міста досягли швидкого розширення. Тому нові технології, такі як 5G та штучний інтелект, відіграватимуть важливу роль в Інтернеті речей у розумних містах у майбутньому. Мережі п'ятого покоління забезпечуватимуть меншу затримку більшу швидкість передачі даних, та ширшу пропускну здатність, дозволяючи розробляти нові застосунки IoT, які потребують обробки та передачі даних у режимі реальному часі. Алгоритми машинного навчання та ШІ можуть допомогти обробляти та аналізувати великі обсяги даних, створених пристроями IoT, роблячи системи IoT у «розумних містах» більш інтелектуальними, адаптованими та ефективними.

Щоб досягти довгострокових змін, нам потрібна сучасна інфраструктура для підтримки та синхронізації повсюдної роботи розумних продуктів у всіх сферах діяльності. Створити хороший додаток і веб-сайт для надання державних послуг недостатньо. Просто мати доступ до Інтернету недостатньо. Також необхідна надійна основа.

Крім того, ІТС-пристрої використовуються в їх найпростішій формі (наприклад, збір даних, але без їх застосування). А нові системи часто погано інтегруються в застарілі системи. ІТС системи часто несумісні одна з одною. Відповідні стандарти та специфікації необхідні для стимулювання розвитку відкритої архітектури для додатків ІТС. У різних країнах розробляються національні стратегії та стандарти розвитку інформаційних технологій. Однак, навіть незважаючи на значний прогрес, досягнутий на національному рівні, стандарти та протоколи на міському рівні все ще тільки починають з'являтися.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. 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 (09.11.2023)

2. Карта покрытия Киевстар [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://kyivstar.ua/4g#map-section (11.11.2023)

3. 4G ВІД VODAFON [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://4g.vodafone.ua/uk (09.11.2023)

4. Карта покрытия lifecell [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://4g.lifecell.ua/#map (12.11.2023)

5. 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 (16.11.2023).

6. Вишневский В. М. Широкополосные беспроводные сети передачи информации [Електронний ресурс] // В. М. Вишневский, С. Л. Портной, И. В. Шахнович А. И. Ляхов // - Режим доступу https://ua1lib.org/book/2417841/036ad7 (06.11.2023).

7. 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 (07.11.2023)

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 (05.04.2022)

8. LTE Cat-M1 [Електронний ресурс]– Режим доступу: (18.11.2023) https://www.4gltemall.com/ue-category/lte-cat-m1.html?limit=24

9. LIFECELL И ERICSSON ПРОДЕМОНСТРИРОВАЛИ ВОЗМОЖНОСТИ РЕАЛЬНОЙ 4G-СЕТИ [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.dsnews.ua/future/lifecell-i-ericsson-prodemonstrirovalivozmozhnosti-realnoy-4g-seti-02112017163900 (10.11.2023)

10. 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 (19.11.2023).

11. 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 (22.11.2023)

12. Площу доріг Києва потрібно збільшити втричі. URL: http://jkg-portal.com.ua/ru/publication/one/ploshhu-dorg-kiva-treba-zblshiti-vtrich17238

13. Подгайна Є. (2021). «Розумний» хаос: що не так із Smart City в українських містах1 [Електронний доступ] // - Режим доступу https://mind.ua/publications/20221673-umnyj-haos-chto-ne-tak-so-smart-city-v-ukrainskih-gorodah (28.11.2023)

14. Jafari M., Kavousi-Fard A., Niknam T., Avatefipour O. (2021). Stochastic synergies of urban transportation system and smart grid in smart cities considering V2G and V2S concepts. Energy 215. [Електронний доступ] // - Режим доступу https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119054 (07.12.2023)

17. Smart City Index 2021. Smart City Observatory. [Електронний доступ] // - Режим доступу https://www.imd.org/smart-city-observatory/home/#_smartCity (09.12.2023)

18. Smart Cities and Inclusive Growth. OECD Report 2020.

[Електронний доступ] // - Режим доступу https://www.oecd.org/cfe/cities/OECD_Policy_Paper_Smart_Cities_and_Inclusive_Growth.pdf (15.12.2023)

ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ



МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА НА ТЕМУ:

“Методи впровадження концепцій Smart City на основі технологій п'ятого покоління”

Виконав студент групи
АРДМ - 62

Романько Олександр

АКТУАЛЬНІСТЬ

Телекомунікаційні мережі удосконалюються з кожним роком. Із зростанням бездротових мереж високошвидкісний Інтернет доступний будь-де, де є мобільне покриття. Використання інновацій у передачі інформації призводить до появи нових варіантів технологічних процесів у містах. Розробка та впровадження мереж надає можливості для реалізації багатьох концепцій, таких як IoT та «Smart city». Ці концепції є прямим шляхом до модернізації, покращення рівня міста та його мешканців, спрощення ведення бізнесу та підвищення продуктивності. Використання новітніх технологій та врахування існуючого світового досвіду створення Інтернету речей дозволяє аналізувати та впроваджувати найкращі варіанти для задоволення потреб українських міст. Саме тому моя робота є актуальною.

Об'єкт дослідження – технологія п'ятого покоління, класи технології п'ятого покоління та їх застосування.

Предмет дослідження – Доцільність використання п'ятого покоління в концепції Smart city та складові IoT.

Метою даної роботи є вивчення технології п'ятого покоління, аналіз та демонстрація доцільності використання цієї технології в рамках концепції «Smart city».

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

ВСТУП

LTE надає можливість для забезпечення взаємодії та підтримки концепцій інтернет речей. Оскільки IoT є необхідною частиною створення та модернізації концепцій розумного міста, можливості, які відкриває IoT, та технології, які можна використовувати, включаючи технології стільникових бездротових мереж. Великі міста мають тенденцію до спрощення процесу взаємодії між машинами і людьми, тим самим покращуючи умови життя людей і підвищуючи продуктивність в різних сферах і галузях. Проєкти розумних міст є результатом розвитку цих тенденцій. З огляду на процес глобалізації та інтеграції світу, «розумні міста» вже давно набувають популярності в різних сферах як у повсякденному житті, так і в промисловості.

СУТНІСТЬ КОНЦЕПЦІЇ «SMART CITY»

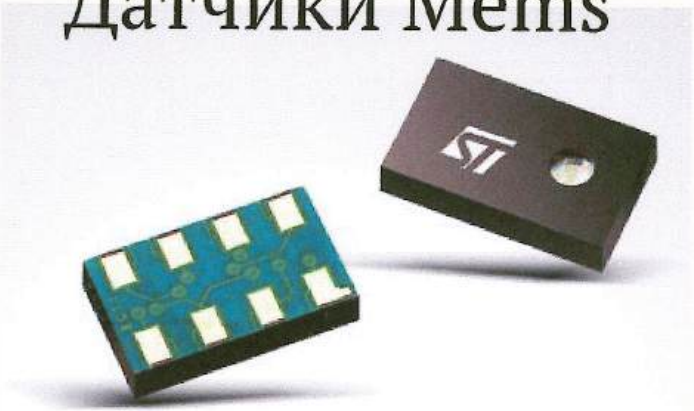


ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗБОРУ ДАНИХ

Фотоелектро датчик



Датчики Mems



датчики LIDAR



Температурні датчики



Пристрої LTE-M

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



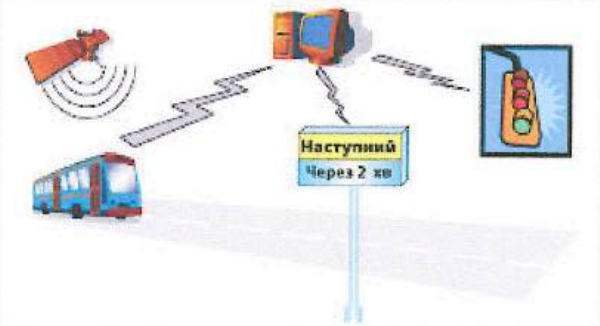
Карта покриття мережі 4G на території України



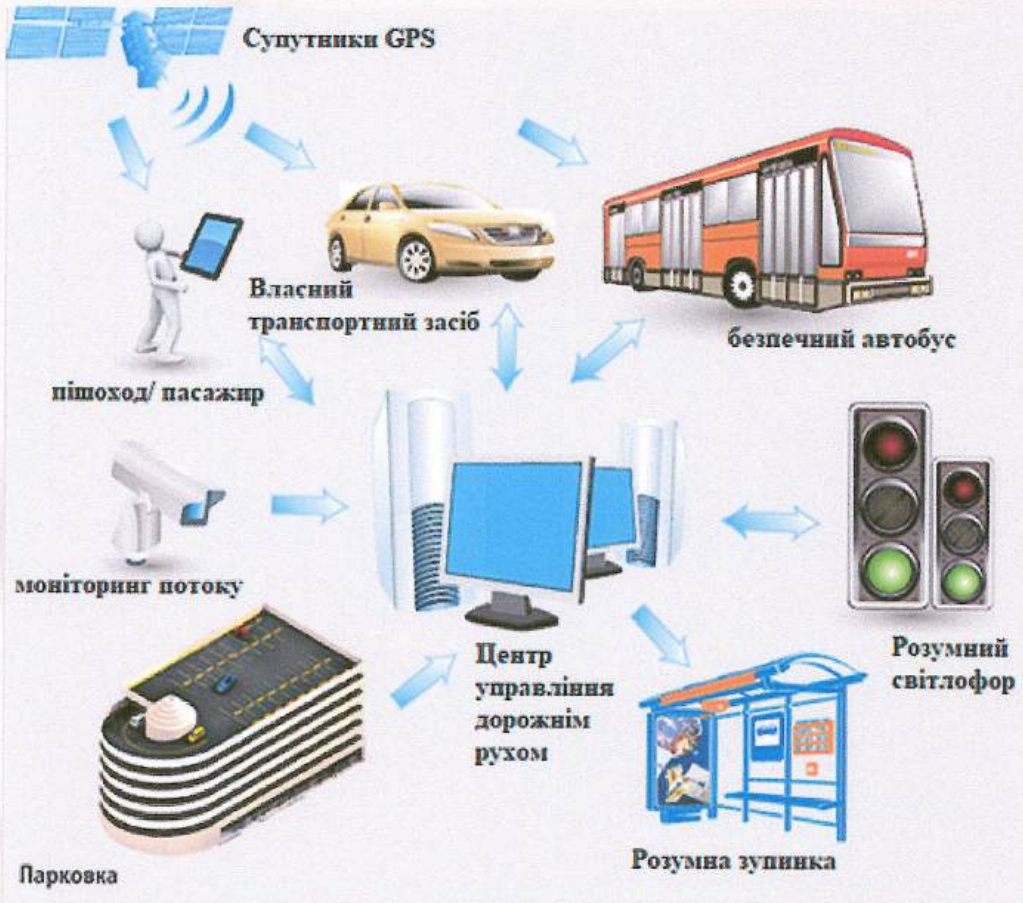




Інтелектуальна транспортна система







Висновок

Основа Інтернет речей це кінцеві точки, які можна інтегрувати в єдину мережу, коли вони мають доступ до Інтернету. Пристроєм виведення IoT може бути практично будь-який пристрій: від простих світлодіодів до повноцінних відеосистем. LTE, використовуються для розгортання мереж IoT, оскільки покриття провідних операторів стільникових мереж достатньо для створення концепцій Smart city. Взаємодія елементів M2M за допомогою мереж LTE може забезпечити операторам додатковий прибуток і стимулювати подальше зростання інвестицій.
Технологію LTE-M можна успішно використовувати для створення «розумного міста», яке вирішує нагальні проблеми 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: Олександр РОМАНЬКО

Назва: Методи впровадження концепцій Smart City на основі технологій п'ятого покоління

Координатор: Віталій СТРЕЛЬНІКОВ

Підрозділ: ННІТ

Коефіцієнт подібності 1:3

Коефіцієнт подібності 2:1.7

Тривога: 1

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*