

Комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії

(повна назва факультету)

Комп'ютерних наук

(повна назва кафедри)

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

(назва освітнього ступеня)

на тему: Роль інформаційних та комунікаційних технологій у побудові  
майбутніх розумних міст

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи СНС-42  
спеціальності 122 "Комп'ютерні науки"

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Ткачук Р.Я.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Мацюк О.В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Шимчук Г.В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Боднарчук І.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2021

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра Комп'ютерних наук  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри

«    » (підпис)                      «    » (прізвище та ініціали)  
20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 122 "Комп'ютерні науки"  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Ткачук Ростислав Ярославович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Роль інформаційних та комунікаційних технологій у побудові майбутніх розумних міст

Керівник роботи Мацюк Олександр Васильович, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «02» березня 2021 року № 4/7-171

2. Термін подання студентом завершеної роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Застосування розумних міст та інформаційні технології 1.1. Концепція та конотації розумного міста 1.2. Розвиток розумного міста 1.3. Загальна архітектура та допоміжні технології розумного міста 1.4 Інфраструктура розумних міст та роль ІКТ 2. Інформаційні та комунікаційні технології для розумних міст 2.1. Міжмашина взаємодія (M2M) та Інтернет речей (IoT) 2.2. Технології для спілкування в розумних містах 2.3. Дротові технології 3.Безпека життєдіяльності, основи хорони праці. Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи хорони праці	Гурик Олег Ярославович, к.т.н., доцент, доцент кафедри МТ		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Затвердження теми кваліфікаційної роботи		Виконано
2	Аналіз науково-технічних джерел		Виконано
3	Обґрунтування актуальності дослідження		Виконано
4	Аналіз предмету дослідження та предметної області		Виконано
5	Оформлення розділу «Застосування розумних міст та інформаційні технології»		Виконано
6	Оформлення розділу «Інформаційні та комунікаційні технології для розумних міст»		Виконано
7	Оформлення розділу «Безпека життєдіяльності, основи хорони праці»		Виконано
8	Нормоконтроль		Виконано
9	Попередній захист кваліфікаційної роботи		Виконано
10	Захист кваліфікаційної роботи		

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Ткачук Р.Я.  
\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Мацюк О.В.  
\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Роль інформаційних та комунікаційних технологій у побудові майбутніх розумних міст // Кваліфікаційна робота// Ткачук Ростислав Ярославович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних наук, група СНс-42 // Тернопіль, 2021 // сторінки 46, рисунки 10, джерел 33.

Ключові слова: інформаційні технології, комунікаційні технології, інтернет речей, великі дані, розумне місто.

У цій роботі представлено найсучасніший огляд інформаційних і комунікаційних технологій, які використовуються в розумних містах.

Розумне місто – місто з ефективним мережевим бізнес-кліматом, розумними професіями, і це найважливіші, розумні та вільні люди, які здатні приймати рішення та брати участь у міському житті та розвитку.

У випадку системного та комплексного підходу до впровадження розумного міста є можливість, що інструментальний потенціал інформаційних і комунікаційних технологій перейде на абсолютно новий спосіб управління та стане методом побудови концептуально нового міського формату.

## ANNOTATION

The role of information and communication technologies in building future smart cities // Qualification work // Tkachuk Rostyslav Yaroslavovych // Ivan Pulyu Ternopil National Technical University, Faculty of Computer Information System and Software Engineering, Department of Computer Science, group. CHc-42 // Ternopil, 2021 // pages 46, figures 10, sources 33.

Key words: information technology, communication technology, internet of things, big data, smart city.

This paper presents a state-of-the-art overview of information and communication technologies used in smart cities.

A smart city is a city with an efficient networked business climate, smart professions, and these are the most important, smart and free people who are able to make decisions and participate in urban life and development.

In the case of a systematic and integrated approach to the implementation of a smart city, there is a possibility that the instrumental potential of information and communication technologies will move to a completely new way of management and become a method of building a conceptually new urban format.

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

IT – інформаційні технології.

IoT (Internet of Things) – інтернет речей.

M2M (Machine-to-Machine) – машино-машинна взаємодія.

SCSM – концепція моделі розумного міста.

БД – база даних.

СКБД – система керування базою даних.

ПЗ – програмне забезпечення.

MySQL – вільна система керування реляційними базами даних

URL (англ. Uniform Resource Locator) - стандартизована адреса певного ресурсу в інтернеті

SEO (англ. search engine optimization) – процес оптимізації для пошукових систем

OSI (англ. Open Systems Interconnection Basic Reference Model) - абстрактна мережева модель для комунікацій і розробки мережевих протоколів.

## Зміст

- Вступ
- 1 Застосування розумних міст та інформаційні технології
  - 1.1 Концепція та конотації розумного міста
  - 1.2 Розвиток розумного міста
  - 1.3 Загальна архітектура та допоміжні технології розумного міста
    - 1.3.1 Цифрова міська технологія
    - 1.3.2 Інтернет речей
    - 1.3.3 Технологія хмарних обчислень
  - 1.4 Інфраструктура розумних міст та роль ІКТ
- 2 Інформаційні та комунікаційні технології для розумних міст
  - 2.1 Міжмашина взаємодія (M2M) та Інтернет речей (ІоТ)
  - 2.2 Технології для спілкування в розумних містах
  - 2.3 Дротові технології
    - 2.3.1 Огляд
    - 2.3.2 Нові комунікаційні технології
    - 2.3.3 LPWAN
    - 2.3.4 4.5 і 5Gбездротовий адаптер для розумних міст
- 3 Безпека життєдіяльності, основи хорони праці
  - 3.1 Випромінювання оптичного діапазону
  - 3.2 Первинні засоби пожежогасіння
- Висновки
- Перелік використаних джерел

## Вступ

Населення світу зростає в геометричній прогресії із середньою швидкістю 1,2% на рік за останні 50 років. У 2007 р. кількість людей, що мешкають у містах, вперше за всю історію перевищила кількість людей, які живуть у сільській місцевості.

Крім того, за оцінками, до 2050 року ця частка перевищить 70%. За даними Всесвітнього економічного та соціального опитування ООН за 2013 рік, Африка, Азія та інші регіони, що розвиваються, становитимуть, за оцінками, 80% світового міського населення в наступні роки. Хоча урбанізація має переваги, вона також приносить труднощі. Швидка урбанізація створює тиск на ресурсну базу та збільшує попит на енергію, воду та екологію, а також на державні послуги, освіту та охорону здоров'я. Отже, соціальні, економічні та екологічні проблеми стали тісно взаємопов'язаними. Міста значною мірою сприяють деградації навколишнього середовища на місцевому, регіональному та глобальному рівнях. Дослідження мають продемонстрували, що вони відповідають за 70% глобальних викидів парникових газів, а також 60–80% світового споживання енергії.

Таким чином, проблема для людства полягає в тому, що уряди та будь-який, хто приймає рішення, повинен знайти рішення та засоби для втілення дорожніх карт у відповідь на питання: як можна зробити міста розумними та стійкими?

Відповідь полягає в тому, щоб зробити міста «розумнішими» за допомогою ефективного управління ресурсами, інфраструктурою, екологічним середовищем, що призводить до покращення якості життя громадян. Це може стати можливим завдяки ефективному використанню засобів інформаційних і комунікаційних технологій, які здатні забезпечити екологічність та економічність життєздатні рішення для міст.



Десятиліття тому міста почали використовувати ІКТ для забезпечення кращих послуг та якості життя громадян. Еволюція міст розпочалася від «дротових міст», проходячи через «віртуальні міста», до «інтелектуальних міст», «інформаційних міст», «цифрових міст», «стійких зелених міст», а потім «розумних міст». В даний час фахівці говорять про розумні стійкі міста. Існує кілька визначень розумних міст залежно від галузі досліджень.

Для вирішення багатогранних та міждоменних проблем розумних міст Інтернет відіграє важливу роль у спілкуванні, обміні та обробці інформації, передачі та аналізі даних та розподілених обчисленнях.

Зростання Інтернету речей (IoT) та широкомасштабне впровадження веб-технологій у міському середовищі довели, що засновані на Інтернеті рішення можуть успішно вирішувати суспільні проблеми.

# 1 ЗАСТОСУВАННЯ РОЗУМНИХ МІСТ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

## 1.1 Концепція та конотації розумного міста

Цифрове місто існує у віртуальному просторі. Цифрове місто та фізична карта міста один до одного; відповідно, цифрове місто – це цифрове відтворення міста, де ми живемо в Інтернет-світі [1]. Розумне місто будується на базі цифрового міста. Використовуючи всюдищу мережу датчиків, розумне місто асоціюється з фізичним містом. Платформа хмарних обчислень обробляє масивне зберігання даних, обчислення, аналіз та процес прийняття рішень та здійснює автоматизований контроль на основі результатів аналізу та рішень [2].

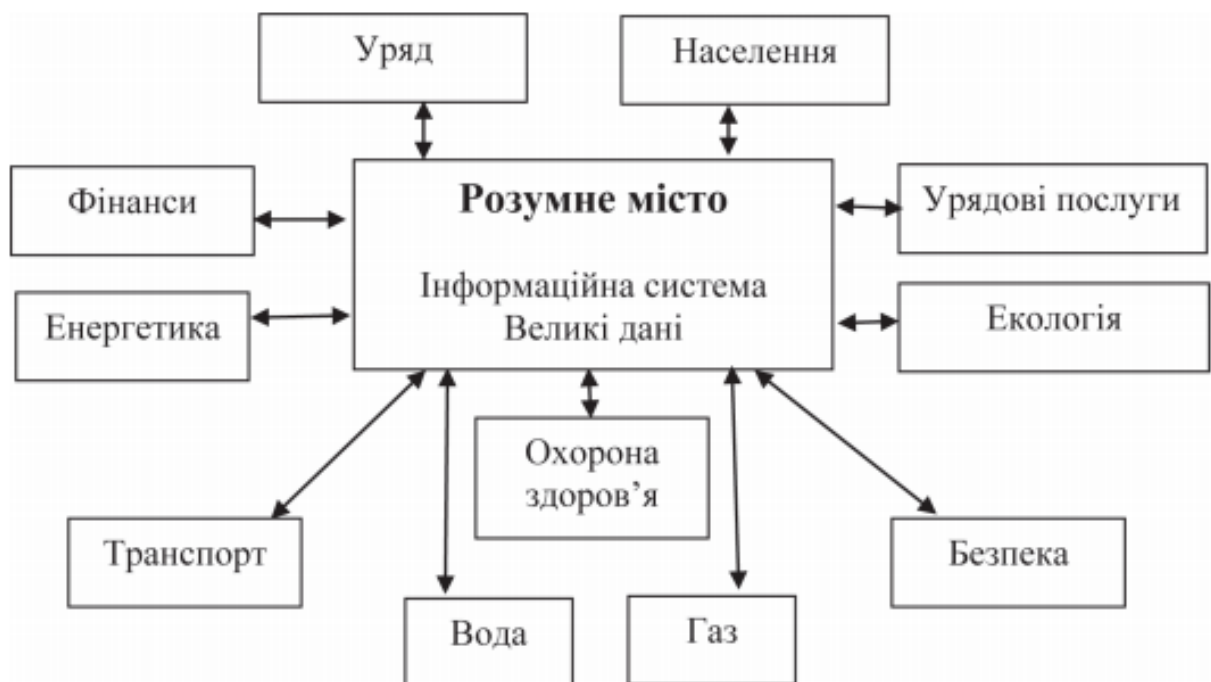


Рисунок 1.1 – Багатокомпонентна модель міста

На рівні розумного міста цифрові та фізичні міста можуть бути пов'язані Інтернетом речей, утворюючи тим самим інтегрований

кіберфізичний простір. У цьому просторі стан і зміни в реальному світі як людей, так і логістики будуть автоматично відчуватися в режимі реального часу. Хмарні обчислення обробляють масивні, складні обчислення та управління. Ця структура забезпечить розвідувальні служби для сприяння процвітанню людини, економічному розвитку та соціальній взаємодії для створення низьковуглецевої, екологічної та стійкої міської структури.

За допомогою простої формули ми можемо позначити розумне місто таким чином:

Розумне місто = цифрове місто + Інтернет речей + хмарні обчислення.

Десять ключових ознак розумного міста:

1. Інтелектуальні системи управління дорожнім рухом.
2. Розумний підхід до вуличного освітлення.
3. Залучення жителів міста до управління.
4. Розумний будинок.
5. Впровадження міської мережі Wi-Fi.
6. Розумний громадський транспорт.
7. Сповіщення про надзвичайні ситуації (НС).
8. Кнопки екстреного реагування.
9. Використання сонячних батарей.
10. Безготівкові платежі.

Концепція розумного міста, що з'явилася наприкінці ХХ століття, має своїх послідовників у ХХІ, має ряд інтерпретацій. Немає однозначної інтерпретації розумного міста, його основних характеристик та умов у суспільствознавстві.

Існує низка підходів до розуміння цього явища.

Згідно з концептуальною перспективою, розумне місто – це стратегічний підхід, що поєднує різні аспекти розвитку міста в одну систему, використовуючи штучний інтелект, ІКТ, соціальний та екологічний потенціал для розвитку міста та підвищення його конкурентоспроможності.

Відповідно до інфраструктурного підходу, розумне місто – це поєднання розумних мереж; це нова якість життя з використанням інноваційних технологій, що вимагають економічного та екологічно ефективного використання міських систем. Однак у XXI столітті міське середовище визначається не лише наявністю традиційної інфраструктури (матеріальних ресурсів), розумне місто вимагає розумних рішень, що забезпечують розвиток.

Завершуючи всю згадану вище інформацію щодо розумного міста, можна виділити наступні основні загрози, необхідні для розумного розвитку міста:

1. Наявність та ефективне використання мережевої інфраструктури з точки зору підвищення політичної та економічної ефективності та забезпечення соціального та культурного розвитку міста.

2. Містобудівний розвиток міста стає визначальним.

3. Соціальне включення всіх жителів міста в міські процеси стає вирішальним.

4. Зростаюча цінність технологічних та творчих напрямків в інфраструктурі міста. Цей фактор разом із соціальною інфраструктурою є ключовим фактором розвитку міста.

5. Наступним важливим фактором є наявність соціального та реляційного капіталу. Розумне місто – це місто, де суспільство здатне чомусь навчитися, змінити і зрозуміти його та створити нові знання.

6. Інший стратегічний компонент розумного міста, який слід згадати, – це соціальна та економічна стабільність.

7. Перелік, але не останній фактор розумного міста, – це наявність стабільно функціонуючих інститутів громадянського суспільства разом з ефективною взаємодією та взаємодією держави та суспільства та ефективним соціальним контролем, що особливо важливо в посттоталітарних суспільствах.

Розумне місто – це комплексна характеристика, яка означає розвиток міста з економічної, екологічної та соціологічної перспектив, розвиток інтелектуального та поглинаючого потенціалу міста та необхідні можливості його ефективного розвитку за допомогою розумного управління

## 1.2 Розвиток розумного міста

Розвиток розумного міста можна розділити на три етапи: інформаційний, цифровий та інтелектуальний. Розглянемо ключові події кожного етапу.

У вересні 1993 року Сполучені Штати (США) ініціювали програму «інформаційного шосе». У 1995 р. Китай почав просувати проект «восьми золотих», який приніс інформатизацію по всій країні, ознаменувавши початок інформатизації міст у Китаї.

У 1998 році віце-президент США Аль Гор запропонував концепцію «Цифрового глобуса» [3]. Будівництво «цифрових комфортних громад» знаменує входження міської інформатизації до нового етапу цифрового міста. Понад 300 міст Китаю створили попередні цифрові системи міської інфраструктури. Інтернет-цифрова карта, видана Національним бюро географічної інформації, що стала картою, стала носієм для цифрового Китаю та цифрових міст і використовується сотнями мільйонів користувачів Інтернету.

У 2006 році інформаційні технології наступного покоління, такі як Інтернет речей та хмарні обчислення, дозволили всебічно інтегрувати інформаційні системи та додатки в міську інформаційну систему. У 2008 році International Business Machines Corporation (IBM) запропонувала нову концепцію розумного міста. У 2009 році Сем Палмісано, генеральний директор IBM, зробив пропозицію президенту Бараку Обамі сприяти створенню інтелектуальних базових інфраструктур. Ця пропозиція мала на

меті подолання фінансової кризи та залучення нової рушійної сили до соціально-економічного розвитку. Він представляє нову еру міст, які переходять від цифрової до інтелектуальної.

Розвиток розумного міста продовжується від побудови ранньої інформаційної інфраструктури міста до цифрової міської інфраструктури. Однак розумне місто приділяє більше уваги інтеграції інформаційних ресурсів, обміну інформацією та інтеграції інших інфраструктур та послуг. Він робить більший акцент на плануванні та координації муніципального управління та має більш жорсткі вимоги щодо термінів. Він являє собою передовий етап міської інформатизації та оцифрування та відзначається в режимі реального часу, інтерактивними та інтелектуальними послугами. Це також ознака високого ступеня інтеграції між індустріалізацією та інформаційними технологіями.

### **1.3 Загальна архітектура та допоміжні технології розумного міста**

Міста забезпечують функції відтворення людини, економічного розвитку, соціальної взаємодії та культурного задоволення. Розумне місто забезпечить різноманітні інтелектуальні додатки та послуги в цих чотирьох сферах, сприяючи тим самим більш скоординованому розвитку між людиною та суспільством, а також між людиною та природою.

Розумне місто покладається на інфраструктуру цифрового міста. Він організовує розташування людей та предметів відповідно до географічного розташування, а також отримує та передає дані та інформацію через Інтернет речей. Масові обчислення в реальному часі проводяться за допомогою хмарних обчислень і забезпечують зворотний зв'язок з блоком управління за допомогою Інтернету речей. Блок управління здійснює інтелектуальне та автоматичне управління, роблячи місто розумним.



Рисунок 1.2 – Інфраструктура розумного міста

Загальна архітектура розумного міста складається з рівня сприйняття для отримання даних, мережевого рівня для передачі інформації, сервісного рівня для масового зберігання даних, аналізу та обробки в реальному часі та рівня додатків для кінцевих користувачів, як показано на рисунку 1.3. У наступних розділах представлені три допоміжні технології розумного міста, включаючи підтримку цифрового міста, Інтернет речей та хмарні обчислення.

### 1.3.1 Цифрова міська технологія

Цифрове місто – це інформаційна модель безшовного охоплення всього міста. Він організовує розкидану інформацію міста різного типу залежно від географічного розташування. Він не лише відображає притаманні зв'язки різних типів інформації міста (природної, культурної, соціальної тощо), але також дозволяє легко отримувати та використовувати географічні координати [4]. На основі географічного розташування цифрове місто консолідує основні географічні дані, дані ортофотографії, дані зображення вулиць, дані панорамних зображень, дані тривимірної моделі,

тематичні дані та інші типи даних у цифровому місті. Завдяки сервісно-орієнтованій архітектурі вона надає користувачам різні типи просторових та атрибутивних даних через мережу [5]. Різні типи користувачів діляться своєю інформацією шляхом реєстрації в мережі та публікують цю інформацію у вигляді послуг на геопросторових платформах каркасного цифрового міста. Уряд, промисловість, громадськість та інші користувачі можуть легко отримати відповідну інформацію про такі питання, як транспорт, туризм, охорона здоров'я, освіта, надзвичайні заходи та інші супутні послуги [6].

### **1.3.2 Інтернет речей**

Використовуючи радіочастотну ідентифікацію (RFID), інфрачервоні датчики, системи глобального позиціонування (GPS), лазерні сканери та інші пристрої, що сприймають інформацію, Інтернет речей з'єднує речі та Інтернет на основі протоколів та здійснює обмін інформацією та зв'язок для досягнення інтелектуальних ідентифікаційних даних – каткування, позиціонування, відстеження, моніторинг та управління. Інтернет речей забезпечує зв'язок між людьми, між людьми та машинами та між машинами [7].



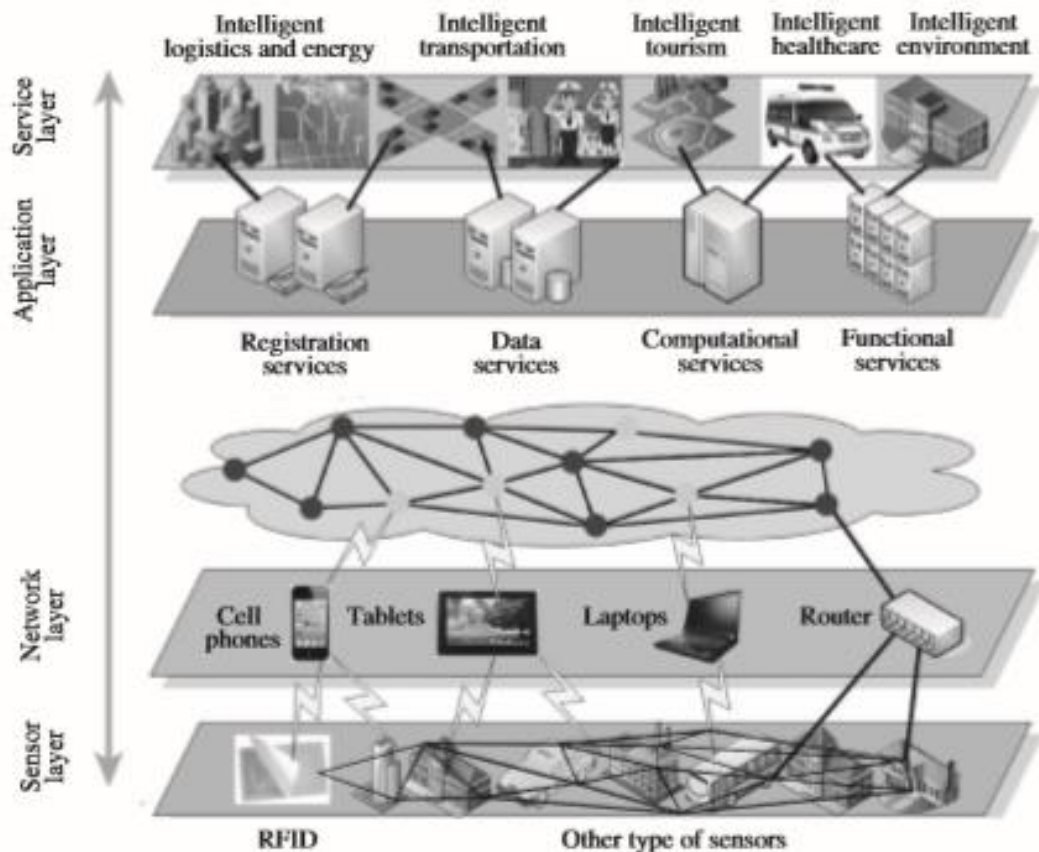


Рисунок 1.3 – Архітектура розумного міста

Всесвітній дослідницький форум бездротових мереж прогнозує, що майбутній світ – це світ повсюдних мереж і що до 2017 року їх буде 7 трильйонів датчиків для обслуговування 7 мільярдів людей на планеті [8].

Ці датчики, використовуючи різні дротові та бездротові мережі, надаватимуть користувачам додатки та послуги з фіксованою точкою, кочові та мобільні пристрої.

### 1.3.3 Технологія хмарних обчислень

Хмарні обчислення – це обчислювальна модель на базі Інтернету для участі громадськості. Його обчислювальні ресурси є динамічними, масштабованими, віртуалізованими та надаються як послуга. Хмарні обчислення – це модель обчислень на основі Інтернету, розширення

розподілених обчислень та обчислювальних мереж [9]. Хмарні обчислення сприяють інтеграції ресурсів, обміну інформацією та співпраці між програмним забезпеченням; він також здійснює сервісно-орієнтовані обчислення. Хмарні обчислення можуть швидко обробляти величезні обсяги даних, що виробляються по всьому світу, і одночасно обслуговувати мільйони користувачів [10].

Платформи розділені на п'ять категорій відповідно до технологій, що використовуються кожною з платформ. На рис.1.4 представлено огляд платформ проаналізованих розумних міст. На цьому рисунку представлено більшість платформ, що використовують Cloud Computing.

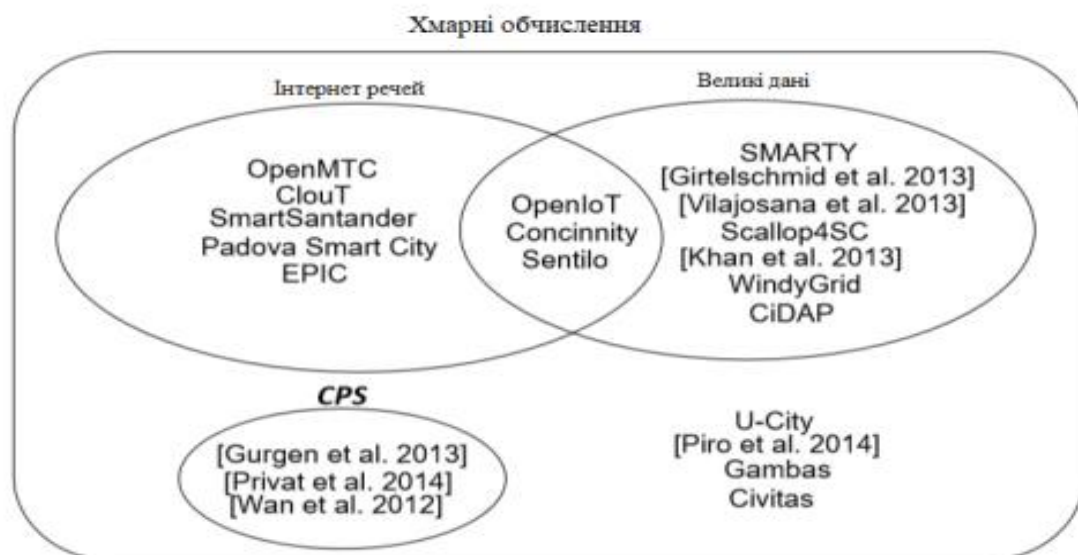


Рисунок 1.4 – Використання технологій, що надаються платформами розумного міста

Майже всі вони використовують, принаймні, ще одну технологію, а саме більш загальнодоступну інформацію та великі дані.

## 1.4 Інфраструктура розумних міст та роль ІКТ

Налаштування розумного міста - це більше, ніж вдосконалення старої системи за допомогою технологій, просто додавши давачі, віддалений нагляд та управління до основних міських послуг. Це має бути повною зміною парадигми у повсякденному житті при використанні нових технологій, особливо нових ІТ, що призводить до розумних результатів. Якщо це так, слід поставити кілька основних питань щодо прийняття будь-якої стратегії трансформації для модернізації ідей розумного міста в існуюче місто:

Які конкретні можливості та загрози для існуючої інфраструктури та послуг?

Як переробити та інтегрувати ІТ розумним способом?

Як управляти ризиком збільшення обсягів усієї зібраної інформації?

Звичайно, відповіді будуть різними в кожному випадку, оскільки не існує унікального та загального підходу до простої покрокової процедури побудови розумних міст за допомогою ІТ.

Як правило, починаємо з моделювання розумних міст. Оскільки існує багато можливих рішень, ведуться дискусії щодо основних опор, що будують місто, після чого розумність можна перевірити в кожній опорі міста. Без втрати загальності, основними загальними чотирма опорами, що будують місто є економіка, управління, навколишнє середовище та суспільство. Вони відображаються у трьох всеосяжних вимірах міста: навколишнє середовище та стійкість, послуги на рівні міста та якість життя. Кожен із цих вимірів має кілька характерних атрибутів, які іноді перекриваються. Стійкість та навколишнє середовище є критично важливими для міського ландшафту, оскільки міста становлять 75% споживання енергії та 80% викидів CO<sub>2</sub> на глобальній основі.

Основними атрибутами цього виміру є інфраструктура та управління, енергетика та зміна клімату, забруднення, відходи, соціальні, економічні та

медичні аспекти. Що стосується послуг міського рівня, то ключові атрибути включають технологію та інфраструктуру (наприклад, транспорт, будівлі, охорона здоров'я), стійкість (наприклад, вода, повітря, відходи), управління (наприклад, організація, управління та керівництво) та економіка (наприклад, , фінансовий, людський капітал, економічна сила). Остаточний вимір - якість життя громадян. Це відображає, як мешканці міста сприймають власне почуття добробуту та той факт, що вони постійно прагнуть покращити себе - наприклад, з точки зору багатства, здоров'я та освіти. Все вищезазначене потрібно збалансувати для успішного розумного сталого міста.

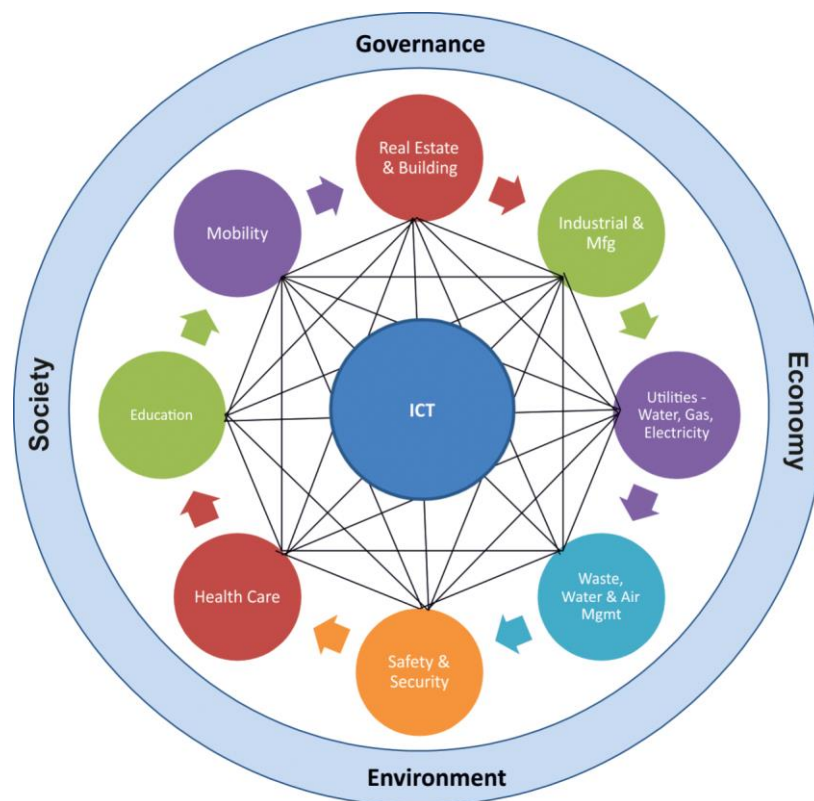


Рисунок 1.5 - Основні компоненти стійких розумних міст та положення ІКТ.

Інфраструктура є ключовим аспектом розумного сталого міста. Традиційно існували два типи інфраструктури: фізична (наприклад, будівлі,

дороги, транспорт та електростанції) та цифрова (інформаційні технології (ІТ) та комунікаційна інфраструктура). Існує також інфраструктура послуг, яка надає послуги, що працюють на рівні фізичної інфраструктури (наприклад, освіта, охорона здоров'я, електронне урядування).

ІТ відіграють вирішальну роль, вони виступають платформою для збору інформації та даних з міст, щоб допомогти покращити розуміння того, як функціонує місто з точки зору споживання ресурсів, послуг та способу життя, як це показано в рис.1.1

ІКТ також включають такі функції, які є ключовими для досягнення цілей та максимізації ефективності розумного міста:

- Обмін інформацією та знаннями з підтримкою ІКТ: Традиційно, через неефективність обміну інформацією, місто може бути не готовим вирішити проблему, навіть якщо воно добре підготовлене для реагування. Отримавши негайну і точну інформацію, міста можуть зрозуміти проблему та вжити заходів до її ескалації.
- Прогнози з підтримкою ІКТ: Підготовка до таких стресових факторів, як стихійні лиха, вимагає значного обсягу даних для вивчення закономірностей, виявлення тенденцій, розпізнавання зон ризику та прогнозування потенційні проблеми. ІКТ надають та управляють цією інформацією ефективніше, щоб місто могло покращити свою готовність та можливості реагування.
- Інтеграція з підтримкою ІКТ: Необхідно забезпечити доступ до своєчасної та відповідної інформації (наприклад, системи раннього попередження на основі ІКТ), щоб краще зрозуміти вразливість міста та сильні сторони.

## 2 ІНФОРМАЦІЙНІ ТА КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ РОЗУМНИХ МІСТ

### 2.1 Міжмашина взаємодія (M2M) та Інтернет речей (IoT)

Зв'язок M2M іноді плутають з IoT, оскільки він аналогічно призначений для підключення датчиків та інших пристроїв до систем ІКТ за допомогою дротових або бездротових мереж. Однак IoT означає цілу парадигму, що включає набір технологій, систем та принципів проектування, пов'язаних із появою загальних речей, пов'язаних з Інтернетом, а також більш широку мережу "Інтернет", засновану на конкретному фізичному середовищі. Очікується, що екосистема IoT досягне структури, подібної до сучасної Інтернету, де вміст може також включати речі та реальний світ, а M2M виступає в якості активатора. Очікується, що IoT, крім з'єднання людей, засобів масової інформації та вмісту, з'єднає всі реальні активи, оснащені змінним інтелектом, що дозволяє обмін інформацією, взаємодія з людьми, підтримка бізнес-процесів підприємств та творчість. Таким чином, IoT є розширенням існуючого Інтернету, з автоматичним збором даних, контролем та наглядом за фізичною інфраструктурою за допомогою віддаленого моніторингу та управління, як показано на рис.2.1.

Розроблено детальний аналіз диференціації характеристик між M2M та IoT у [7]. У довгостроковій перспективі, впровадження та впровадження широкомасштабних рішень IoT повинно пройти глибоке розуміння цільових систем, економії від масштабу та методів взаємодії, на додаток до ключових факторів бізнесу та структур управління в ланцюгах створення вартості.

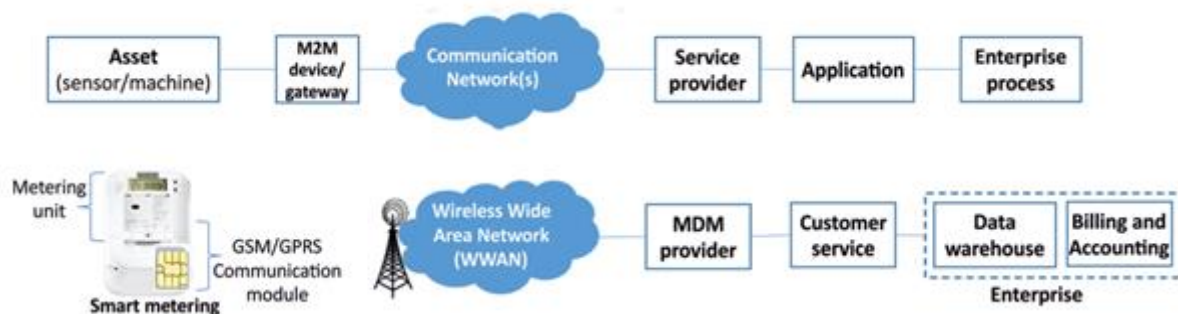


Рисунок 2.1 - Загальна система M2M та відповідна система інтелектуального вимірювання

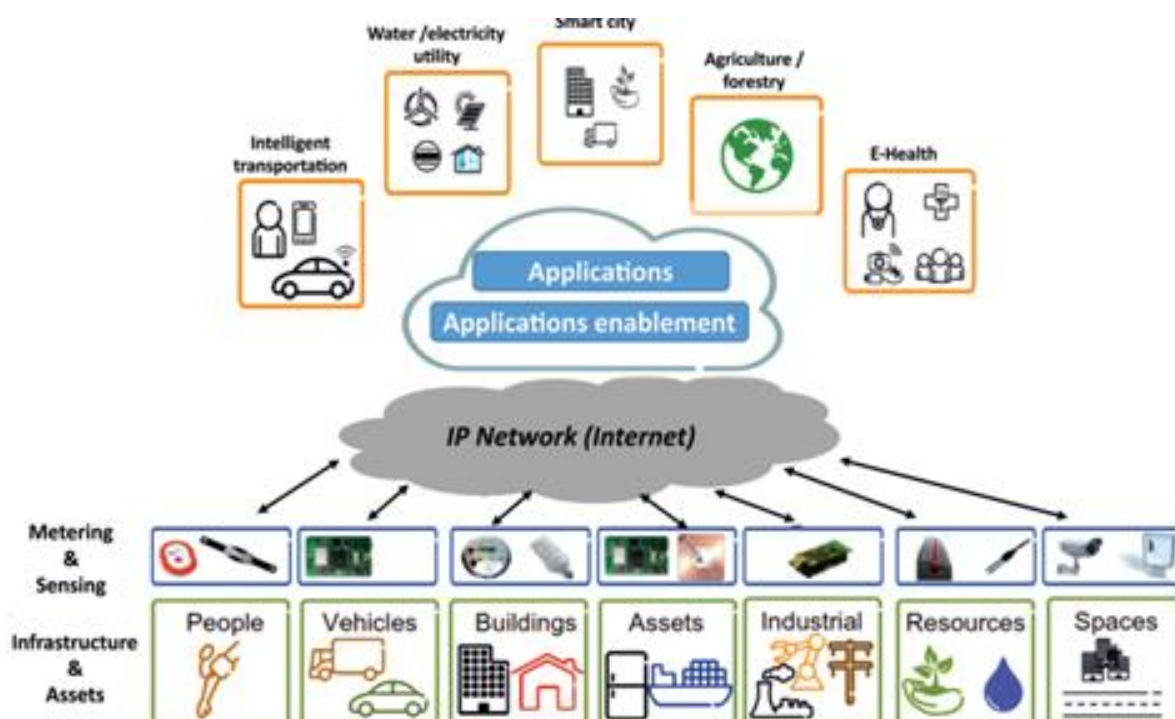


Рисунок 2.2 - Огляд архітектури IoT, включаючи різні сфери застосування

Інтернет речей (IoT) - це недавня парадигма і широко вживаний термін для набору технологій, систем та принципів проектування, пов'язаних з новою хвилею пов'язаних з Інтернетом речей, які базуються на фізичному середовищі. Багато в чому він може спочатку виглядати так само, як зв'язок M2M, підключаючи датчики та інші пристрої до систем ІКТ за допомогою

дротових або бездротових мереж. Однак, на відміну від M2M, IoT також стосується підключення таких систем і датчиків через мережі Інтернет-протоколу (IP). Це гарантуватиме високу сумісність та підключення пристроїв різних виробників. Це збільшить масове виробництво та впровадження, а отже, і зниження ціни на інноваційні продукти, завдяки екосистемі IoT, яка з'явиться не схожою на сучасний Інтернет, дозволяючи речам та реальним об'єктам з'єднуватися, спілкуватися та взаємодіяти між собою в так само, як це роблять люди сьогодні через Інтернет.

У майбутньому Інтернет стосуватиметься не лише людей, засобів масової інформації та контенту, але він також включатиме всі реальні активи як розумні істоти, які обмінюються інформацією, взаємодіють з людьми, підтримують бізнес-процеси підприємств та створюють. IoT не є новим Інтернет, і це продовження існуючого Інтернету, де технологія, віддалений моніторинг та управління застосовуються до автоматичного збору даних та контролю та нагляду за фізичною інфраструктурою, як показано на малюнку 6. Детальний аналіз диференціації характеристик між M2M і IoT розроблено в [7].

## **2.2 Технології для спілкування в розумних містах**

Розумні міста мають справу з великою кількістю населення та інфраструктурою, нерівномірно розподіленою в районі міста. Це призведе до великої кількості кінцевих точок додатків. Тому нормально, що будуть використовуватися різні комунікаційні технології.

Загальні технології, які в даний час широко використовуються і матимуть важливий вплив на ландшафт ІКТ, представлені на рис.2.3.

Вони класифікуються на внутрішні рішення, де відправник і одержувач знаходяться на відносно невеликій території, як кімната / будинок / будівля, і зовні рішення, де комунікаційні системи далекі одна від одної. Зрозуміло, що



технологія бездротового зв'язку - це в основному технологія, і навіть Інтернет сьогодні в основному доступний або через Wi-Fi, або через 3G / 4G.

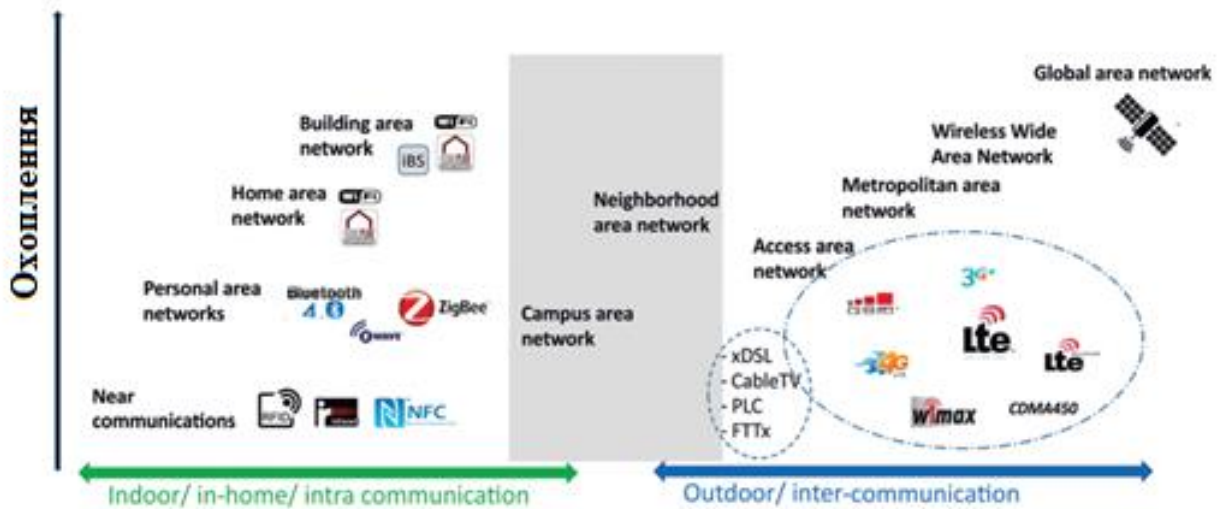


Рисунок 2.3 - Основні технології, які відіграють роль у комунікації розумних міст

Бездротове підключення забезпечує перевагу мобільності та простоти розгортання. Однак дротовий зв'язок також буде присутній у комунікаційному середовищі для розумних міст, особливо там, де потрібні дуже високі швидкості.

### 2.3 Дротові технології

Як було зазначено вище, дротове спілкування є частиною комунікаційної платформи розумного міста. Як правило, він пропонує високу швидкість передачі даних, стійкість до перешкод, стабільність роботи з точки зору досягнутої швидкості передачі даних та швидкості помилок бітів (BER), на відміну від бездротового зв'язку, що страждає від пошкоджень бездротових каналів та фізичних явищ, що послаблюють електромагнітну хвилю під час

радіо- поширення хвиль, таких як відбиття, заломлення, втрата шляху та згасання. Однак його головним недоліком є необхідні цивільно-будівельні роботи з прокладки кабелів, що призводить до більших інвестицій та тривалого часу розгортання. Це було і буде основною перешкодою для розгортання оптоволокна до дому (FTTH). Тому існує великий інтерес щодо повторного використання існуючих у галузі кабелів, таких як цифрові абонентські лінії (DSL), кабельне телебачення (CATV) та лінія зв'язку (PLC). У звичайних телекомунікаційних послугах для голосу та Інтернету рішення DSL займають найбільшу частину ринку мереж зони доступу. Однак із появою розумних міст та деякими його спеціальними програмами з'явилися нові технології, що відповідають деяким особливим вимогам.

Наприклад, PLC широко використовується в Європі для автоматизована інфраструктура вимірювання (AMI), яка створює ядро інтелектуальної мережі, оскільки комунальні підприємства хочуть використовувати власну інфраструктуру, в даному випадку низьковольтні силові кабелі, для побудови своєї платформи зв'язку. Уникаючи інфраструктури від третіх сторін, комунальні послуги прагнуть повністю контролювати комунікаційну інфраструктуру або, принаймні, її частину.

З цією метою були розроблені нові стандарти та досліджено новий спектр, як стандарти метрів та більше, розгорнуті для понад 30 мільйонів розумних лічильників компанією ENEL в Італії [8], посилальна архітектура якої представлена на рис.2.4, стандарт PRIME, розроблений іспанською службою IBERDROLA [9] та G3-PLC, розроблений у Франції ЄФРР [10].

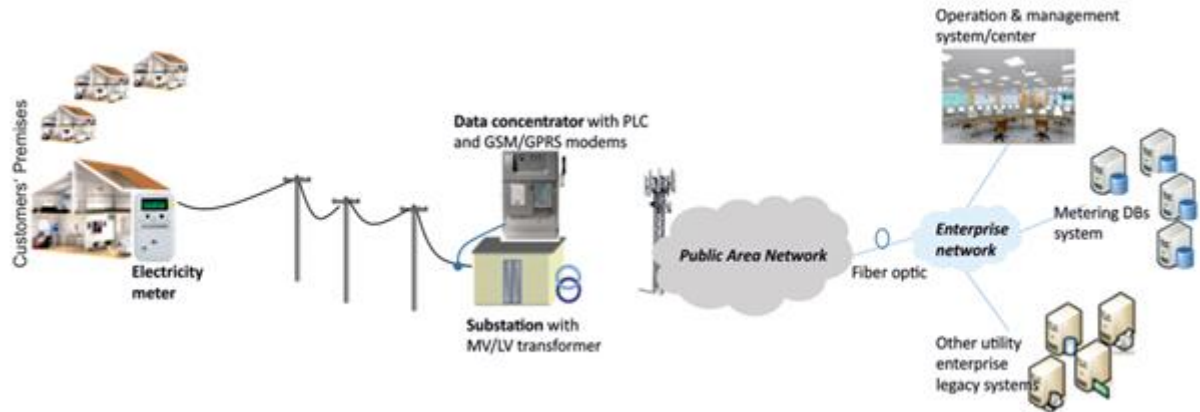


Рисунок 2.4 - Довідковий архітектор

Також є кабельне телебачення використовується для інтелектуального вимірювання, але зв'язок між лічильником та кабельним модемом відбувається через бездротову локальну мережу (WLAN) за допомогою технології IEEE802.11 (Wi-Fi).

### 2.3.1 Огляд

Бездротові технології - це епоха проспекту, де щороку розробляються та випускаються нові стандарти та випуски. Ця нова ера посилилася з моменту появи першого стандарту (випуск 8) довгострокової еволюції (LTE), який оброблявся як четвертий мобільний покоління (4G). З тих пір швидкість передачі даних мобільного зв'язку не припиняла різко розвиватися, так що в даний час 4G легко досягає 600 Мбіт / с у містах, і навіть 1 Гбіт / с вимірюється в польових випробуваннях 5G. Ці вибухові пропускні спроможності стають можливими завдяки застосуванню передових технологій, таких як вдосконалені модуляції з декількома носіями, багато входів і багатовиходів (MIMO), адаптивне кодування та модуляція (ACM) [11].

Незважаючи на ці переваги, деякі критичні моменти все ще залишають проблему використання комерційних мобільних послуг у деяких програмах

розумних міст. Беручи приклад із інтелектуальної мережі, комунальні послуги досі стикаються з наступними критичними проблемами:

- Велика кількість користувачів і відсутність гарантій обслуговування у критичних ситуаціях: для деяких пріоритетних програм інтелектуальних міст, таких як катастрофи та управління громадською безпекою, частка тієї самої інфраструктури, що має нижчий пріоритет, може поставити під загрозу вимоги до пріоритетних програм, роблячи це неефективний.
- Короткий життєвий цикл бездротових технологій: комунальні підприємства використовують свої бізнес-моделі, розглядаючи обладнання, яке триває більше 20 років. Однак сучасний мобільний зв'язок має короткий життєвий цикл, як показано на малюнку 9. Насправді, Глобальна система мобільного зв'язку / Загальна пакетна радіослужба (GSM / GPRS, тобто 2G / 2.5G) знаходиться в кінці життя, так що AT&T у США вже почали відключати свою інфраструктуру GSM / GRPS, оскільки оператори мобільних мереж (MNO) вважають, що це марнотратство OPEX та ефективність спектру [12]. Це питання також обговорюється для старої версії Універсальної системи мобільного зв'язку (UMTS, тобто 3G).
- Короткий життєвий цикл електроніки: Традиційні механічні лічильники електроенергії, які також називаються лічильниками Ferrarі, мають життєвий цикл близько 25 років і більше. Сучасні інтелектуальні розумні лічильники з усіма типами електронних компонентів всередині та його модулем зв'язку будуть рідко досягають цього віку життєвого циклу. Як приклад, енергосистема Італії ENEL має загалом понад 32 мільйони пунктів обліку, а ERDF у Франції - понад 36 мільйонів метрів. Враховуючи таку велику кількість кінцевих пристроїв, комунальні підприємства повинні

налаштувати свій бізнес моделі, засновані на інтенсивному аналізі вигоди та витрат.

- Низький рівень заряду акумулятора: Сучасні мобільні мережі сильно споживають енергію акумулятора.
- Покриття в приміщенні та проникнення в будівлі: Більшість розумних лічильників розміщуються у підвалах будівель, до яких дуже рідко дістається сигнал покриття GSM, особливо в європейських містах. У цьому випадку комунальні служби повинні використовувати перший рівень зв'язку, домашню зонумережі (HAN) або будівельної мережі (BAN). Це також проблема для спілкування на розумній парковці в метро.

Вищезазначені виклики підштовхнули виробників обладнання створювати асоціації, щоб об'єднати свої точки зору разом із промисловцями та визначити вимоги до наступного покоління бездротових та мобільних мереж. Найвідоміші міжнародна асоціація - це альянс мобільного зв'язку наступного покоління [13]. Їх діяльність призвела до нових стандартів та нових продуктів та технологій бездротових мереж, в основному відомих як бездротові бездротові мережі (LPWAN). Ці нові покоління та технології будують фокус наступної сесії.

### **2.3.2 Нові комунікаційні технології**

Як уже зазначалося, розумні додатки вже розгорнуті з використанням сучасних технологій, а стандарти прогнозують більший рівень розумності в поточному розгортанні, що забезпечується пропонованими технологіями та функціями. Як приклад, LTE та LTE - A можуть надати корисні характеристики для додатків інтелектуального міста, на додаток до LPWAN. IoT тісно пов'язаний із програмами інтелектуального міста, оскільки ці програми найбільше покладаються на розумне вимірювання у поєднанні з до

та / або після інтелекту. Таким чином, додатки, що підтримують LTE, підтримують розумне місто, зосереджуються на вимогах IoT. У таблиці 2 наведено деякі характеристики IoT LPWAN, достатні на сьогодні для низькошвидкісних програм.

Зверніть увагу, що існують бездротові мережі, які вже використовуються для програм із низьким енергоспоживанням, таких як Bluetooth, Wi-Fi та ZigBee. Однак довготривала продуктивність та стільникові мережі M2M, на яких в основному базуються розумні міста, були б дорогими та енергоємними, крім того, що стосується апаратних засобів та послуг, вони є дорогими, тоді як багато пристроїв підключення масово розгортаються у розумному місті, але потрібно тривалий час надсилати лише невеликі обсяги даних, зберігаючи тривалий час автономної роботи. Порівняно з іншими технологіями, LPWAN розміщується в діапазоні, показаному на малюнку 11. За варіантами використання, інші технології можуть бути використані для розгортання IoT.

### 2.3.3 LPWAN

Однією з головних проблем зв'язку M2M є низькопотужна комунікація на великій відстані. Технології LPWAN, щоб досягти можливостей великого діапазону, повинні використовувати високу чутливість приймача до -130 дБм порівняно з -90 до -110 дБм у багатьох традиційних бездротових технологіях. Це передбачає більшу енергію на біт і, отже, більш повільну швидкість модуляції. Прикладом тут є SigFox, який використовує надзвичайно повільну модуляцію BPSK. Деякі існуючі платформи LPWAN описані нижче:

- LoRaWAN - це специфікація LPWAN для бездротових речей, що працюють від акумулятора, з низькою швидкістю передачі даних на великі відстані, як правило, 15–20 км, що пропагується Альянсом LoRa12. Він може забезпечити покриття, подібне до покриття стільникової мережі, з мільйонами вузлів і часом автономної роботи

понад 10 років. На практиці мережі LoRa вже розгорнуті операторами стільникової мережі, які використовують існуючі щогли для кріплення антен LoRa, з можливістю поєднання антен в деяких випадках. Вимоги до LoRAWAN відповідають ключовим ключовим вимогам IoT, таким як безпечний двонаправлений зв'язок, мобільність та послуги локалізації. Головною перевагою цього стандарту є простота локальної установки та простота використання для кінцевого користувача та розробника. Підтримувані швидкості передачі даних складають від 0,3 до 50 кбіт / с, а вибір швидкості передачі даних є компромісом між діапазоном зв'язку та тривалістю повідомлення.

- SigFox - це глобальна мережа IoT, розроблена виключно для зв'язку між пристроями великого обсягу та малими повідомленнями з низькою вартістю розгортання. Історично він був розроблений першим. SigFox - це вузькосмугова технологія, що використовує модуляцію BPSK. Таким чином, він має ту перевагу, що дозволяє приймачу слухати лише крихітний фрагмент спектра, що пом'якшує ефект шуму. Він має двонаправлену функціональність, але його пропускна здатність від базової станції до кінцевої точки обмежена. В даний час Sigfox розгортається у багатьох областях, хоча для цього потрібна нова архітектура через повільну передачу.
- Інші рішення, що існують на ринку, такі як невагома, Symphony Link, Nwave або Ingenu. Зверніть увагу, що більшість рішень LPWAN розглядають подібні випадки використання, визначені в 5G Umbrella, з назвою "Massive IoT". Доповнення стільникового зв'язку може надати нові можливості обох технологіям. Однак деякі попередні рішення можуть бути альтернативним рішенням для розумних міст під час очікування стандартизації 5G [14].

## 2.3 4 4.5 і 5G бездротовий адаптер для розумних міст

LTE та LTE - А. Дотримуючись вимог до програм розумних міст, зазначених у розділі 4, ці вимоги для багатьох програм відповідають вимогам ІМТ - Advanced. LTE-A перевершує вимоги ІМТ-авансів. Насправді, нові категорії користувачів (cat1–6) вводяться, починаючи з випуску LTE 8, з можливістю до 20 МГц. LTE - А (випуск 10) визначає інші категорії, 6–8 і Випуск 12 визначає LTE Cat - 0 зі швидкістю 1 Мбіт / с, а LTE - М, визначений у Випуску 13, з ще нижчою швидкістю (кбіт / с) - це категорії для можливостей типу машини. LTE Cat - 0 було визначено з урахуванням потреб додатків ІоТ та загальних додатків М2М із набагато меншими швидкостями передачі даних, як правило, короткими серіями, і обробляє лише низькі рівні. Ця нова категорія знижена вимоги до продуктивності, зменшена складність та поточне споживання, незважаючи на вимоги до системи LTE. Зокрема, пікова швидкість низхідної лінії зв'язку та висхідної лінії зв'язку для Cat-0 становить 1 Мбіт / с, в той час як Cat1–8 варіюються від 10 до 1200 Мбіт / с для низхідної лінії зв'язку та від 5 до 600 Мбіт / с для висхідної лінії зв'язку. Рисунок 12 ілюструє масштабування продуктивності та складності у випусках LTE з точки зору швидкості передачі даних та вимог до пропускної здатності.

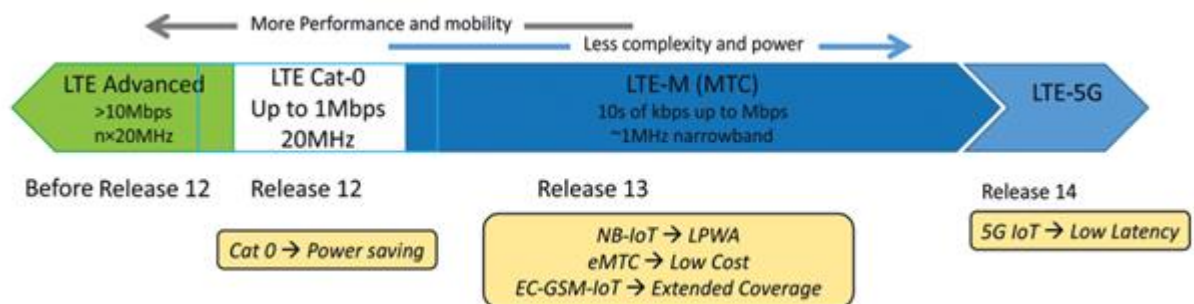


Рисунок 2.5 - Масштабування LTE-A відповідає вимогам

Зауважте, що чіпи Cat-1 вже підходять для багатьох промислових застосувань, включаючи телематику, цифрові вивіски та системи безпеки. Тим



не менше, чіпи Cat-0, продемонстровані, наприклад, Sequans на Тижні супермобільності СТІА у Лас-Вегасі, вересень 2015 року, придатні для застосування на низьких швидкостях. Подібним чином, Cat - M, вже оголошений Verizon, вимагає нового покоління високооптимізованої конструкції чіпсета для досягнення цінових та ринкових цілей [15]. Виробники чіпсетів створюють дворежимні мікросхеми, що підтримують протоколи Cat-1 і Cat-M одночасно, щоб дозволити пристрою перемикатися між режимами відповідно до умов. На додаток до

Категорії UE, LTE / SAE (розвиток архітектури системи) пропонує нові рішення порівняно з попередніми системами. Зокрема, смуга пропускання в SAE може варіюватися від 1,4 МГц до 20 МГц, тому LTE / SAE може використовуватися в різних сценаріях, включаючи IoT, LTE-A та IEEE 802,16 м (WiMAX 2).

Розумні міста використовують розподілений інтелект на різних рівнях. Сподіваємось, IoT є центральною частиною цілей 5G. Порівняно з 4G, обсяг мобільних даних збільшується в 1000 разів очікувана для 5G кількість підключених пристроїв у 100 разів, гарантована швидкість передачі даних користувачів > 50 Мбіт / с та зменшення на затримку в 5 разів. Нові технології, що керують 5G, включають, серед іншого, технології від пристрою до пристрою (D2D), програмно визначену мережу (SDN), віртуалізацію мережевих функцій (NFV), мобільні обчислювальні технології (MEC), фіксовану мобільну конвергенцію (FMC). Нижче наведено деякі очікувані можливості ввімкнення 5G:

- D2D: зв'язок між пристроями на основі близькості є важливою технологією підвищення потужності 5G. UE D2D (DUE) можуть виступати в якості реле передачі та встановлювати багатопрофільні лінії зв'язку, тим самим покращуючи та розширюючи покриття мережі. Що стосується додатків інтелектуального міста, комунікації D2D відіграватимуть важливу роль.

- Мережа туманів: велике розгортання додатків IoT передбачає величезну кількість зібраних даних, які для деяких додатків потребують централізації та можуть використовувати хмарні обчислення. Ця „хмарна модель” може бути розширена до крайових мереж туману, що є горизонтальною архітектурою на рівні системи, яка розподіляє ресурси та послуги обчислень, зберігання, управління та мереж де завгодно по континууму від хмари до речей. В ідеалі платформа IoT повинна поєднувати туман та хмару, щоб мати консолідацію пристроїв та служб на додаток до оптимізації управління життєвим циклом орендарів та віртуалізованих служб, вдосконалення управління політикою даних та інтеграції управління програмами та даними. Уніфікована оркестрація для туману та хмари може забезпечити службу та безпеку та інтегрувати всю вертикаль IoT. Важливо підкреслити, що використання багатих ресурсами сервери проти туману, що працюють на межі мобільних мереж, відомі як мобільні обчислювальні мережі (МЕС), як частина парадигми мережевих туманів, а також у поєднанні з SDN та NFV, будуть мати вирішальне значення для досягнення низької затримки, високої пропускної здатності та спритності мати можливість підключити трильйони пристроїв.

- C-RAN (Cloud RAN): ця архітектура обіцяє зменшення вартості надщільних мереж, що очікується, особливо при розгортанні IoT, шляхом спрощення малих базових станцій до віддалених антен, можливо, з використанням масивної технології MIMO, всю обробку базової смуги до хмари. Це покращить пропускну здатність шляхом спільної обробки декількох сигналів від декількох віддалених антен і може запропонувати більше можливостей оптимізації для координації багатоточкових (CoMP) та розподілу ресурсів. Таким чином, мережі можуть бути гнучко та адаптивно розгорнуті для управління вмістом, орієнтованим на вміст, а не на в даний час прийнято централізований спосіб мислення. Еволюція до архітектури C-RAN / віртуалізованої RAN (vRAN) та взаємодії з мобільними обчислювальними

машинами, використання гнучких, ефективних та реконфігурованих апаратних / програмних платформ, а також збір даних та контекстна інформація є ключовими чинниками для майбутнього IoT, що призводить до еволюція до «програмного забезпечення визначала все».

## 3 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ХОРОНИ ПРАЦІ

### 3.1 Випромінювання оптичного діапазону

До випромінювань оптичного діапазону відносять електромагнітні поля інфрачервоного (ІЧ) та ультрафіолетового (УФ) діапазону, створювані різними джерелами, у тому числі і випромінювання оптичних квантових генераторів (ОКГ) – лазерні випромінювання (ЛВ).

*Інфрачервоне випромінювання* (теплове) виникає скрізь, де температура вище абсолютного нуля, і є функцією теплового стану джерела випромінювання. Більшість виробничих процесів супроводжується виділенням тепла, яке виділяється виробничим устаткуванням і матеріалами. Нагріті тіла віддають своє тепло менш нагрітим трьома способами: теплопровідністю, тепловипромінюванням, конвекцією.

Джерела ІЧ випромінювання поділяються на природні (природна радіація сонця, неба) і штучні - будь-які поверхні, температура яких вища порівняно з поверхнями, що опромінюються. Для людини це все поверхні  $t^{\circ} > 36-37^{\circ}\text{C}$ . По фізичній природі ІЧ випромінювання являє собою потік матеріальних часток, яким притаманні квантові і хвильові властивості. ІЧ випромінювання охоплює область спектра з довжиною хвилі 0.78...540 мкм. Вплив ІЧ випромінювань на людину ІЧ випромінювання чинять на організм в основному тепловий вплив. Ефект дії ІЧ випромінювання залежить від довжини хвилі, що обумовлює глибину його проникнення.

При тривалому перебуванні в зоні ІЧ випромінювань відбувається порушення теплового балансу в організмі. Порушується робота терморегулюючого апарату, підсилюється діяльність серцевосудинної і дихальної систем, підсилюється потовиділення, відбувається втрата потрібних організму солей. Втрата організмом солей позбавляє кров здатності утримувати воду, що приводить до швидкого виділення з організму знову

випитої рідини. Порушення теплового балансу викликає захворювання, що називається гіпертермією. Температура в цьому випадку може досягати 400 (температура живої людини 26-430С) із запамороченнями, частішанням пульсу і дихання, втратою свідомості, зміною зорового відчуття. При систематичних перегріваннях підвищується сприйнятливність до застуд. Спостерігається зниження уваги, підвищується стомлюваність, знижується продуктивність праці

*Ультрафіолетові промені* в електромагнітному спектрі розташовуються між тепловою і проникаючою радіацією і носять риси як тієї, так і іншої. Довжина хвилі 390-6 нм За способом генерації вони відносяться до теплової частини випромінювання, а по дії - на поглинаючі тіла - ближче підходять до проникаючій радіації, хоча викликають також і тепловий ефект Особливістю УФВ є їх висока сорбційність - їх поглинає більшість тіл. Спектр УФВ має велику довжину і викликає різні дії. Він розбитий на наступні області: УФА (390-315 нм, ГДР→10 Вт/м<sup>2</sup> ), УФВ (315-280 нм, ГДР→10-2 Вт/м<sup>2</sup> ), УФС (280-6 нм, ГДР→10-3 Вт/м<sup>2</sup> ). Температурні випромінювачі починають створювати УФВ при температурі 19000 С. УФВ виникає при роботі радіоламп, ртутних випрямлячів, експлуатації ОКГ, при обслуговуванні ртутно-кварцевих ламп, при зварювальних роботах.

Шкідлива дія УФВ на біологічні тканини пов'язана з поглинанням випромінювання нуклеїнової кислотою і зведеними білками кліток і протіканням у цих з'єднаннях світлохімічних реакцій. Відбувається часткова загибель клітин шкіри, прискорена їх поліферація, зміна форми і розміру. УФВ діють як подразник, що діє на нервові закінчення шкіри і викликає зміни в організмі, викликає дерматити, екземи, набряклість. Має місце також утворення ракових пухлин при довжині хвилі 280-303 нм. Разом з цим УФВ впливають на центральну нервову систему, в результаті виникають загальнотоксичні симптоми - головний біль, підвищення температури, стомленість, нервові порушення.

Велику небезпеку створюють УФВ для органів зору. УФВ поглинається в основному рогівкою і кон'юктивою. Найбільше ураження рогівки викликає  $\lambda=288$  нм. У кришталіку, в основному, поглинаються УФВ  $\lambda=320-390$  нм. Мінімальна величина енергії, що викликає відповідну реакцію в кришталіку, в 2-3 рази вище, ніж відповідна величина її для рогівки. Тобто опік рогової оболонки відбудеться раніше, ніж виникне ураження кришталіка.

### **3.2 Первинні засоби пожежогасіння**

Серед первинних засобів пожежогасіння особливе місце займають вогнегасники. Залежно від вогнегасних речовин, що використовуються, вогнегасники ділять на пінні, газові та порошкові.

Пінні вогнегасники застосовують для гасіння твердих та рідких горючих матеріалів.

За способом утворення піни пінні вогнегасники поділяються на хімічні та повітряно-механічні.

Заряд хімічно-пінного вогнегасника ВХП-10 складається з кислотної та лужної частин. При приведенні вогнегасника в дію кислотна та лужна складові змішуються і відбувається хімічна реакція з інтенсивним виділенням вуглекислого газу. Частина цього газу іде на утворення піни з розчину, який містить піноутворювач. Інша частина створює тиск (до 1 МПа), необхідний для викиду піни. Час дії вогнегасника 60 с, довжина струменя 6-8 м, кратність піни 8-10.

У повітряно-пінних вогнегасниках піна утворюється завдяки механічному перемішуванню розчину піноутворювача стиснутим повітрям, яке міститься у спеціальному балончику. Повітряно-механічна піна утворюється за допомогою спеціальних піногенераторів із водних розчинів піноутворювачів. Вони випускаються двох типів: ВПП-5 та ВПП-10. Кратність піни цих вогнегасників 55, дальність викиду піни - 4,5 м.

Піна має досить низьку теплопровідність. Вона здатна перешкоджати випаровуванню горючих речовин, а також проникненню парів, газів, теплового випромінювання. Оскільки основою піни є вода, вона також має охолоджувальні властивості. Важливими характеристиками піни є її стійкість і кратність.

Забороняється використовувати пінні вогнегасники для гасіння речовин, які здатні горіти та вибухати при взаємодії з піною (ацетон, спирт); не можна також гасити електрообладнання, що знаходиться під напругою і головне – забороняється навіть зберігати ці вогнегасники в приміщеннях з дорогим або цінним обладнанням, тому що від їхнього використання шкода від гасіння може перевищити шкоду від пожежі.

До переваг пінних вогнегасників можна віднести низьку вартість, надійність та майже повну відсутність експлуатаційних витрат (раз на рік вогнегасники підлягають зовнішньому огляду)

Газові вогнегасники. Вуглекислотні вогнегасники випускають трьох типів: ВВ-2, ВВ-5 та ВВ-8 (цифри показують місткість балону у літрах). Їх застосовують для гасіння рідких та твердих речовин (крім тих, що можуть горіти без доступу повітря), а також електроустановок, що знаходяться під напругою до 1000 В.

Вуглекислота у вогнегаснику знаходиться у рідкому стані під тиском 6-7 МПа. При відкритті вентилю балона вогнегасника, за рахунок швидкого адіабатичного розширення, вуглекислий газ миттєво перетворюється у снігоподібну масу, у вигляді якої він і викидається з раструбу вогнегасника. Час дії вогнегасників цього типу 25-40 с, довжина струменя 1,5 - 3 м.

Вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>) безбарвний, не горить, при стисканні під тиском 3,5 МПа (35 кг/см<sup>2</sup>) перетворюється у рідину, що називається вуглекислою, яка зберігається і транспортується у сталевих балонах під тиском. За нормальних умов вуглекислота випаровується, при цьому з 1 кг кислоти отримується 509 л газу.

Для гасіння пожеж вуглекислоту застосовують у двох станах: у газоподібному та у вигляді снігу. Сніжинки вуглекислоти мають температуру  $-79^{\circ}\text{C}$ . При надходженні у зону горіння вуглекислота випаровується, сильно охолоджує зону горіння та предмет, що горить, і зменшує процентний вміст кисню. В результаті цього горіння припиняється.

Вуглекислотно-брометилові вогнегасники ВВБ-3 та ВВБ-7 за зовнішнім виглядом та побудовою мало відрізняються від вуглекислотних. Їх заряджають сумішшю, що складається із 97% бромистого етилу та 3% вуглекислого газу. Завдяки високій змочувальній здатності бромистого етилу продуктивність цих вогнегасників у 4 рази вища продуктивності вуглекислотних. Але брометіл дуже токсичний, (тому забороняється їх використання в закритих приміщеннях), а також здатен іонізувати тому не використовується для гасіння електроустановок, що знаходяться під напругою вище 380В.

Галоїдовані вуглеводні (чотирихлористий вуглець, бромистий етил та ін.) є високоефективними вогнегасними засобами. Їх вогнегасна дія ґрунтується на гальмуванні хімічних реакцій горіння. Галоїдовані вуглеводні застосовують для гасіння твердих та рідких горючих матеріалів, найчастіше при пожежах у замкнених об'ємах. Вогнегасна концентрація цих речовин значно нижча, вогнегасної концентрації інертних газів.

До переваг газових вогнегасників можна віднести відносно низьку вартість, надійність порівняно невеликі експлуатаційні витрати (раз на рік вогнегасники підлягають зважуванню, якщо вага відрізняється від паспортної потрібна перезарядка)

Порошкові вогнегасники призначені для гасіння твердих, рідких та газоподібних горючих речовин та електроустановок під напругою до 1000 В. Вид матеріалів та речовин, горіння яких можна гасити, залежить від типу порошку. Промисловість випускає порошкові вогнегасники марок ПС-1, ПС-2, ОП-9, ОП-10(з), ОПУ-5 та ін.



## ВИСНОВКИ

Поняття розумного міста з'явилося для побудови майбутніх стійких міст, які приносять користь їх жителям в контексті експоненціального зростання міст, дефіциту ресурсів, демографічного дослідження, сильних екологічних обмежень.

Розумні міста - це сукупність програм, процесів та послуг, які використовують інженерний прогрес для оптимального використання наявних інфраструктур та передбачає необхідність у майбутньому.

Застосування та процеси розумних міст використовують величезний збір, обробку та обмін даними та інформацією. Отже, надійна комунікаційна та мережева інфраструктура повинна створити основу розумних міст, щоб зробити можливим передавання даних.

Побудова ІКТ-інфраструктури залучатиме різні технології залежно від програми та середовища розгортання.

Бездротові технології є найбільш бажаним рішенням, оскільки всі економічні та соціальні вигоди, які вони обіцяють, особливо гнучкість та простота розгортання. Однак, все ще існують проблеми, з якими доводиться справлятися бездротовому зв'язку, такі як енергоспоживання, простота установки, велике покриття в приміщенні.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. The Department of Economic and Social Affairs of the United Nations (DESA). World Economic and Social Survey 2013-Sustainable Development Challenges. Annual report, E/2013/50/Rev. 1 (ST/ESA/344). 2013
2. United States Habitat. Hot Cities: Battle-ground for Climate Change—Cities and Climate Change. Global Report on Human Settlements. 2011
3. ITU-T Focus Group on Smart Sustainable Cities (FG-SSC). An Overview of Smart Sustainable Cities and the Role of Information and Communication Technologies. Focus Group Technical Report. 2014
4. Dameri R, Rosenthal-Sabroux C. Smart City—How to Create Public and Economic Value with High Technology in Urban Space. Springer International Publishing, New York, NY; 2014.
5. Celino I, Kotoulas S. Introduction to Smart Cities. IEEE Internet Computing. 2013;17(6): 8–11.
6. Geisler K. (IEEE Smart Grid Newsletters). The Relationship between Smart Grids and Smart Cities [Internet]. May 2013. Available from: <http://smartgrid.ieee.org/newsletters/may-2013/therelationship-between-smart-grids-and-smart-cities> [Accessed: 10.05.2021].
7. Höller J, Tsiatsis V, Mulligan C, Karnouskos S, Avesand S, and Boyle D. From Machine-to-Machine to the Internet of Things—Introduction to a New Age of Intelligence. Elsevier, Amsterdam; 2014.
8. Meters and More Alliance. Meters and More—Open technologies [Internet]. Available from: <http://www.metersandmore.com/technology/> [Accessed: 10.05.2021].
9. PRIME Alliance. Available from: [www.prime-alliance.org/](http://www.prime-alliance.org/) [Accessed: 10.05.2021].
10. G3-PLC Alliance. Available from: [www.g3-plc.com/](http://www.g3-plc.com/) [Accessed: 10.05.2021].

11. Sauter M. From GSM to LTE-Advanced: An Introduction to Mobile Networks and Mobile Broadband. 2nd ed. Wiley, Hoboken, NJ; 2013.
12. AT&T. Frequently Asked Questions Regarding 2G Sunset [Internet]. 2016. Available from: [https://www.business.att.com/content/other/2G-Sunset-FAQ\\_2016.pdf](https://www.business.att.com/content/other/2G-Sunset-FAQ_2016.pdf) [Accessed: 10.05.2021].
13. Next Generation Mobile Network Alliance (NGMN). About the NGMN Alliance—Status and 5G Work Programme [Internet]. April 2016. Available from: [http://www.ngmn.org/fileadmin/ngmn/content/documents/pdf/about\\_us/1604\\_NGMN\\_Alliance\\_Overview.pdf](http://www.ngmn.org/fileadmin/ngmn/content/documents/pdf/about_us/1604_NGMN_Alliance_Overview.pdf) [Accessed: 10.05.2021].
14. Orange. Orange deploys a network for the Internet of Things [Internet]. September 18, 2015. Available from: <http://www.orange.com/en/Press-and-medias/press-releases-2016/press-releases-2015/Orange-deploys-a-network-for-the-Internet-of-Things>[Accessed: 10.05.2021].
15. RCR Wireless News—Intelligence on all things wireless. Verizon chip partner first to announce lower cost Cat-M solution for IoT [Internet]. February 16, 2016. Available from: <http://www.rcrwireless.com/20160216/internet-of-things/lte-iot-sequans-cat-m-verizon-tag4> [Accessed: 10.05.2021].
16. Matsiuk O. Fog computing and Big data in projects of class smart city / O.Duda, N. Kunanets, O.Matsiuk , V. Pasichnyk, A. V. Rzhеuskyi// Econtechmod. an international quarterly journal – 2018. Vol. 07. No. 03, c.7-12.
17. Matsiuk O. Information Systems for Processes Maintenance in Socio-communication and Resource Networks of the Smart Cities/ Danylo Tabachyshyn, Nataliia Kunanets, Mykolay Karpinski, Oleksiy Duda, Oleksandr Matsiuk// In: Shakhovska N., Medykovsky M. (eds) Advances in Intelligent Systems and Computing III. CSIT 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 871. Springer, Cham. pp 192-205.
18. Matsiuk O. (2019) Analysis of the Activity of Territorial Communities Using Information Technology of Big Data Based on the Entity-Characteristic Mode. / Nataliya Shakhovska, O Duda, O Matsiuk, Yuriy Bolyubash, Roman

- Vovnyanka// In: Shakhovska N., Medykovskyy M. (eds) Advances in Intelligent Systems and Computing III. CSIT 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 871. Springer, Cham. pp 155-170.
19. Matsyuk O. Information Analysis of Procedures for Choosing a Future Specialty /Oleksandr Matsyuk, Mariia Nazaruk, Yurii Turbal, Nataliia Veretennikova, Ruslan Nebesnyi// In: Shakhovska N., Medykovskyy M. (eds) Advances in Intelligent Systems and Computing III. CSIT 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 871. Springer, Cham. pp 364-375.
  20. Мацюк О.В. “Розумне місто” – концепції, терміни та визначення // Дуда О.М., Кунанець Н.Е., Мацюк О.В., Пасічник В.В./ Матеріали міжнародно ї науково-практичної конференції молодих вчених та студентів «Інформаційні технології, економіка та право: стан та перспективи розвитку» (ІТЕП-2016), 14-15 квітня 2016р., Чернівці .- Чернівці : ПВНЗ «Буковинський університет», 2016. -С.170-171
  21. Мацюк О.В. Системні комплекси інформаційних технологій у проектах “Розумне місто” // Дуда О.М., Кунанець Н.Е., Мацюк О.В., Пасічник В.В./ Системний аналіз та інформаційні технології: матеріали 18-ї Міжнародної науково-технічної конференції SAIT 2016 / ННК «ІПСА» НТУУ «КПІ» , 30 травня - 2 червня 2016 р. , Київ. – Київ: ННК «ІПСА», 2016.- С.215-216.
  22. Мацюк О.В. Проектування телекомунікаційної інфраструктури «розумних» територіальних громад, міст та регіонів: стан, досвід, перспективи / Кунанець Н. Е., Мацюк О. В., Химич Г.П.// Управління проектами : стан та перспективи: метеріали XII міжнародної науково-практичної конференції, 13-16 вересня 2016, Миколаїв.- Миколаїв, 2016.- С.160-162.
  23. Мацюк О.В. Інформаційні технології в проєках класу "Розумне місто" // Дуда О.М., Кунанець Н.Е., Мацюк О.В., Пасічник В.В./ Інформаційні технології та взаємодії: тези доповідей III Міжнародної науково-практичної конференції. - 8-10 листопада 2016 р., Київ. - С. 168-169.

24. Мацюк О.В. Архітектура інформаційно-технологічної платформи проектів класу «Розумне місто» // Дуда О.М., Кунанець Н.Е., Мацюк О.В., Пасічник В.В./ Управління проектами : стан та перспективи: матеріали XIII міжнародної науково-практичної конференції, 12-15 вересня 2017, Миколаїв.- Миколаїв, 2017.-С.30-32.
25. Мацюк О.В. Процеси моделювання та побудови гіперскладної системи «розумне місто»: інформаційно-технологічні інструменти // Дуда О.М., Кунанець Н.Е., Мацюк О.В., Пасічник В.В./ Матеріали 6-й Международной научно-технической конференции Информационные системы и технологии ИСТ-2017, посвященной 80-летию В.В. Свиридова, ХНУРЕ, 11-16 сентября 2017 Коблево, Украина Харьков 2017 С.313-314
26. Мацюк О.В. Інформаційні технології великих за обсягом даних (BIG DATA) в проектах "Розумних міст" // Дуда О.М., Кунанець Н.Е., Мацюк О.В., Пасічник В.В./ Міжнародна наукова конференція "Сучасні проблеми математичного моделювання, обчислювальних методів та інформаційних технологій", Рівне, с.227-229
27. Мацюк О.В. BIG DATA: концепції, терміни та параметризація // Дуда О.М., Кунанець Н.Е., Мацюк О.В., Пасічник В.В./ Міжнародна наукова конференція Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту: Матеріали міжнародної наукової конференції. Херсон, с.157-158
28. Мацюк О.В. Методи аналітичного опрацювання BIG DATA // Дуда О.М., Кунанець Н.Е., Мацюк О.В., Пасічник В.В./ Міжнародна наукова конференція Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту: Матеріали міжнародної наукової конференції. Херсон, с.159
29. Мацюк О.В. Когнітивне моделювання освітнього соціокомунікаційного середовища «розумного міста» // Кунанець Н.Е., Мацюк О.В., Небесний Р.М. / XV Международная научно-практическая конференция

«Современные информационные технологии в экономике и управлении предприятиями, программами и проектами»: тез. докл., Харьков, 29 сентября 2017 г., 2017. – С. 77–79.

30. Мацюк О.В. Інформаційні технології інтернет-пристроїв в проектах "Розумних міст"/ Дуда О.М., Кунанець Н.Е., Мацюк О.В., Пасічник В.В. / Міжнародна наукова конференція "Сучасні проблеми математичного моделювання, обчислювальних методів та інформаційних технологій", с.229-231, Рівне, 2018.
31. Мацюк О.В. Концепт «розумне місто» та інформаційні технології BigData /Дуда О.М., Кунанець Н.Е., Мацюк О.В., Пасічник В.В./ Інформаційні моделі, системи та технології : матеріали V науково-технічної конференції, Тернопіль, 1–2 лютого 2018 р. / Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя. – Тернопіль, 2018. – С. 30.
32. Мацюк О.В. Етапи інформаційно-технологічного супроводу процесів у ресурсних мережах «розумних» міст / Дуда О.М., Кунанець Н.Е., Мацюк О.В., Пасічник В.В./ Управління проектами: стан та перспективи: Матеріали XV Міжнародної науково-практичної конференції. – Миколаїв: Видавець Торубара В.В., 2019. – С18-20.
33. Мацюк О.В. Інтегрований аналіз даних в ресурсних мережах «розумних» міст / Дуда О.М., Кунанець Н.Е., Мацюк О.В., Пасічник В.В./ Управління проектами: стан та перспективи: Матеріали XV Міжнародної науково-практичної конференції. – Миколаїв: Видавець Торубара В.В., 2019. – С.20-21.