

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Інститут телекомунікаційних систем

(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра телекомунікацій

(повна назва кафедри)

До захисту допущено

В.о. завідувача кафедри

_____ Валерій ЯВІСЯ

(підпис)

(Ім'я, прізвище)

“ 04 ” червня 2020 р.

Дипломна робота

на здобуття освітнього ступеня “бакалавр”
(назва ОС)

Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка,
(код і назва)

на тему: Аналіз архітектурних концепцій Інтернету речей для розумних міст

Виконав: студент IV курсу, групи ТМ-61
(шифр групи)

_____ Коробчук Олександр Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник доцент каф. ТК, к.т.н., с.н.с. Міночкін Д.А.

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

(підпис)

Консультант _____

(назва розділу)

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент доцент каф. ІТМ, д.т.н., с.н.с. Скулиш М.А.

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

(підпис)

Засвідчую, що у цій дипломній роботі немає
запозичень з праць інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____

(підпис)

Київ – 2020 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Інститут телекомунікаційних систем
(повна назва)

Кафедра телекомунікацій
(повна назва)

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ Валерій ЯВІСЯ
(підпис) (ім'я, прізвище)

“22” січня 2020 р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
Коробчуку Олександр Миколайовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Аналіз архітектурних концепцій Інтернету речей для розумних міст
Керівник роботи доцент каф. ТК, к.т.н., с.н.с. Міночкін Д.А.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом по університету від 30 березня 2020 р. № 924-с
2. Термін подання студентом роботи 04.06.2020
3. Вихідні дані до роботи: архітектура Інтернету речей, рівнева та модульна архітектури Інтернету речей для розумних міст.
4. Зміст роботи:
 1. Архітектура Інтернету речей
 2. Архітектурна концепція Інтернету речей для розумних міст
 3. Приклади практичної реалізації
5. Перелік ілюстративного матеріалу (із зазначенням плакатів, презентацій тощо)
 1. Тема та предмет дослідження, мета роботи

2. Загальні відомості про архітектуру Інтернету речей
3. Методологія визначення архітектури розумного міста
4. Рівнева архітектура Інтернету речей для розумного міста
5. Модульна архітектура Інтернету речей для розумного міста
6. Приклади практичної реалізації
7. Висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 12.12.2019

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Опрацювання джерел з теми досліджень	20.12.2019 – 17.01.2020	
2	Вивчення особливостей архітектури Інтернету речей	20.01.2020 – 24.02.2020	
3	Вивчення особливостей побудови архітектурних концепцій Інтернету речей для розумних міст	28.02.2020 – 13.04.2020	
4	Пошук прикладів практичної реалізації	19.04.2020 – 10.05.2020	
5	Підбиття підсумків і оформлення пояснювальної записки	11.05.2020 – 02.06.2020	

Студент

_____ (підпис)

Коробчук О.М.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Міночкін Д.А.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота містить 66 сторінок, 17 рисунків. Було використано 11 джерел інформації.

Мета роботи полягає у проведенні аналізу архітектурних концепцій Інтернету речей для розумних міст. Розуміння основних принципів побудови та можливостей застосування.

За останні роки значно збільшилась і швидкими темпами продовжує збільшуватись кількість пристроїв підключених до мережі Інтернет. Також впевненими кроками йде процес урбанізації. За прогнозами, приблизно 70% населення світу до 2050 року буде жити в містах та приміських територіях. Що призведе до пошуку нових рішень для оптимізації процесів в містах з метою покращення екологічної ситуації, рівня життя населення та економії ресурсів. Це робить концепцію розумних міст необхідною. Для успішної та ефективної реалізації технологій, що оптимізують процеси розумних міст необхідно дотримуватись архітектурних концепцій, які поєднують в себе розумні речі, новітні технології реалізованих в межах міської інфраструктури.

Ключові слова: Інтернет речей, архітектура IoT, інформаційно-комунікаційні технології, архітектурна концепція Інтернету речей.

ABSTRACT

The work contains 66 pages, 17 illustrations, 11 sources of information were used.

The purpose is to analyze the architectural concepts of the Internet of Things for smart cities. Understanding the basic principles of construction and applying possibilities.

In recent years, the number of devices connected to the Internet has increased significantly and continues to grow rapidly. The process of urbanization is also taking confident steps. It is estimated that approximately 70% of the world's population will be living in cities and suburbs by 2050. Which will lead to search for new solutions to optimize processes in cities in order to improve the environmental situation, living standards and resource savings. This makes the concept of smart cities necessary. For successful and effective implementation of technologies that optimize the processes of smart cities, it is necessary to adhere to architectural concepts that combine smart things, modern technologies implemented within the urban infrastructure.

Key words: Internet of Things, IoT architecture, information and communication technologies, architectural concept of the Internet of Things.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	8
Вступ	9
1. АРХІТЕКТУРА ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ	10
1.1 Загальні відомості Інтернету речей	10
1.2.1 Датчики та приводи	13
1.2.2 Шлюзи та збір даних	15
1.2.3 Edge IT (концепція граничних обчислень)	17
1.2.4 Дата центри, хмара	18
1.3 Взаємодія IoT з перспективними інфокомунікаційними технологіями	19
1.4 Аналіз протоколів Інтернету речей	25
1.4.1 Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)	27
1.4.2 Constrained Application Protocol (CoAP)	29
1.4.3 Extensible Messaging and Presence Protocol (XMPP)	30
1.4.4 Lightweight M2M (LwM2M)	31
1.4.5 Data-Distribution Service (DDS)	33
Висновок до розділу 1	33
2. АРХІТЕКТУРНА КОНЦЕПЦІЯ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ ДЛЯ РОЗУМНИХ МІСТ	35
2.1 Розумне місто	35

					КПІ ім. Сікорського 924-с 11.ТМ-61.2020.ПЗ		
змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Коробчук О.М.			Літ.	Арк.	Акрushів
Перевір.		Міночкін Д.А.			6	66	
Реценз.		Скулиш М.А.			Аналіз архітектурних концепцій Інтернету речей для розумних міст		
Н. Контр.		Петрова В.М.					
Затверд.		Явіся В.С.					

2.1.1 Компоненти і характеристики розумного міста	38
2.2 Інтернет речей в розумних містах.....	41
2.3 Архітектура Smart city	42
Висновки по розділу 2	56
3. ПРИКЛАДИ ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЯ.....	57
3.1 Розумна парковка	57
3.1.1. Приклад реалізації розумної парковки.....	57
3.2 Розумне освітлення	59
3.2.1. Приклад реалізації розумного освітлення.....	60
3.3 Розумна медицина.....	60
3.3.1 Приклади реалізації розумної медицини	61
Висновки по розділу 3	62
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	63
Список використаної літератури	65

					КПШ ім. Сікорського 924-с 11.ТМ-61.2020.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

IoT – Інтернет речей

LAN (Local Area Network)

PAN (Personal Area Network)

CC (Cloud Computing)

D2D (Device to Device)

D2S (Device to Service)

S2S (Service to Service)

M2M – машина-до-машини

ІКТ – інформаційно-комунікаційні технології

DCPS (Data Centric Publish-Subscribe)

DRLR (Data-Local Reconstruction Layer)

DDS (Data-Distribution Service)

LwM2M (Lightweight M2M)

XMPP (Extensible Messaging and Presence Protocol)

CoAP (Constrained Application Protocol)

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport)

Вступ

За прогнозами експертів до 2050 року в містах та околицях буде проживати близько 70% населення. На даний момент міста використовують більшість виробленої енергії та ресурсів. Швидкими темпами розвиваються інформаційно-телекомунікаційні технології та збільшується кількість пристроїв підключених до мережі Інтернет. Використання новітніх технологій у містах, у різних формах для різних міських заходів призвело до підвищення ефективності міських операцій. Традиційні мережі та послуги робляться більш гнучкими, ефективними та стійкими. Іншими словами, у розумному місті цифрові технології перетворюються на кращі публічні послуги для жителів, а також на краще використання ресурсів, менший вплив на навколишнє середовище.

При побудові розумних міст потрібно враховувати побажання та можливості, залежності різних процесів та багато інших аспектів. Тому існує необхідність мати певні архітектурні концепції, по методології яких будуть створюватись певні сервіси та реалізовуватись проекти у сферах, які забезпечують життєдіяльність міста.

1. АРХІТЕКТУРА ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

1.1 Загальні відомості Інтернету речей

Кевін Аштон казав, що сьогодні комп'ютери, а значить, і Інтернет, майже повністю залежать від людини для отримання інформації. Майже весь об'єм даних, наявних в Інтернеті, був вперше зафіксований та створений людьми - шляхом набору, натискання кнопки запису, фотографування або сканування штрих-коду. Звичайні діаграми Інтернету включають сервери та маршрутизатори, тощо, але вони залишають без уваги найчисленніші та найважливіші маршрутизатори з усіх: люди. Проблема полягає в тому, що люди мають обмежений час, увагу та акуратність - все це означає, що вони не дуже хороші в збиранні даних про речі в реальному світі. Ми фізичні, як і наше оточення. Наша економіка, суспільство та виживання не базуються на ідеях чи інформації - вони ґрунтуються на речах. Ідеї та інформація важливі, але речі мають значення набагато більше. Однак сьогоднішня інформаційна технологія настільки залежить від даних, які походять від людей, що наші комп'ютери знають більше про ідеї, ніж про речі [1].

Інтернет речей – це сукупність взаємодіючих технічних систем і комплексів, що складаються з мікропроцесорів, сенсорів, пристроїв, систем передачі даних, локальних і/або розподілених обчислювальних ресурсів і програмних засобів, зокрема програм штучного інтелекту, призначених для здійснення суспільних відносин, в тому числі, пов'язаних з наданням послуг і проведенням робіт за безпосередньої участі або без участі суб'єктів (юридичних або фізичних осіб) на основі використання великих даних і мережі Інтернет [2]. Інтернет речей ґрунтується на трьох базових принципах. По-перше, повсюдно поширену комунікаційну інфраструктуру, по-друге, глобальну ідентифікацію кожного об'єкта і, по-третє, можливість кожного об'єкта відправляти і отримувати дані за

допомогою персональної мережі або мережі Інтернет, до якої він підключений [3].

Джон Доу вважав, що Інтернет речей має силу змінювати та покращувати наше повсякденне життя разом із способами, в яких ми функціонуємо як суспільство, він також може трансформувати спосіб ведення бізнесу і, зрештою, те як ми сприймаємо практично кожен аспект нашого світу.

IoT допомагає автоматизувати більшість операцій за рахунок:

- автоматичного збору інформації про об'єкти (механізмах, обладнанні, пристроях, приміщеннях, транспортних засобах) для відслідковування статусу або поведінки;
- використання цієї інформації для контролю і управління, що допомагає оптимізувати процеси і використання ресурсів, а також покращити процес прийняття рішень.

Одним з двох найбільших викликів, що стоять перед IoT є фрагментація (інший – безпека). Це основа Інтернету речей через різноманітний характер речей, які він має на мені поєднати. Для роботи будь-якої системи IoT потрібне використання ресурсів, апаратного забезпечення, програмного забезпечення та систем, їх потрібно поєднати в єдине ціле, якими б вони не були різноманітними, щоб сформувати комплексне, надійне та економічно вигідне рішення. Простіше кажучи, для кожного розгортання IoT потрібна міцна архітектура IoT, щоб мати можливість виконувати призначене для цього завдання; результативна ефективність та застосованість системи багато в чому залежить від якості розробленої інфраструктури.

IoT розвинувся в зв'язку з розвитком M2M, тобто машин, що з'єднувались один з одним через мережу без взаємодії людини. M2M відноситься до підключення пристрою до хмари, управління ним та збору даних. Піднімаючи

M2M на наступний рівень, IoT - це сенсорна мережа з мільярдів розумних пристроїв, яка з'єднує людей, системи та інші програми для збору та обміну даними. В якості основи M2M пропонує підключення, що дозволяє IoT [5].

Хоча кожна система IoT різна, основа для кожної архітектури Інтернету речей, а також загальний потік його даних приблизно однаковий. Перш за все, він складається з Речей, що є об'єктами, підключеними до Інтернету, які за допомогою вбудованих датчиків та виконавчих механізмів здатні аналізувати навколишнє середовище та збирати інформацію, яка потім передається на шлюзи IoT. Наступний етап складається із систем збору даних Інтернету речей та шлюзів, які збирають велику масу необроблених даних, перетворюють їх у цифрові потоки, фільтрують та попередньо обробляють, щоб вони були готові до аналізу. Третій етап представлений граничними пристроями, відповідальними за подальшу обробку та розширений аналіз даних. На цьому етапі також можуть бути технології візуалізації та машинного навчання. Після цього дані передаються в центри обробки даних, які можуть бути або хмарними, або встановленими локально [4].

IoT архітектура складається з 4-х частин [4]:

- датчики та приводи;
- шлюзи та збір даних;
- Edge IT (концепція граничних обчислень);
- дата центри, хмара.

The 4 Stage IoT Solutions Architecture

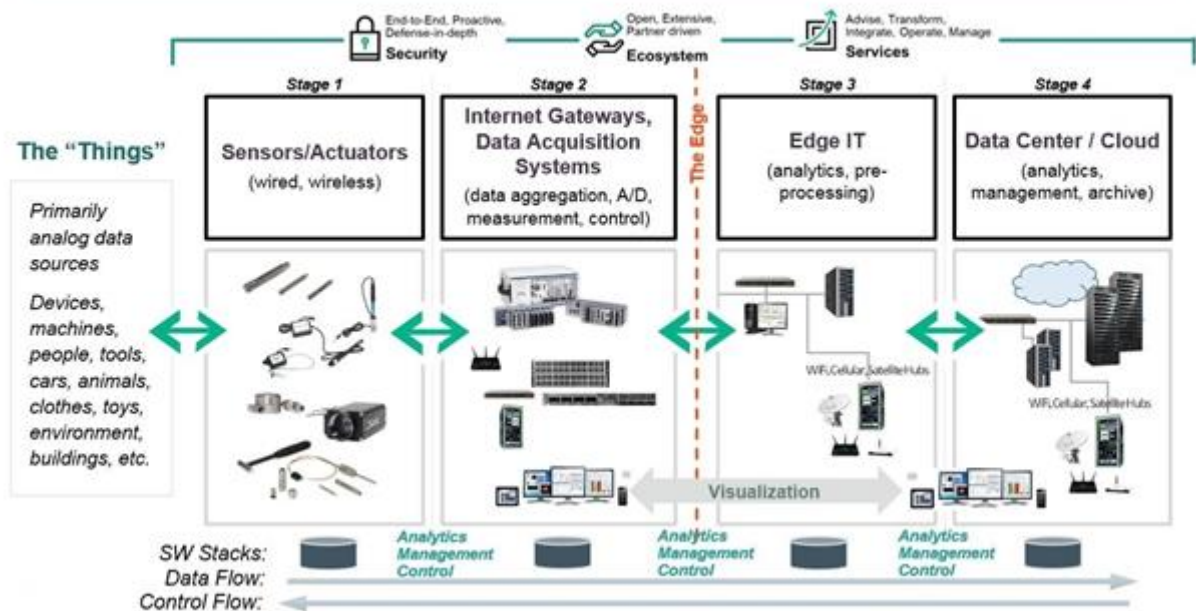


Рис. 1.1. Основні етапи архітектури Інтернету речей

1.2.1 Датчики та приводи

Як основа для кожної системи IoT, підключені пристрої відповідають за забезпечення сутності Інтернету речей, що є даними. Щоб зібрати фізичні параметри у зовнішньому світі чи всередині самого об'єкта, їм потрібні датчики. Вони можуть бути або вбудовані в самі пристрої, або реалізовані як окремі об'єкти для вимірювання та збору даних телеметрії. Так само, як наше зір, слух, запах, дотик та смак дозволяють нам, людям, осмислити світ, так датчики дозволяють машинам осягнути світ. Для прикладу, подумайте про датчики сільського господарства, завдання яких - вимірювати такі параметри, як температура повітря та ґрунту, вологість, рівень рН ґрунту та багато іншого. Більшість датчиків потребує підключення через шлюзи датчиків. Підключення датчиків може здійснюватися через локальну мережу (LAN) або персональну мережу (PAN).

Ще один незамінний елемент цього шару - це приводи. Перебуваючи у тісній співпраці з датчиками, вони можуть перетворювати дані, що генеруються розумними об'єктами, у фізичну дію. Давайте уявимо розумну систему поливу з усіма необхідними датчиками. На основі вхідних даних з датчиків система аналізує ситуацію в режимі реального часу і командує приводами відкривати вибрані клапани води, розташовані в місцях, де вологість ґрунту нижче встановленого значення. Клапани тримаються відкритими, поки датчики не повідомлять про відновлення значень за замовчуванням. Очевидно, все це відбувається без єдиного втручання людини.

Також важливим є те, що підключені об'єкти повинні бути не лише здатними спілкуватися в двосторонній формі з відповідними шлюзами або системами збору даних, але й бути в змозі розпізнавати та говорити один з одним, щоб збирати та обмінюватися інформацією та співпрацювати в режимі реального часу, щоб використовувати значення всього розгортання. Зокрема, для пристроїв з обмеженими ресурсами та акумуляторами, досягти цього непросте завдання, оскільки таке спілкування вимагає великої кількості обчислювальної потужності та споживає дорогоцінну енергію та пропускну здатність. Отже, надійна архітектура може дозволяти ефективно керувати пристроями лише тоді, коли використовуються підходящі за призначенням безпечні та легкі протоколи зв'язку, такі як Lightweight M2M, який став провідним стандартним протоколом управління легкими пристроями малої потужності, типовими для багатьох випадків використання IoT.



Рис. 1.2. Перша частина IoT архітектури (датчики та приводи)

1.2.2 Шлюзи та збір даних

Хоча цей шар все ще функціонує в безпосередній близькості від датчиків і виконавчих механізмів на даних пристроях, важливо описати його як окремий етап архітектури IoT, оскільки він має вирішальне значення для процесів збору даних, фільтрації та передачі до граничної інфраструктури та хмарних платформ. Зважаючи на величезний обсяг введення та виведення, який можуть генерувати розгортання на мільйонних пристроях, можливості для агрегації, вибору та транспортування даних повинні бути в центрі уваги. Як посередники між підключеними речами, хмарою та аналітикою, шлюзи та системи збору даних забезпечують необхідну точку з'єднання, яка зв'яже решта шарів разом.

Будучи на межі світу експлуатаційних та інформаційних технологій, шлюзи полегшують зв'язок між датчиками та іншою частиною системи, перетворюючи дані сенсорів у формати, які легко передаються та використовуються для інших компонентів системи. Більше того, вони здатні контролювати, фільтрувати та відбирати дані, щоб мінімізувати обсяг інформації, яку потрібно переслати в хмару, що позитивно впливає на витрати

на передачу даних в мережі та час відповіді. Таким чином, шлюзи забезпечують місце для локальної попередньої обробки даних датчиків, які видавлюються в корисні пакети, готові для подальшої обробки.

Оскільки велика кількість даних отримується за допомогою датчиків, то для передачі даних приводи потребують високошвидкісних шлюзів та мереж. Ця мережа може мати тип локальної мережі (наприклад, Wi-Fi, Ethernet тощо), широкопasmової мережі (WAN, таких як GSM, 5G тощо).

Ще один аспект, який підтримують шлюзи - це безпека. Оскільки шлюзи несуть відповідальність за управління потоком інформації в обох напрямках, за допомогою належного інструменту шифрування та захисту вони можуть запобігти витоку хмарних даних IoT, а також зменшити ризик шкідливих зовнішніх атак на пристрої IoT.



Рис. 1.3. Друга частина IoT архітектури (шлюзи та збір даних)

1.2.3 Edge IT (концепція граничних обчислень)

Edge IT - це апаратні та програмні шлюзи, які аналізують та попередньо обробляють дані перед передачею їх у хмару. Якщо дані, отримані з датчиків і шлюзів, не змінені від попереднього значення зчитування, вони не передаються через хмару, це зберігає використовувані дані.

Будучи невід'ємною складовою кожної архітектури IoT, граничні пристрої можуть принести значні переваги, особливо великомасштабним проектам IoT. В умовах обмеженої доступності та швидкості передачі даних хмарних платформ IoT граничні системи можуть забезпечити швидший час реагування та більшу гнучкість в обробці та аналізі даних IoT. Оскільки швидкість аналізу даних є ключовою в деяких індустріальних додатках для Інтернету речей, останнім часом крайові обчислення спостерігають різке зростання популярності серед екосистем Індустріального Інтернету Речей.

Оскільки гранична інфраструктура може бути розташована ближче до джерела даних у фізичному відношенні, то IT-служба може простіше та швидше працювати з матеріалам IoT в режимі реального часу та забезпечувати результат у вигляді миттєвої інформації. У цьому випадку сюди пересилаються лише більші фрагменти даних, які дійсно потребують потужності Хмари для обробки. За рахунок мінімізації впливу на мережу безпека може бути значно підвищена, тоді як зменшення споживання електроенергії та пропускну здатності сприяє більш ефективному використанню бізнес-ресурсів.



Рис. 1.4. Третя частина IoT архітектури (концепція граничних обчислень)

1.2.4 Дата центри, хмара

Якщо датчики є нейронами, а шлюз є основою IoT, то хмара - це мозок в тілі Інтернету речей і належать до служб управління. На відміну від граничних рішень, центр обробки даних або хмарна система призначений для зберігання, обробки та аналізу величезних обсягів даних для більш глибокого розуміння з використанням потужних механізмів аналізу даних та механізмів машинного навчання, які граничні системи ніколи не зможуть підтримати.

За останні кілька років збільшилось впровадження хмарних обчислень (особливо в промисловій архітектурі IoT). Вони сприяють підвищенню темпів виробництва, скороченню незапланованого простою та споживання енергії та багатьох інших корисних речей для бізнесу.

Якщо наявні відповідні рішення для користувацьких додатків, хмара може надавати бізнес-аналіз та варіанти презентації, які допомагають людям взаємодіяти із системою, контролювати та відстежувати її і приймати обґрунтовані рішення на основі звітів, інформаційних панелей та даних, що переглядаються в режимі реального часу.

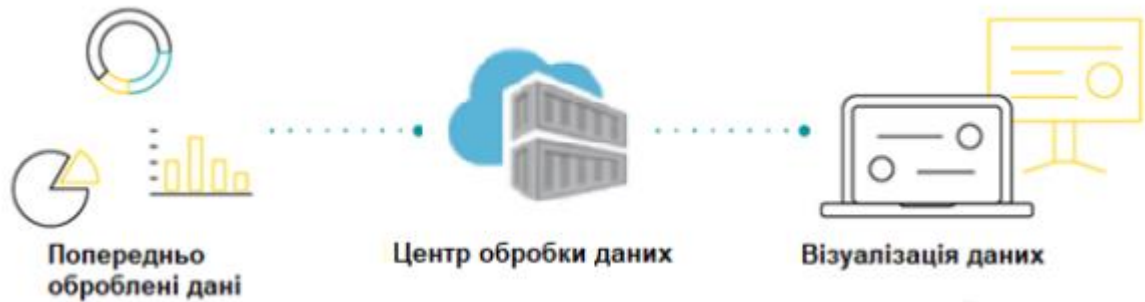


Рис. 1.5. Четверта частина IoT архітектури (дата центри, хмара)

1.3 Взаємодія IoT з перспективними інфокомунікаційними технологіями

Великі дані (Big Data). Інтернет речей радикальним чином збільшує обсяг зібраних даних, що є наслідком величезної кількості джерел інформації.

Гігантські сенсорні мережі вже зараз виробляють величезні потоки даних, які треба вміти не тільки зберігати, але й обробляти, робити по ним висновки, приймати рішення - і все це з урахуванням неточності як оригінальних даних, так і процедур обробки. В кінці 2000-х років для обробки великого обсягу даних сформувався підхід, який називається «великі дані» - це серія інструментів і методів обробки структурованих і неструктурованих даних величезних обсягів значного різноманіття для отримання необхідних результатів обробки.

Основна відмінність великих даних від «звичайних» полягає в тому, що ці дані неможливо обробити традиційними системами управління базами даних (СУБД) і рішеннями класу Business Intelligence через їх великий обсяг і різноманітний склад. Інша важлива їх властивість – феноменальне прискорення накопичення даних і постійна зміна. такі популярні завдання, як зведення даних, отриманих з різних джерел, вимагають особливих методів аналізу в разі неточних даних, особливо даних величезних розмірів. У зв'язку з цим і був розроблений набір інструментів, які отримали назву «великі дані», що дозволяють працювати з даними незалежно від їх типу і обсягу [3].

Методи і техніки аналізу великих даних:

- методи класу отримання даних Data Mining - навчання асоціативним правилами, класифікація, кластерний аналіз, регресивний аналіз;
- краудсорсинг - категоризація та збагачення даних силами широкого, невизначеного кола осіб, залучених на підставі публічної оферти, без вступу в трудові відносини;
- змішання і інтеграція даних - набір технік, що дозволяють інтегрувати різноманітні дані з різноманітних джерел для можливості глибокого аналізу;
- машинне навчання - використання моделей, побудованих на базі статичного аналізу або машинного навчання для отримання комплексних прогнозів на основі базових моделей; штучне нейронні мережі, мережевий аналіз, оптимізація, в тому числі генетичний алгоритм;
- розпізнавання образів;
- прогнозна аналітика;
- імітаційне моделювання;
- просторовий аналіз - клас методів, які використовують топологічну, геометричну і географічну інформацію в даних;
- статистичний аналіз (наприклад, А / В-тестування, аналіз часових рядів);
- візуалізація аналітичних даних - подання інформації у вигляді малюнків діаграм, з використанням інтерактивних можливостей та анімації, як для отримання результатів, так і при використанні в якості вихідних даних для подальшого аналізу [3].

Хмарні обчислення (Cloud Computing).

Так як інтернет речей породжує «великі дані», тому виникає закономірне питання: де їх зберігати і чим обробляти? Відповіддю на це питання є перспективна інфокомунікаційна технологія – хмарні обчислення (СС, Cloud Computing). Хмарні обчислення являють собою оренду послуг і ресурсів для зберігання і опрацювання даних в глобальній мережі замість власної інфраструктури. У систем СС повинні бути п'ять основних характеристик: самообслуговування на вимогу, широкосмуговий мережевий доступ, пул ресурсів, можливість швидкого переналаштування або розширення і вимірне обслуговування.

Існують чотири моделі розгортання хмарної інфраструктури (так званих «хмар») [3]:

1. Приватна хмара (англ. Private cloud) - призначена для використання однією організацією, що містить кілька споживачів (Наприклад, підрозділ однієї організації), можливо також клієнтами і підрядниками даної організації, так і третьої сторони, і може існувати як всередині, так і поза юрисдикцією власника.

2. Публічна хмара (англ. Public cloud) - призначена для вільного використання широкою публікою. Публічною хмарою можуть користуватись комерційні, наукові і урядові організації. Публічне хмара фізично існує в юрисдикції власника - постачальника послуг.

3. Гібридна хмара - (англ. Hybrid cloud) - комбінація декількох різних типів хмар (приватних, публічних або суспільних), що є унікальними об'єктами, але пов'язані між собою стандартизованими або приватними технологіями передачі даних і програм.

4. Громадська хмара (англ. Community cloud) - призначена для користування конкретною спільнотою споживачів з організацій, що мають спільні цілі (наприклад, місії, вимог безпеки, політики). Громадська хмара може бути в

корпоративній (спільній) власності, управлінні в експлуатації однієї або більше організацій спільноти або третьої сторони, і воно може фізично існувати як всередині, так і поза юрисдикцією власника.

Різні послуги СС, що позначаються в загальному випадку як ХaaS (Хas a Service), можна віднести до трьох основних класів:

- «інфраструктура, як послуга» (IaaS, Infrastructure as a service) - оренда потужності серверів і ємності систем поранення центрів обробки даних (ЦОД);
- «програмне забезпечення, як послуга» (SaaS, Software as a Service) – оренда програмного забезпечення (ПО), яке запускається з «хмари»;
- «платформа, як послуга» (PaaS, Platform as a Service) - оренда платформи розробки ПО колективними або індивідуальними розробниками.

Всі інші послуги систем СС (наприклад, VPaaS - «бізнес-процес, як послуга або VSaaS - «відеоспостереження, як послуга»), можна, так чи інакше, віднести до трьох вищевказаних класів звичайних послуг.

Для роботи технологій Інтернету речей можна використовувати і туманні обчислення (Fog Computing). Мається на увазі наближення «Хмари до землі», в даному випадку «туман» - це різновид хмарних сервісів, розташованих не десь в недоступних висотах, а в навколишньому середовищі. Інакше кажучи, Fog computing не альтернатива, а доповнення до Cloud Computing, і можуть виникнути ситуації їх спільної дії (наприклад, виконання аналітичного додатку), і в такому випадку Cloud надасть послугу Fog.

Туманні обчислення доповнюють хмарні обчислення і забезпечують взаємодію розумних речей між собою і хмарними ЦОД в вигляді тривірневої ієрархічної структури. Верхній рівень займають тисячі хмарних ЦОД, що надають ресурси, необхідні для виконання серйозних, наприклад аналітичних,

програмних додатків IoT. Рівнем нижче розташовуються десятки тисяч розподілених керуючих ЦОД, в яких міститься «інтелект» Fog Computing, а на нижньому рівні знаходяться мільйони обчислювальних пристроїв розумних речей.

Fog Computing можна визначити як в максимальному ступені віртуалізовану платформу, що підтримує три основних типи сервісів, утворюючих міжмашинні комунікації M2M: обчислення, зберігання та мережу. Завдання Fog Computing полягає в забезпеченні взаємодії мільярдів пристроїв між собою і з хмарними ЦОД.

Парадигма Fog Computing відрізняється від Cloud Computing за цілою низкою параметрів:

1. Розподіл обчислювальної потужності і реальний час. Значні обчислювальні ресурси можуть бути розміщені на периферії мережі, причому не повинно бути залежності від координат того місця, де знаходиться пристрій, і при тому робота в режимі реального часу передбачає низький рівень затримок при обміні даними, до того ж може статися конвергенція двох існуючих, довгий час автономно, одна від одної систем - управління бізнесом і технологічними системами.

2. Географічне розміщення компонентів. Модель розподілу сервісів в Fog Computing менш централізована, ніж для хмар, а в окремі пристрої можуть бути пов'язані між собою потоками даних і надавати один одному «важкі» сервіси.

3. Великий об'єм зовнішніх даних. Пристрої, оснащені численними сенсорами, можуть в реальному часі генерувати гігантські обсяги даних.

4. Складна топологія. Мільйони географічно розподілених вузлів можуть створювати різноманітні і недетерміновані заздалегідь зв'язки.

5. Мобільність і гетерогенність. Мобільність пристроїв зажадає використання альтернативних протоколів, наприклад протоколу маршрутизації LISP (Locator / ID Separation Protocol), який дозволяє розділити функціональність IP-адрес на 2

частини: ідентифікатори хостів і локатори маршрутизації. Концепція передбачає установку тунельних маршрутизаторів, які будуть додавати LISP-заголовки в інформаційні пакети по мірі їх руху по мережі.

Повсюдна комп'ютеризація (Ubiquitous Computing).

У 1991 році дослідник лабораторії Херох PARC Марк Вейзер висунув концепцію майбутнього світу, «багато і непомітно насиченого сенсорами, дисплеями і обчислювальними елементами, з'єднані в єдину мережу, які є невід'ємними предметами побуту». Фізична можливість здійснення цієї концепції з'явилася до кінця 2000-х років у міру тотального поширення дешевих і мініатюрних обчислювальних мобільних пристроїв, бездротових мереж і супутникової навігації.

Повсюдне обчислення означає створення інтелектуальних інформаційних систем. В тотальному обчисленні головним є користувач, який повинен мати доступ до обчислювального обслуговування безперервно, цілодобово, кожного дня, причому обслуговування різного виду - від інтелектуальних обчислень до управління домашніми приладами. Так, наприклад, система персональної допомоги (Personal Assistance System, PAS) допомагає людям похилого віку в самообслуговуванні з використання бездротової мережі, який об'єднує RFID-рідери, медтехніку з Bluetooth-інтерфейсом, програмне забезпечення і апаратуру, які відстежують переміщення людини в житлі, датчики падіння, систем безпеки і т.п.

Можна виділити чотири основні характеристики повсюдного комп'ютингу:

1) максимальне використання особистого розумного простору, що оточує нас на роботі, в транспорті, вдома пристрої з комп'ютерним управлінням, необхідними датчиками і виконавчими механізмами;

2) невидимість – мінімізація звернення уваги користувача на керування речами, що оточуючими його;

3) локальна масштабованість - будь-яка точка особистого розумного простору має бути настільки обчислювально «потужною», наскільки цього потребує користувач;

4) маскуванню неоднорідностей - під неоднорідністю розуміється відмінності як в технічному плані, так і не технічні - організаційні структури, бізнес-процеси, економічні фактори.

До цього списку можна віднести знання контексту, тобто користувач існує в персональному розумному просторі не «наосліп», а представляючи собі, усвідомлюючи контекст. В деякому відношенні це суперечить властивості невидимості, однак, насправді, повинен існувати розумний баланс між невидимістю і знанням контексту.

Взаємодія Інтернету речей та зазначених вище трьох перспективних інфокомунікаційних технологій, якщо розглядати на прикладі транспортних додатків, то дані, зібрані за допомогою різних датчиків і сенсорів, розташованих як на транспортних засобах, так і в дорожній інфраструктурі (елементи інфраструктури повсюдної комп'ютеризації), обробляються з використанням спеціалізованого хмарного транспортного додатку в реальному часі, яке для своєї роботи задіє ресурси систем великих даних.

Таким чином, користувач, який звернувся за відповідною послугою до хмари "транспорт", отримає всю необхідну інформацію про транспортне обслуговування швидко і ефективно.

1.4 Аналіз протоколів Інтернету речей

Протоколи Інтернету речей є важливою частиною стека технологій Інтернету речей, без них обладнання буде звичайним залізом і буде безкорисним, оскільки

протоколи Інтернету речей дозволяють ІТ-підрозділу обмінюватися даними. З цих переданих фрагментів даних можна витягти корисну інформацію для кінцевого користувача, і завдяки цьому розгортання мережі стає економічно вигідним.

Існують різні підходи до класифікації протоколів Інтернету. Один з них запропонував об'єднати протоколи по межі застосування в клієнт-серверній архітектурі мереж:

- D2D (пристрій до пристрою) - протокольні взаємодії навколишніх пристроїв між собою;
- D2S (пристрій до серверу) - для передачі даних, зібраних пристроями на сервери для обробки;
- S2S (сервер до сервера) - протоколи взаємодії серверів друг з іншими.

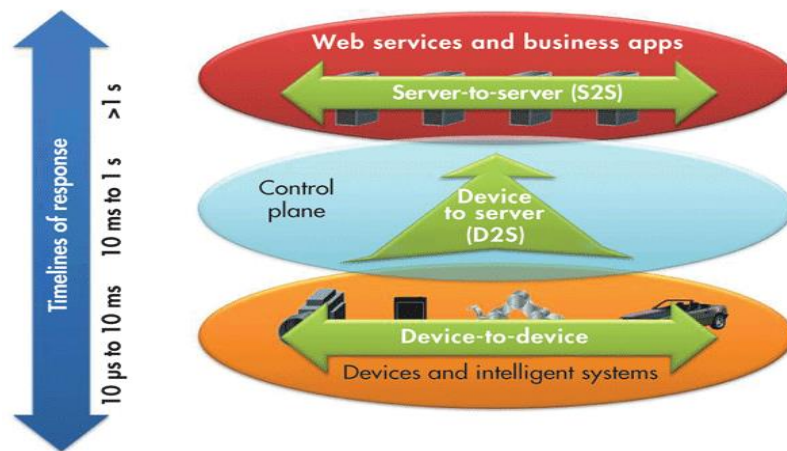


Рис. 1.6. Групи протоколів в клієнт-серверній архітектурі

Інший має таку структуру: замість того, щоб намагатися встановити всі протоколи IoT поверх існуючих моделей архітектури, таких як OSI, було розбито протоколи на наступні групи, щоб забезпечити певний рівень організації:

- 1) Інфраструктурна (6LowPAN, IPv4 / IPv6, RPL);
- 2) Ідентифікація (EPC, uCode, IPv6, URI);
- 3) Комунікації / Транспорт (Wifi, Bluetooth, LPWAN);

- 4) Відкриття (Physical Web, mDNS, DNS-SD);
- 5) Протоколи даних (MQTT, CoAP, AMQP, WebSocket, Node);
- 6) Управління пристроями (TR-069, OMA-DM);
- 7) Семантичний (JSON-LD, Web Thing Model);
- 8) Багаторівневі фрейморки (Alljoyn, IoTivity, Weave, Homekit).

1.4.1 Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)

MQTT - це протокол обміну повідомленнями з шаблоном публікації-підписки (pub / sub) і призначений для зв'язку комп'ютеризованих пристроїв, підключених до локальної або глобальної мережі, між собою і різними громадськими чи приватними веб-сервісами. Його завдання - замінити приватні технології, використовувані різними компаніями і стати таким же стандартом обміну даними в мережі Інтернет, як протокол HTTP. [3]

Протокол MQTT спочатку був створений для датчиків, які відстежують стан труб, проте пізніше сфера його діяльності була розширена і він знайшов своє застосування у безлічі вбудованих рішень, в тому числі в смартфонах. Так соціальна мережа Facebook застосовує цей протокол для обміну повідомленнями (Facebook Messenger).

У мережі на базі протоколу MQTT розрізняють 3 об'єкти:

- 1) видавець (publisher) - MQTT-клієнт, який при виникненні певних подій передає інформацію про них в брокер;
- 2) брокер (broker) - MQTT-сервер, який приймає інформацію від видавців і передає її відповідним підписникам, в складних системах може виконувати також різні операції, пов'язані з аналізом і обробкою даних, що надійшли;

3) підписник (subscriber) - MQTT-клієнт, який після підписки у відповідного брокера більшу частину часу «слухає» його і постійно готовий до приймання та обробки вхідного повідомлення від брокера.

Протокол знайшов широке застосування в таких пристроях IoT, як електролічильники, транспортні засоби, сповіщувачі, промислове чи санітарне обладнання, MQTT добре відповідає наступним потребам [6]:

- мінімальне використання пропускної здатності;
- робота з бездротовими мережами;
- низьке споживання енергії;
- висока надійність при необхідності;
- використовує мало ресурсів для обробки та пам'яті.

Незважаючи на свої характеристики, MQTT може бути проблематичним для деяких дуже обмежувачих пристроїв, через факт передачі повідомлень через TCP та керування назви довгих тем. Це вирішено за допомогою варіанту MQTT-SN, який використовує UDP та підтримує індексацію назв теми. Однак, незважаючи на широке прийняття, MQTT не підтримує чітко визначену модель представлення даних та структуру управління пристроями, що робить реалізацію своїх можливостей управління даними та можливостями управління пристроями повністю орієнтованими на платформу чи постачальника.

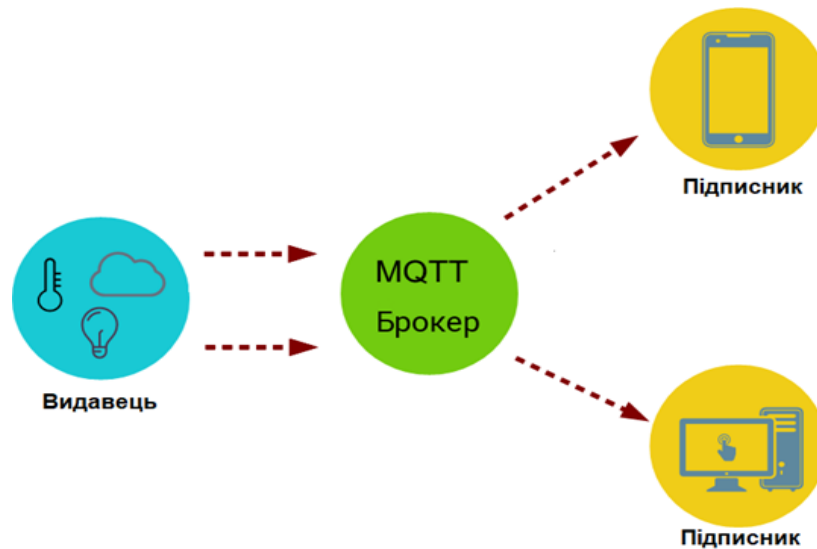


Рис. 1.7. Схематичне зображення принципу дії протоколу MQTT

1.4.2 Constrained Application Protocol (CoAP)

Продовжуючи тему протоколів Інтернету речей розглянемо другий за поширеними після протоколу MQTT - CoAP.

CoAP (протокол обмеженого застосування) був розроблений для вирішення завдань взаємодії пристроїв з обмеженими ресурсами. Практично всі кінцеві пристрої Інтернету речей можна віднести до цього визначення. І саме такі пристрої виконують основну роботу. Концепція CoAP значно відрізняється від MQTT і орієнтується на взаємодію точки-точки (клієнт-сервер). Клієнт звертається до серверу і відправляє найпростіші команди типу PUT, POST, GET, DELETE, сенс яких зрозумілий з назви та аналогічний HTTP. З цієї точки зору можна сказати «із спрощеннями», що CoAP - це такий спрощений HTTP, в якому мало ресурсів. В результаті варто відмітити легку та просту інтеграцію CoAP с HTTP. За допомогою звичайного браузера користувач може інтегрувати систему управління пристроями Інтернету речей в звичайний веб-додаток та не помічати цього, а в деяких випадках навіть можна і не здогадуватись цього. З цієї точки зору протокол відповідає вимогам RESTfull. [7]

CoAP покладається на протокол User Datagram (UDP) для встановлення безпечного зв'язку між кінцевими точками. Використовуючи широкомовну передачу та багатоадресну передачу, UDP здатний передавати дані багатьом хостам, зберігаючи швидкість зв'язку та низьке використання пропускну здатності, що робить його відмінною підсистемою для бездротових мереж, зазвичай використовуваних у середовищі M2M з обмеженими ресурсами. [6]

CoAP має якість обслуговування, яка використовується для контролю надсилаються повідомлень і позначає їх як "підтверджені" або "непідтверджені" відповідно, що вказує, чи повинен одержувач повернути "підтвердження" чи ні. Інші цікаві особливості CoAP полягають у тому, що він підтримує механізм узгодження вмісту та механізм виявлення ресурсів. Крім передачі даних IoT, CoAP використовує безпеку транспортного рівня Datagram Transport Layer Security (DTLS) для безпечного обміну повідомленнями на транспортному рівні. CoAP повністю відповідає потребам надзвичайно легкого протоколу, щоб задовольнити потреби пристроїв, що працюють на батареях або з низьким енергоспоживанням.

1.4.3 Extensible Messaging and Presence Protocol (XMPP)

Розроблений у 1999 році спільнотою Jabber з відкритим кодом та спочатку призначений для обміну повідомленнями в реальному часі, цей протокол IoT для комунікації проміжного програмного забезпечення, орієнтованого на повідомлення, заснований на мові XML. Це дозволяє в режимі реального часу обмінюватися структурованими, але розширюваними даними між двома або більше мережевими клієнтами.

З моменту свого створення XMPP широко застосовується як протокол зв'язку. З часом і з появою легкої специфікації XMPP: XMPP-IoT, вона стала використовуватись в контексті Інтернету речей. Будучи стандартом, який

підтримує відкрита спільнота, сильні сторони XMPP IoT - це адресація та можливість масштабування, що робить його ідеальним для розширення IoT, орієнтованого на споживача.

Серед недоліків використання XMPP в IoT-зв'язку слід зазначити, що він не пропонує ні якості обслуговування, ні шифрування в кінці. Зважаючи на ці обмеження, серед інших, передбачається, що його застосування в IoT залишатиметься слабо пов'язаним з галуззю, оскільки протокол, безумовно, не стане стандартним, що використовується для обміну даними та управління пристроями з обмеженими ресурсами, як і MQTT або LwM2M.

1.4.4 Lightweight M2M (LwM2M)

Lightweight M2M був розроблений по суті для зменшення енергоспоживання та споживання даних, таким чином визнаючи та реагуючи на вимоги зростаючого ринку M2M для пристроїв малої потужності з обмеженими можливостями обробки та зберігання. [8]

Специфікація даного протоколу також описує безліч типових функцій управління пристроєм, такі як дії віддалених пристроїв, оновлення прошивки та програмного забезпечення (FOTA & SOTA), моніторинг і управління підключенням, включаючи управління стільниковим зв'язком і налаштування.

На відміну від будь-якого іншого протоколу IoT на ринку, архітектура LwM2M підтримує чотири логічні інтерфейси, які допомагають стандартизувати спосіб власне управління пристроєм та телеметрією:

- Інтерфейс завантаження - цей інтерфейс дозволяє керувати пристроями без головного пристрою. Це означає, що можна налаштувати пристрій для надання потрібної послуги без необхідності попереднього налаштування на заводі, що значно скорочує витрати та оптимізує час виходу продукту чи послуги на ринок.

- Інтерфейс реєстрації клієнта - повідомляє сервер про «існування» клієнта та підтримуваний функціонал. Крім того, він дозволяє оновити прошивку та програмне забезпечення по повітрю.
- Інтерфейс управління пристроєм та підтримка сервісу - LwM2M дозволяє постачальнику отримати доступ до примірників та ресурсів об'єкта, що дозволяє йому змінювати налаштування та параметри пристрою.
- Інтерфейс інформаційних звітів - завдяки взаємодії з публікацією/підпискою користувач може отримувати з пристроїв звіти про помилки, коли сервіс не працює належним чином, а також надсилати запити про стан пристрою.

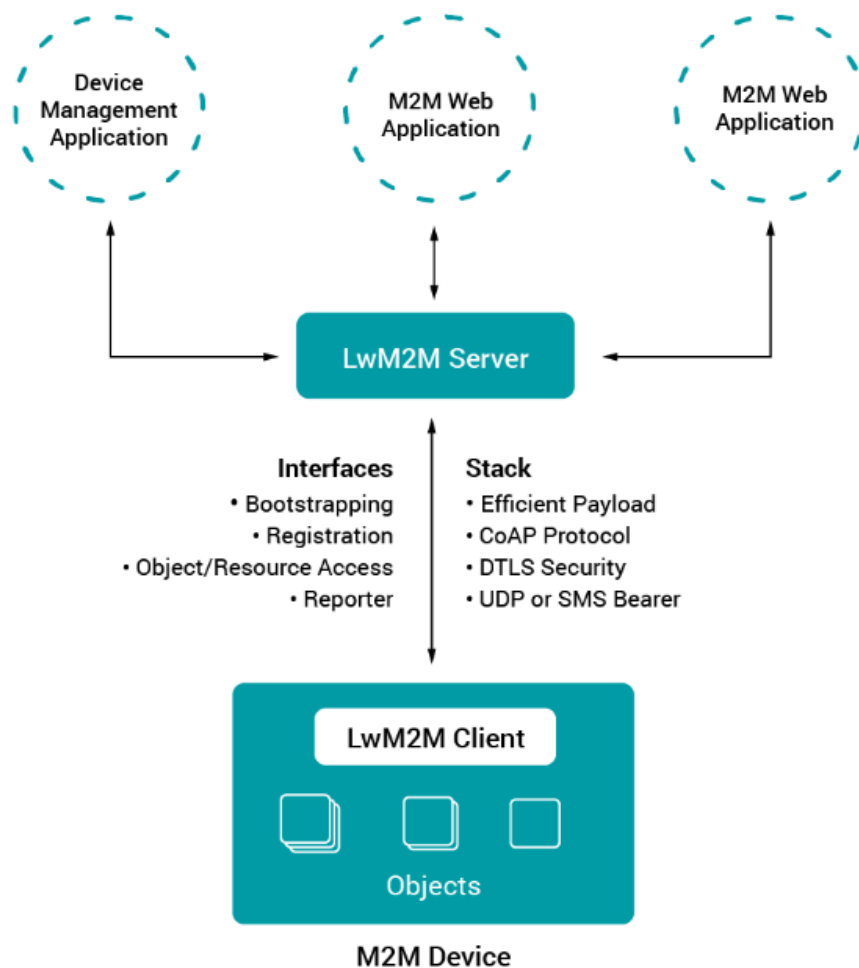


Рис. 1.8. Схематичне зображення принципу дії протоколу LwM2M

1.4.5 Data-Distribution Service (DDS)

Протокол DDS також був розроблений на основі методології публікації-підписки. Розроблений групою Object Management Group (OMG), протокол DDS в режимі реального часу для M2M зв'язку забезпечує масштабований, надійний, високоефективний та сумісний обмін даними між підключеними пристроями, незалежними від апаратного забезпечення та програмної платформи. DDS підтримує архітектуру без брокерів та багатоадресну передачу для забезпечення високої якості QoS та забезпечення сумісності.

Архітектура протоколу DDS базується на рівні Data Centric Publish-Subscribe (DCPS) та рівні Data-Local Reconstruction Layer (DLRL). В той час як DCPS відповідає за масштабованість та розподіл даних з урахуванням ресурсів, DLRL пропонує інтерфейс для функціональних можливостей DCPS, що дозволяє передавати дані між об'єктами, підключеними до IoT.

Не дивлячись на те, що DDS є не типовим рішенням для IoT, він все ще знаходить своє застосування в деяких розгортаннях Індустріального Інтернету речей, таких як: управління повітряним рухом, управління розумними мережами, автономні транспортні засоби, транспортні системи, робототехніка, виробництво електроенергії та послуги охорони здоров'я. В цілому DDS може використовуватися для управління обміном даними між легкими пристроями та взаємозв'язку великих, високоефективних сенсорних мереж. Він також може надсилати та отримувати дані з хмари.

Висновок до розділу 1

В даному розділі було розглянуто архітектуру Інтернету речей та її складові. Технології, які використовує IoT за для забезпечення ефективної роботи та виконання поставлених задач. Був проведений аналіз перспективних

інфокомунікаційних технологій з якими взаємодіє або може взаємодіяти Інтернет речей. Також було розглянуто найбільш використовувані протоколи IoT.

2. АРХІТЕКТУРНА КОНЦЕПЦІЯ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ ДЛЯ РОЗУМНИХ МІСТ

2.1 Розумне місто

Ідея про те, що Інтернет речей віщує нову еру для людей і технологій, вже далеко відійшов від теорії. Трансформації вже виникають навколо нас, але ті, хто дивиться лише на корпоративний світ, можуть пропустити кілька найбільш надихаючих прикладів. Розумні міста приводять деякі найбільш гідні демонстрації на планеті для потенціалу IoT.

За словами «Gartner», 10 мільярдів пристроїв будуть підключені до Інтернету речей це більше на 30 відсотків в порівнянні з 2019 роком, але організації без архітекторів IoT можуть виявитись нездатними використати потенціал. Постійне впровадження технологій у містах має практичний сенс: густонаселені райони отримують максимум користі від покращення свого оточення, і багато з них вже оснащені основними IT-інфраструктурами.

Що таке розумне місто і чому багато людей займаються цим? В останні кілька років спостерігається вибухонебезпечне зростання інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) завдяки просуванню дизайну апаратних та програмних засобів. Використання ІКТ у містах у різних формах для різних міських заходів призвело до підвищення ефективності міських операцій, і ці міста були позначені за допомогою багатьох термінів, таких як "кібервіл", "цифрове місто", "електронне місто", "гнучке місто", "Інформаційне місто", "телекомунікаційне місто", "провідне місто" та "розумне місто". Розумне місто є найбільшою абстракцією серед використовуваних етикеток, оскільки воно включає інші мітки, які використовуються для міст. Розумне місто - це концепція, і все ще немає чіткого та послідовного визначення, поняття серед наукових працівників та практиків. У спрощеному поясненні, розумне місто - це місце, де

традиційні мережі та послуги робляться більш гнучкими, ефективними та стійкими з використанням інформаційних, цифрових та телекомунікаційних технологій, щоб покращити свою діяльність на благо своїх жителів. Іншими словами, у розумному місті цифрові технології перетворюються на кращі публічні послуги для жителів, а також на краще використання ресурсів, менший вплив на навколишнє середовище. Одним з формальних визначень розумного міста є наступне: місто, яке «з'єднує фізичну інфраструктуру, інфраструктуру інформаційних технологій, соціальну інфраструктуру та бізнес-інфраструктуру для використання колективного інтелекту міста». Інше формальне та всеосяжне визначення таке: «Розумне стійке місто - це інноваційне місто, яке використовує інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ) та інші засоби для покращення якості життя, ефективності міських операцій та послуг, конкурентоспроможності, одночасно забезпечуючи всіма необхідними потребами теперішніх та майбутніх поколінь стосовно економічних, соціальних та екологічних аспектів». Широкий огляд різних компонентів, необхідних для розумного міста, зображений на рис. 2.1. Будь-яка комбінація різних інтелектуальних компонентів може зробити міста розумними. Місту не потрібно, щоб усі компоненти були позначені як розумні. Кількість розумних компонентів залежить від вартості та наявної технології.

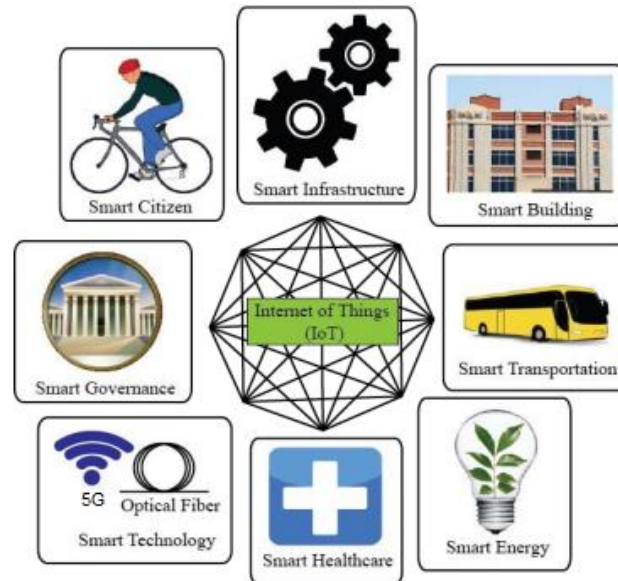


Рис. 2.1. Огляд загальних компонентів розумного міста

За останні десятиліття всесвітнє населення значно збільшилося, і тому прогнозується наступний рівень життя. За прогнозами, близько 70% населення світу до 2050 року буде жити в міських районах. В даний час міста споживають 75% світових ресурсів та енергії, що призводить до генерування 80% парникових газів. Таким чином, в найближчі кілька десятиліть може бути серйозний негативний вплив на навколишнє середовище. Це робить концепцію розумних міст необхідною. Створення розумних міст - це природна стратегія пом'якшення проблем, що виникають у зв'язку з швидкою урбанізацією та зростанням міського населення. Розумні міста, незважаючи на пов'язані з цим витрати, щойно впроваджені, можуть зменшити споживання енергії, споживання води, викиди вуглецю, потреби транспортування та міські відходи.

Розумні міста по всьому світу досить різноманітні за своїми характеристиками, вимогами та складовими. Загалом стандарти, встановлені такими організаціями, як Міжнародна організація зі стандартизації (ISO), забезпечують загальновизнані специфікації для підвищення рівня, забезпечуючи якість, ефективність та безпеку. Стандарти можуть відігравати важливу роль у

розвитку та будівництві розумного міста. Стандарти також можуть передбачати вимоги до моніторингу технічних та функціональних показників розумних міст. Стандарти також можуть допомогти вирішити проблеми зміни клімату, вирішити питання безпеки та транспорту, забезпечивши при цьому якість води. Стандарти враховують різні фактори, такі як ділова практика та управління ресурсами, допомагаючи відстежувати ефективність розумного міста і тим самим зменшувати його вплив на навколишнє середовище. IEEE розробляє стандарти для розумних міст та різних її компонентів, включаючи розумні мережі, IoT, eHealth та інтелектуальні транспортні системи. Конкретний приклад такого стандарту - ISO 37120, який визначає 100 показників ефективності міста, які включають 46 основних та 54 допоміжних показників. Деякі вибрані показники: економіка, освіта, енергетика та навколишнє середовище, які можуть використовуватись міськими органами міста для порівняння результатів їх обслуговування, вивчення кращих практик інших міст, а також порівняння їх міста з іншими містами.

2.1.1 Компоненти і характеристики розумного міста

Компоненти та характеристики розумного міста зведені на рис. 2.2. Існує багато компонентів розумного міста, а на малюнку представлено 8 різних компонентів. До компонентів розумних міст належать: розумна інфраструктура, розумні будівлі, розумний транспорт, розумна енергетика, розумне охорона здоров'я, розумні технології, розумне управління, розумна освіта та розумні громадяни. Коротке обговорення цих компонентів буде представлено в наступних розділах. У різних розумних містах різні рівні цих розумних компонентів, залежно від їх спрямованості.

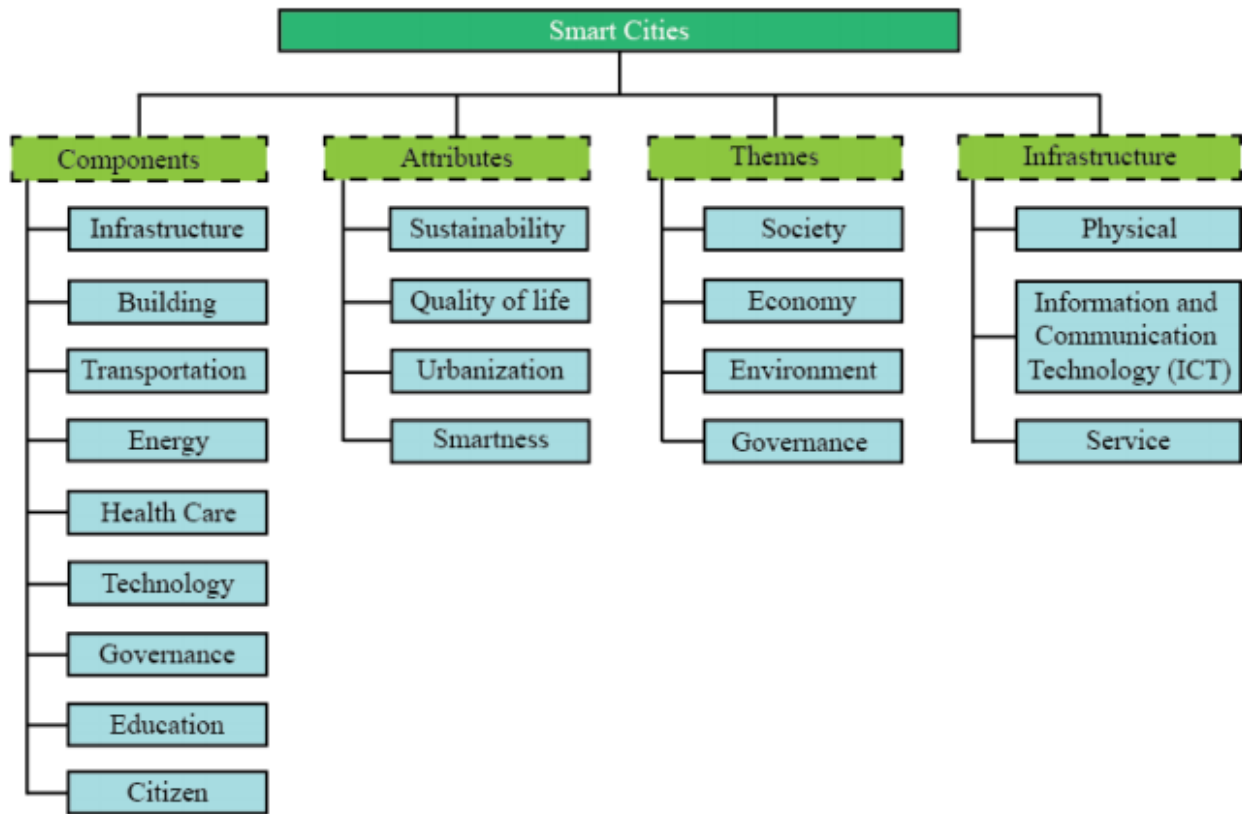


Рис. 2.2. Компоненти та характеристики розумних міст

Різні ознаки розумних міст включають стійкість, якість життя, урбанізацію та розумність. Стійкість розумного міста пов'язана з міською інфраструктурою та управлінням, енергетикою та зміною клімату, забрудненням та відходами, соціальними питаннями, економікою та здоров'ям. Якість життя можна виміряти з точки зору емоційного та фінансового добробуту громадян. Аспекти урбанізації розумного міста включають в себе безліч аспектів і показників, таких як технологія, інфраструктура, управління та економіка. Розумність розумного міста осмислюється як прагнення покращити економічні, соціальні та екологічні стандарти міста та його жителів. До різних розумних аспектів розумності міста належать розумна економіка, розумні люди, розумне управління, розумна мобільність та розумне життя.

Для розумного міста є чотири основні теми, а саме: суспільство, економіка, навколишнє середовище та управління. Тема розумного міста в суспільстві означає, що місто є для його жителів чи громадян. Економічна тема розумного міста означає, що місто здатне процвітати безперервним зростанням робочих місць та економічним зростанням. Екологічна тема розумного міста вказує на те, що місто зможе підтримувати свою функцію та залишатися в експлуатації для нинішніх та майбутніх поколінь. Тема управління розумним містом говорить про те, що місто міцне у своїй здатності адмініструвати політику та поєднувати разом інші елементи.

Інфраструктура розумного міста включає фізичні, інформаційні та комунікаційні технології та послуги. Фізична інфраструктура є реальною фізичною або структурною сутністю розумного міста, включаючи будівлі, дороги, залізничні колії, лінії електропостачання та систему водопостачання. Фізична інфраструктура, як правило, не розумна складова розумних міст. Інфраструктура ІКТ - це головний інтелектуальний компонент розумного міста, який поєднує всі інші компоненти, по суті виступаючи нервовим центром розумного міста. Сервісна інфраструктура базується на фізичній інфраструктурі і може мати деякі компоненти ІКТ. Приклади компонентів обслуговування включають масову швидку транзитну систему та розумні мережі. Кількість міських об'єктів, необхідних для функціонування населення міста, можна обчислити за формулою (2.1) [9]:

$$N_f = N_p \left(\frac{R_p}{\text{Рік}}\right) \left(\frac{1 \text{ Рік}}{D \text{ Днів}}\right) \left(\frac{1 \text{ Година}}{N_c \text{ Людей}}\right) \left(\frac{1 \text{ День}}{H \text{ Годин}}\right) \quad (2.1)$$

де N_f – кількість об'єктів, N_p – населення міста в мільйонах, R_p – норма користування людиною в рік/тиждень, D – днів на рік, N_c – користувачів на годину, H – годин на день.

2.2 Інтернет речей в розумних містах

Основою інтелектуальної реалізації міста є Інтернет речей. Іншими словами, IoT є технічною основою розумних міст, як зображено на рис. 2.3. Розумні міста повинні мати три ключові особливості: інтелект, взаємозв'язок та інструментарій, який може надати IoT. Можна сказати, що використання IoT може зробити розумні міста здійсненими. Використання смартфонів, розумних лічильників, розумних датчиків та радіочастотної ідентифікації (RFID) по суті формує IoT-фреймворк в розумних містах. Фреймворк IoT складається з різних компонентів, включаючи електроніку, датчики, мережі, прошивку та програмне забезпечення. IoT - мережа взаємопов'язаних фізичних об'єктів (званих «речі»), включаючи комп'ютери, смартфони, датчики, пускачі, будинки, будівлі, споруди, транспортні засоби та енергетичні системи. IoT забезпечує зв'язок багатьох різноманітних типів систем і додатків для надання все більш розумних, надійних і безпечних послуг. Велика різноманітність датчиків, включаючи RFID, GPS, через ІКТ з'єднують будинки, інфраструктуру, транспорт, мережі та комунальні послуги. У фреймворках IoT можуть виконуватися різні завдання, такі як обмін інформацією та комунікаціями, інтелектуальне розпізнавання, визначення місцезнаходження, відстеження, моніторинг, контроль забруднення та управління ідентифікацією. До обговорення стосовно IoT можна винести відповідний термін «Кіберфізична система (КФС)». Важко відрізнити два терміни КФС та IoT на основі наявної літератури. КФС є набагато більшою сутністю, ніж IoT, іншими словами, IoT - це підмножина мережі / комунікації КФС. Саме впровадження IoT у фізичну систему призводить до КФС.

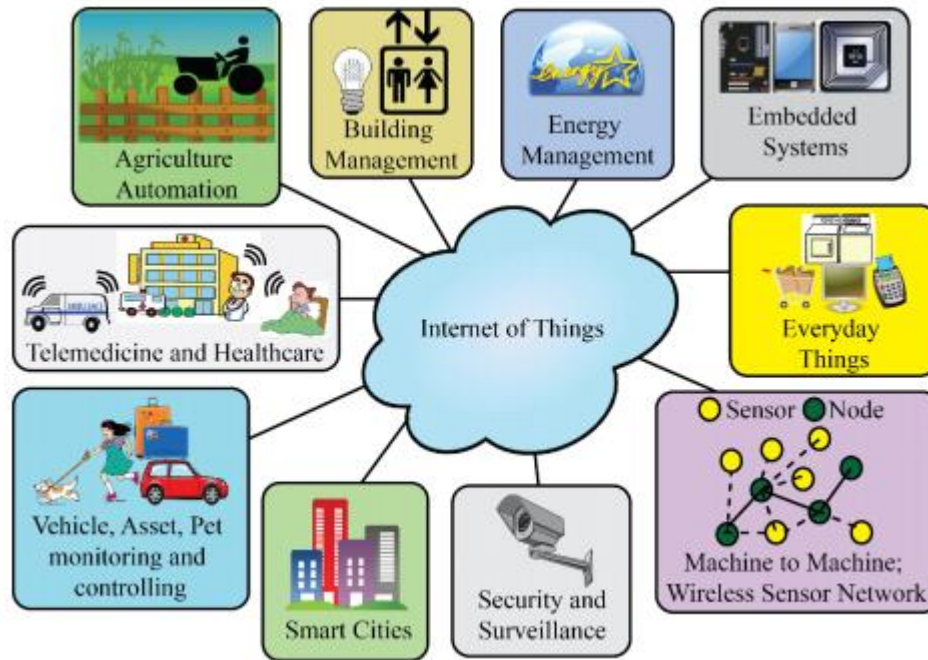


Рис. 2.3. Інтернет речей в розумних містах

2.3 Архітектура Smart city

Термін архітектура описує декілька технологічних аспектів, що варіюються від структури інформації до доставки технологій або управління ІКТ. Однак найбільш звичне використання цього терміну стосується структуризації фізичних форм, таких як системи чи будівлі. У цьому відношенні архітектура стосується визначення структури, відносин, поглядів, припущень і обґрунтування системи.

Згідно з цим визначенням, архітектура стосується чогось із визначеною структурою (тобто будівля заснована на твердому та узгодженому призначенні та використанні). Архітектор будівлі повинен дотримуватися декількох аспектів, починаючи з волі клієнта, вимог сайту, юридичних та фінансових обмежень, технологічних обмежень, користувачів будівлі тощо. У цьому сенсі архітектура стосується прагматичної, узгодженої структуризації колекції компонентів, які через ці фактори вишукано підтримують бачення повного "користувача".

Відповідно до вищенаведеного визначення, ІКТ-система також має архітектуру, яка пропонує такі особливості:

- використовується для визначення єдиної "системи";
- описує функціональні аспекти системи;
- зосереджується на описі структури системи;
- описує як внутрішньосистемні, так і міжсистемні відносини;
- визначає керівні принципи, політику та принципи, які регулюють дизайн, розвиток та еволюцію системи з часом.

Кожен компонент системи повинен бути визначений однаковими або альтернативними архітектурними методами (апаратне, програмне забезпечення, потік даних, бізнес-потік, управління тощо), які можуть представляти альтернативні архітектурні перспективи, які на високому рівні синтезують архітектуру ІКТ підприємства:

- Інформаційна архітектура стосується структури та використання інформації в організації та узгодження інформації зі стратегічними, тактичними та оперативними потребами організації.
- Архітектура бізнес-систем структурує інформаційні потреби та окреслює необхідні бізнес-системи для їх задоволення.
- Технічна архітектура визначає технічне середовище та інфраструктуру, в якій існують усі інформаційні системи.
- Архітектура програмного забезпечення або додатків визначає структуру окремих систем на основі визначеної технології.

Визначення архітектури ІКТ має багато спільного зі збором інформації та розумінням усіх потреб зацікавлених сторін, а також з обмеженнями, що впливають із зовнішнього середовища та законів, що впливають на роботу системи. Як такий, для розвитку архітектури пропонується наступний процес.

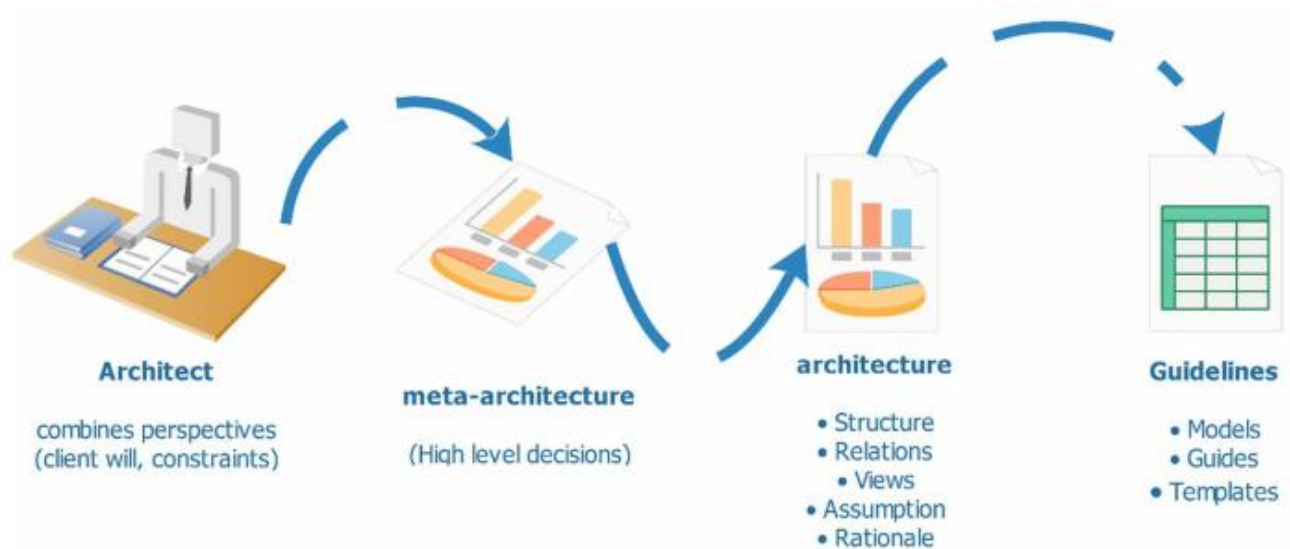


Рис. 2.4. Methodика побудови архітектури ІКТ

Оскільки розумне місто базується на ІКТ для виробництва та розвитку інновацій, його процес розвитку архітектури повинен дотримуватися вищезазначеної методології. З перерахованих вище типів архітектури технічна архітектура представляє інтерес для демонстрації інтелектуального синтезу міста, оскільки це елемент, який [10]:

- описує та визначає структуру середовища, в якій здійснюються бізнес-системи;
- створює та підтримує набір основних технологічних стандартів, за допомогою яких організація може вимірювати технологічні проекти;
- організаційна спроможність - люди всередині (та поза) ІКТ-організації, які надають стратегічну технічну консультацію;
- є засобом вирішення організаційно-технічних питань;
- встановлює системну (і, отже, програмну архітектуру), проект та корпоративну технологію;
- встановлює аргументований підхід до інтеграції технологій та бізнес-систем;
- встановлює рамки для прийняття рішень про закупівлі технологій;

- обидва надають внесок у процес планування ІКТ та керуються ними;
- дозволяє організації контролювати витрати на технологію;
- розвиває чітке розуміння критичних технічних питань організації;
- забезпечує структуру управління для підтримки постійного здоров'я технічного середовища організації.

Дотримуючись методології (рис. 2.4), процес визначення архітектури розумного міста складається з наступних етапів:

- Визначення мета-архітектури розумного міста.
- Визначення альтернатив архітектури інтелектуального міста.
- Визначення фреймворків розумного міста та шаблонів.

Вищевказаний процес складається з наступних етапів [11]:

1. Ідентифікація потреб: стосується реалізації існуючих міських послуг. Інновації в галузі ІКТ стосуються підвищення міського життя з точки зору людей, якості життя, довкілля, управління, економіки та мобільності.

2. Ідентифікація зацікавлених сторін та аналіз потреб: він визначає зацікавлених сторін з їх роллю та обов'язками у розумному місті.

3. Визначення сфери застосування: воно визначає простір (географічна область) та час (тривалість) для архітектури. Застосовані рішення повинні відповідати усім класам розумних міст (від віртуального до еко-міста).

4. Визначення архітектурних принципів: воно визначає принципи, які архітектура дотримується. Архітектура повинна застосовуватися в різних географічних районах; альтернативні технологічні артефакти, які вже встановлені у місті (тобто застарілі системи та телекомунікаційні мережі); міський клас (мале чи велике місто, нове або існуюче); і різні часові рамки, в яких архітектура вимагає функціонувати (невеликі громади розвиваються повільніше

порівняно з глобальними містами). У зв'язку з цим утворюються архітектурні принципи, яких має дотримуватися архітектура розумного міста:

- Рівнева структура: вона виявляється найкращим керованим варіантом, і вона дотримується в більшості розглянутих випадків.
- Взаємодія між альтернативними рішеннями міста.
- Масштабованість: здатна масштабуватись вгору та вниз.
- Гнучкість: здатність застосовувати передові технології, тоді як фізичні чи віртуальні ресурси повинні бути швидко та еластично налаштовані для надання різних видів розумних послуг.
- Відмовостійкість: дотримуватись багатьох атрибутів якості задля продуктивності системи.
- Доступність, керованість та стійкість: забезпечити доступність послуги та відновлення після аварій.
- На основі стандартів: він має забезпечити конкурентноспроможність, замінити довговічність.
- Технологія та/або незалежність постачальника: архітектура повинна бути відкритою і сумісною з альтернативними рішеннями.

5. Визначення функціональних вимог: воно визначає підсистеми, які надають послуги розумного міста. Мінімальний набір функцій, які повинна забезпечувати архітектура, стосуються кібербезпеки, захисту даних та кіберстійкості; конфіденційність; комплексне управління; жорстка інфраструктура та управління довкіллям; служба доставки та інформаційний потік.

6. Визначення підсистеми та інтерфейсу: воно демонструє, як ідентифіковані підсистеми підключені та визначає вимоги до взаємозв'язку. Це результат застосування альтернативних поглядів архітектури (функціональна; реалізація; фізична; домен бізнес-процесів та інженерія програмного забезпечення).

7. Аналіз потоку даних: він аналізує потік даних між підсистемами розумного міста.

8. Визначення вимог щодо інформаційної безпеки та конфіденційності: воно стосується всіх необхідних вимог щодо захисту інформації відповідно до раніше визначених потреб, функціональних вимог, інтерфейсів та специфікацій потоку даних для кожної підсистеми.

9. Системний аналіз та остаточний дизайн: він аналізує потенційне об'єднання підсистем, а також виключення або включення модуля підсистеми.

Наведені вище етапи процесу спочатку призводять до визначення мета-архітектури розумного міста, яка включає такі компоненти:

- Соціальна інфраструктура: люди, знання, громади, бізнес-процеси тощо;
- Фізична обладнання: будівлі, міські споруди (тобто дороги, мости, телекомунікаційні мережі тощо) та комунальні послуги (тобто вода, енергія, відходи, тепло тощо);
- Інновації на базі ІКТ: як апаратні, так і програмні рішення, які можна вбудувати у вищезгадану соціальну та фізичну інфраструктуру або надати відповідні розумні послуги;
- Інновації, що не базуються на ІКТ: інновації, окрім ІКТ, - які стосуються розумних міських міст (тобто творчість, відкриті простори, утилізація та поводження з відходами, розумні матеріали, організаційні інновації в уряді тощо)
- Фізичне середовище: стосується природного ландшафту міста (тобто ґрунт, ліси, річки, гори тощо).

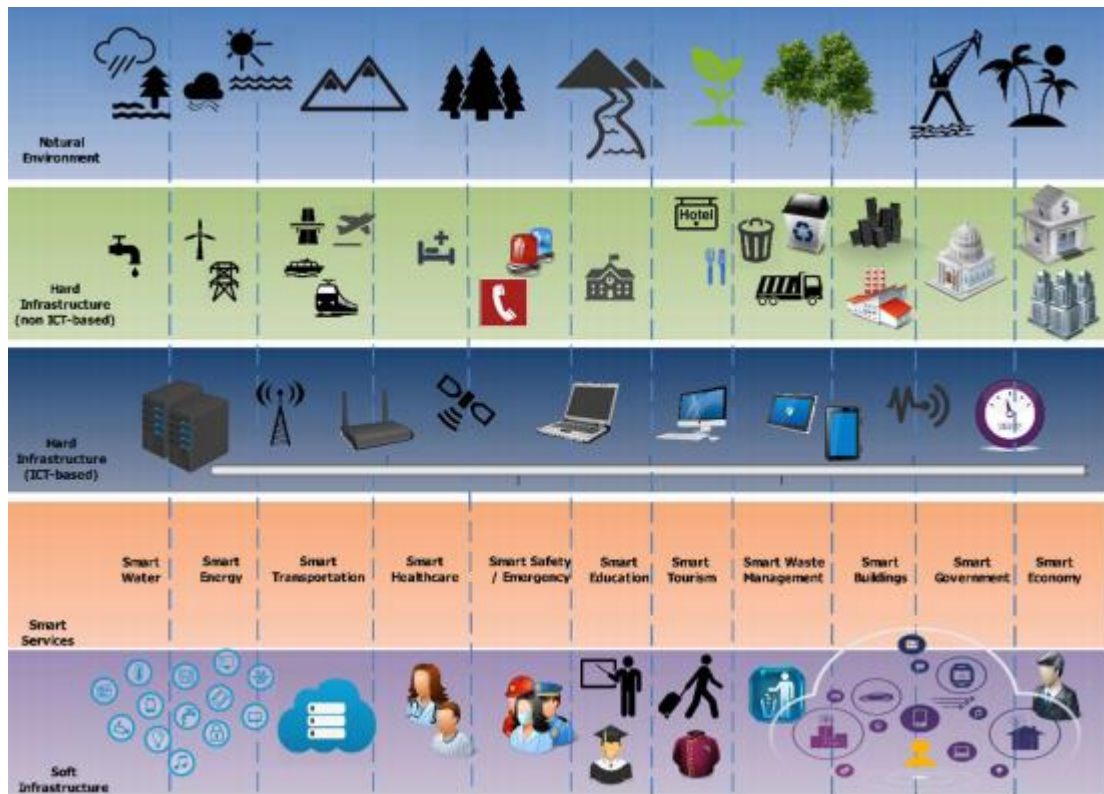


Рис. 2.5. Мета-архітектура розумного міста

У зв'язку з цим отримана рівнева мета-архітектура складається з наступних шарів зверху вниз:

- Рівень 1 - Природне довкілля: врахування всіх екологічних особливостей, де знаходиться місто.
- Рівень 2 - Фізична інфраструктура (не заснована на ІКТ): вона містить усі міські споруди (тобто будівлі, дороги, мости, комунальні підприємства з енергією-водою-відходами-теплом тощо).
- Рівень 3 - Фізична інфраструктура (на базі ІКТ): стосується всього обладнання, за допомогою якого смарт-сервіси виробляються та постачаються кінцевим споживачам (тобто центри обробки даних, телекомунікаційні мережі, ІоТ, датчики тощо)

• Рівень 4 - Розумні послуги: розумні послуги, які пропонуються через фізичну та соціальну інфраструктуру (тобто розумна безпека, розумне транспортування, розумне управління, розумне управління водою тощо):

- Розумний транспорт: тобто управління парковкою, інтелектуальне перевезення, управління дорожнім рухом тощо.

- Розумний уряд: типові адміністративні процедури, платформи спільного проектування послуг тощо.

- Розумна економіка: типові внутрішньоорганізаційні та міжорганізаційні послуги, які підтримуються ІКТ (тобто функціонування корпоративного планування ресурсів та управління взаємовідносинами з клієнтами), системи онлайн-закупівель, системи електронного банкінгу тощо).

- Розумна безпека та надзвичайні ситуації: управління аваріями (тобто дорожньо-транспортні пригоди), запобігання злочинності, моніторинг громадського простору, зміни кліматичних наслідків, оповіщення та надзвичайні ситуації (тобто у випадках викрадення та стихійних лих тощо).

- Розумне здоров'я: телемедицина, теле-догляд, ведення обліку медичних даних тощо.

- Розумний туризм: міські пугівники, послуги на основі локації, базари, контент обмін тощо.

- Розумна освіта: дистанційне навчання, цифровий контент, цифрові бібліотеки, тощо.

- Розумні будівлі: оптимізація продуктивності будівлі, віддалений моніторинг та контроль, тощо.

- Розумне поводження з відходами: моніторинг, управління міськими відходами, контроль викидів, переробка, тощо.

- Розумна енергія: штучне освітлення, розумні мережі, управління енергоефективністю, тощо.

- Розумна вода: вимірювання якості, управління водою, дистанційне виставлення рахунків тощо.
- Рівень 5 - соціальна інфраструктура: люди та групи людей, що живуть у місті, бізнес-процес, програмні додатки та дані, за допомогою яких інтелектуальні послуги виконуються та реалізуються.

З точки зору управління (постачальник послуг), всі пропоновані розумні послуги створюються та передаються через окремі підсистеми. Кожна підсистема вимагає функціонування як інфраструктури, так і програмного забезпечення, використовує та виробляє дані, в той час як вона здійснює взаємодію з кінцевими споживачами (сторони попиту та пропозиції) та з іншими підсистемами. У цьому відношенні різні види транзакцій здійснюються в межах архітектури розумного міста та між кінцевими споживачами та підсистемами архітектури. Орієнтовно ці операції стосуються:

- інформаційні та сервісні запити (попит на кінцевих споживачів);
- надання інформації та надання послуг (постачальники та кінцеві користувачі підсистеми);
- запити на інформацію та послуги (підсистеми попиту);
- надання інформації та послуг (підсистеми постачання);
- зберігання інформації (підсистеми попиту);
- пошук інформації (підсистеми постачання).

Індивідуальні інтерфейси дозволяють здійснювати потоки транзакцій з/в підсистему, тоді як кілька інтерфейсів користувача дозволяють здійснювати транзакції з кінцевими споживачами (сторона попиту та пропозиції).

Для того, щоб архітектура розумного міста була реалізована, розглянемо представлений вигляд, з боку комунікацій. Цей погляд ближчий до розробника інфраструктури, і він вивчає мережеві елементи архітектури, пов'язані з

географічними обмеженнями, вимогами пропускнуої здатності і т.д. Для встановлення зв'язку між підсистемами архітектури розумного міста можна використовувати різні типи комунікацій:

- дротові мережі (волоконно-оптичні мережі в межах міста), які структурують регіональні або місцеві мережі;
- бездротові мережі (WiFi, WiMax, GSM, 5G, тощо);
- однорангові зв'язки між підсистемами архітектури;
- розподілене управління об'єктами.

Комунікаційна архітектура також є рівневою і складається з таких рівнів:

- Сенсорний рівень: складається з кінцевого вузла та капілярної мережі. Термінали (датчик, перетворювач, привід, камера, RFID зчитувач, символи штрих-коду, GPS-трекер тощо) аналізують фізичний світ. Вони забезпечують чудову здатність та інтелект до виявлення навколишнього середовища для моніторингу та контролю фізичної інфраструктури в місті. Капілярна мережа (включаючи SCADA, сенсорну мережу, HART, WPAN, відеоспостереження, RFID, GPS, тощо) з'єднує різні термінали до мережевого рівня, надаючи повсюдну інформацію та дані.

- Мережевий рівень: вказує засоби, які надаються операторами зв'язку, а також інші міські мережі, що надаються міськими зацікавленими сторонами та/або приватними підприємствами.

- Рівень даних та рівень підтримки: рівень даних та підтримки робить місто “розумнішим”, його головне призначення - забезпечення можливостей підтримки різних програм та служб на рівні міста. Рівень даних та підтримки містить центр обробки даних промисловості, департаментів, підприємств, а також муніципальний динамічний центр обробки даних та сховище даних, серед інших, створений для реалізації процесу обробки даних та підтримки додатків.

- Прикладний рівень: рівень додатків включає різні програми, які керують розумним містом та надають розумні послуги.
- Адміністрування, технічне обслуговування та забезпечення, безпека: забезпечує функціонування, адміністрування, обслуговування та забезпечення, а також функції безпеки для систем.

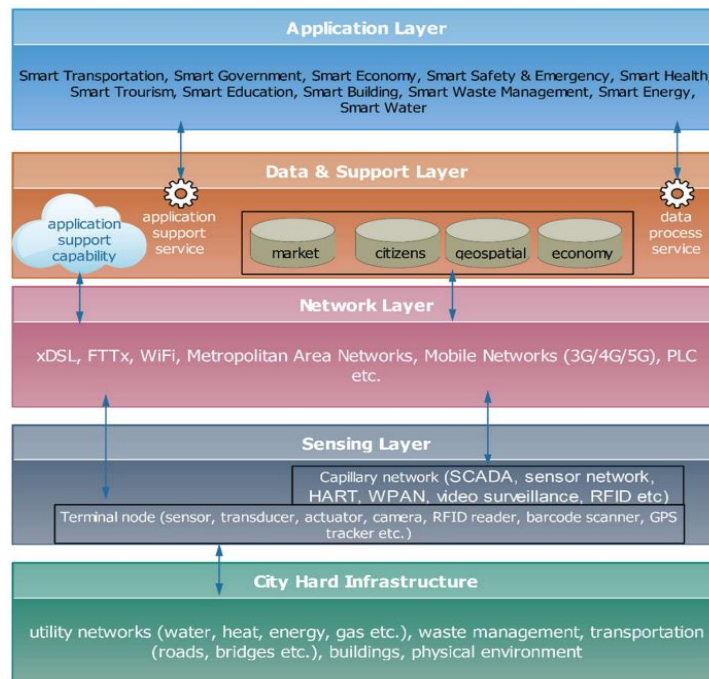


Рис. 2.6. Рівнева архітектура розумного міста

За винятком рівневого архітектурного підходу, може бути також виконана модульна архітектура розумного міста. Соціальна інфраструктура розумного міста (люди, дані та програми) є гнучкою та легкою для взаємозв'язків. Тоді як фізична інфраструктура та особливості навколишнього середовища ставлять багато обмежень у модульному вирішенні. За винятком представлених раніше концептуальних моделей, різні спроби модульної архітектури розумного міста [12] пропонують структуру, яка складається з наступних компонентів:

1) Структурна мережа розумного міста та комунікаційні протоколи: розглядає необхідну мережеву інфраструктуру (телекомунікаційні мережі та IoT) для розгортання розумних сервісів та покращення життя в місті.

2) Додатки: стосуються всіх розумних програм, які доступні в екосистемі розумного міста. Ці програми можна класифікувати за 6 компонентами розумного міста (люди, мобільність, уряд, економіка, навколишнє середовище та життя).

3) Бізнес: це стосується всіх бізнес-груп, які доступні в екосистемі розумного міста та використовують розумні програми. Цей конкретний модуль стосується таких питань управління інформацією:

- Інформація користувача для розпізнавання поведінки споживачів.
- Бізнес-розвідка для статистичних та техніко-економічних обґрунтувань.
- Галузева інформація для моніторингу попиту на ринку.
- Ділова інформація для комерційного та фінансового аналізу.
- Інформація про доходи для ринкових грошових потоків та здійснення повсякденної підприємницької діяльності.
- Інформація про тираж для оцінки нових бізнес-кейсів.

4) Управління: містить усі правила та процедури управління розумним містом. Основні елементи цього модуля стосуються:

- Управління інформацією: збір та розповсюдження інформації у розумному місті.
- Управління процесами: управління ІКТ з точки зору ділових транзакцій.
- Управління людьми: управління людьми та робочим потоком з точки зору послідовності операцій у місті, як одна організація та візуалізація.

- Управління землею/простором: міські та сільські процеси планування як засіб забезпечення сталого використання земель.
- Управління ресурсами: використання ресурсів (тобто машини, інструменти тощо).

5) Дані: дані мають вирішальну роль і можуть використовуватися або створюватися, хоча вони можуть зберігатися централізовано або розподілено (локально). Він аналізується в наступних компонентах:

- Дані про людей: індивідуальна інформація, яку виробляють мешканці і в основному зберігаються з питаннями конфіденційності.
- Дані про обробку: вони виробляються під час виконання інтелектуального обслуговування та звичайних транзакцій між машинами та/або людьми.
- Документи: Вони в основному використовуються або виробляються урядовими програмами або в бізнесі. Документи також можуть бути основою інтелектуального контролю сервісу (тобто забезпечення якості, плани відновлення аварій тощо) і можуть бути організовані в цифрових сховищах.
- Геопросторові: використовуються та зберігаються географічними інформаційними системами.
- Бізнес-дані: створені в бізнес-модулі та за допомогою розумних додатків економії.

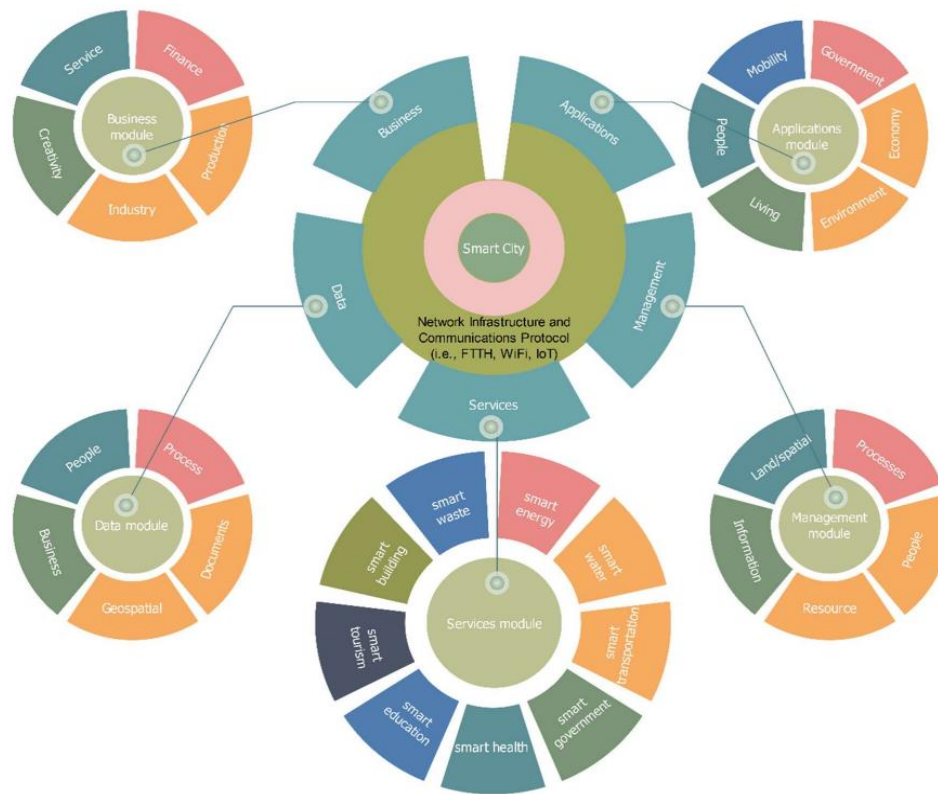


Рис. 2.7. Модульна архітектура розумного міста

Що стосується архітектурних рекомендацій, вони повинні задовольняти наступним аспектам:

- Вимоги безпеки та конфіденційності.
- Вимоги до якості: мінімальний набір вимог до якості для підсистеми кожної архітектури та загальної продуктивності архітектури. Набір принципів для архітектури розумного міста був представлений вище, деякі з яких повністю ґрунтуються на якості (тобто керованість, стійкість до відмов, масштабованість тощо)
- Посібники для кожної підсистеми: більшість перерахованих вище модулів можна стандартизувати.

Висновки по розділу 2

В даному розділі було розглянуто що таке розумне місто, його будову та компоненти. Було проведено аналіз методології побудови архітектури IoT для розумного міста. Здійснено огляд процесів побудови архітектури відповідно до методології.

Було проведено аналіз рівневої та модульної архітектури IoT для розумного міста. В результаті було з'ясовано, що рівнева система являється найкращим керованим варіантом. Оскільки, фізична інфраструктура та особливості навколишнього середовища ставлять багато обмежень у модульному вирішенні.

3. ПРИКЛАДИ ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЯ

3.1 Розумна парковка

Розумна парковка є одним з основних вирішень у сфері транспорту з метою зменшення заторів у центральних частинах міста і зонах з інтенсивним рухом. За оцінками, близько третини міського руху викликають водії, які кружляють, шукаючи місця для паркування свого авто. Ці машини сповільнюють громадський транспорт і перешкоджають машинам аварійних служб. А водії, зосереджені на пошуку парковки, створюють небезпеку для пішоходів та велосипедистів. Дане вирішення також допоможе скоротити забруднення повітря і збільшити доходи від паркування.

Розумні системи паркування будуть використовувати наступні технології для визначення вільних паркувальних місць та передачі даної інформації до користувача (водія): оптоволоконна інфраструктура, бездротові мережі, хмарні платформи, датчики парковки або камери, мобільні додатки.

Результат впровадження розумної парковки:

- зникнення руху автомобілів, пов'язаних з паркуванням;
- зменшення заторів і вихлопних газів;
- зменшення негативного настрою і дискомфорту у водіїв у зв'язку з пошуком паркомісця;
- зменшення використання палива автомобілями;
- збільшення прибутку для міста у зв'язку з вдосконаленням платіжної системи паркування.

3.1.1. Приклад реалізації розумної парковки

Сан-Франциско у 2010 році почало випробовувати нові технології паркування та гнучкий підхід до ціноутворення, який покликаний покращити роботу

паркування для всіх. Мета SFpark - мати принаймні одне місце для паркування на один квартал. Таким чином, водії можуть припаркуватися поблизу конкретного пункту призначення, не потребуючи кружляння по кварталу або подвійного паркування. SFpark забезпечує безпечніші та більш вільні вулиці для всіх.

Ось як це працює. Встановлені датчики паркування визначають, коли місце для паркування є вільним. Водії зможуть перевірити наявність та тарифи на паркування в Інтернеті, текстовим повідомленням та за смартфоном, перш ніж відправлятися до місця призначення. Це допоможе людям вирішити, їздити на власному авто, їздити на громадському транспорті, їздити на велосипеді чи гуляти.



Рис. 3.1. Датчики паркування

Нові лічильники SFpark полегшать оплату. На додаток до «живих» грошей, нові лічильники прийматимуть кредитні картки та картки паркування SFMTA. Ліміти паркування будуть продовжені. Простіша оплата та розширені часові рамки допоможуть водіям уникнути штрафів.



Рис. 3.2. Лічильники SFPark

Вартість за паркування буде коригуватися на основі попиту, раз на місяць, але не більше ніж на п'ятдесят центів. Так, у районах, де здається майже неможливим знайти місце для паркування, тарифи будуть зростати, поки щонайменше одне місце не буде доступне більшу частину часу. А в районах, де вільних паркувальних місць достатньо, ставки знижуватимуться, поки більшість порожніх місць не заповниться або до тих пір, поки ставки не знизяться до рівня лише 25 центів на годину.

В результаті було впроваджено датчиків приблизно на 20 тис. паркувальних місць. Скорочено час пошуку вільного паркувального місця на 43%, зниження штрафів за неправильну парковку на 23%, зниження випадків парковки в два ряди, зниження рівня завантаженості руху.

3.2 Розумне освітлення

Основним завданням розумного освітлення є, насамперед, економія енергії за рахунок використання економічних видів лам (світлодіодів), запровадження

регулювання використання світла залежно від потреб місцевості, зменшення світлового забруднення. Розумне освітлення також може забезпечити додаткові послуги, такі як:

- допомога у моніторингу вільних паркувальних місць;
- Wi-Fi покриття;
- двосторонній екстрений зв'язок.

Використовувані технології: світлодіодні ліхтарі, оптоволоконна інфраструктура, бездротові мережі, хмарні платформи, блок датчиків.

3.2.1. Приклад реалізації розумного освітлення

У 2015 році в Хорватії, а саме в Загребському і Крапинсько-Загорському округах стартував проєкт «NEWLIGHT». За даним проєктом розраховано модернізувати 1/3 громадського освітлення в Хорватії за 3 роки, що призведе до ряду прямих вигод, зокрема: модернізація близько 200 000 світильників; створення надійного та поновлюваного джерела енергії; зменшення споживання енергії на 15 ГВт-год; та скорочення викидів CO₂ на 5000 тон. Крім того, це призведе до непрямих вигод, таких як розвиток ринку ЕПК в Республіці Хорватія, підвищення конкурентоспроможності, розвиток нових енергетичних послуг та зниження витрат на енергоносії. Виходячи з цієї належної практики, проєкт зараз перетворюється на національну схему.

3.3 Розумна медицина

Розумна медицина на базі Інтернету речей на практиці зазвичай реалізується у вигляді систем моніторингу здоров'я людей з використанням різноманітних біосенсорів і датчиків і систем віддаленої медичної допомоги. Можливі застосування систем моніторингу на базі сенсорних мереж в медицині:

1. Моніторинг фізіологічного стану людини: фізіологічні дані, зібрані сенсорними мережами можуть зберігатися протягом тривалого періоду часу і можуть використовуватися для медичного дослідження. Встановлені вузли мережі можуть також відстежувати рухи літніх людей, інвалідів та, наприклад, попереджати падіння. Ці вузли невеликі і забезпечують пацієнтові велику свободу пересування, в той же час дозволяють лікарям виявити симптоми хвороби заздалегідь. Крім того, вони сприяють забезпеченню більш комфортного життя для пацієнтів в порівнянні з лікуванням в лікарні.

2. Моніторинг лікарів і пацієнтів в лікарні: кожен пацієнт має невеликий і легкий вузол мережі. Кожен вузол має свою конкретну задачу. Наприклад, один може стежити за серцевим ритмом, в той час як інший знімає показання кров'яного тиску. Лікарі можуть також мати такий вузол, він дозволить іншим лікарям знайти їх в лікарні.

3. Моніторинг медикаментів у лікарнях: сенсорні вузли можуть бути приєднані до ліків, тоді шанси видачі неправильного ліки, можуть бути зведені до мінімуму. Так, пацієнти матимуть вузли, які визначають їх алергію і необхідні ліки. Комп'ютеризовані системи показали, що вони можуть допомогти звести до мінімуму побічні ефекти від помилкової видачі препаратів.

3.3.1 Приклади реалізації розумної медицини

1. Розумна пляшечка для ліків: вона нагадує пацієнтам приймати ліки. Пляшка складається з датчика, який може виявити, коли пляшка відкрита, і бездротового модему, який передає інформацію медичному працівнику. Пляшка також може засвітитись або відтворити пісню, щоб нагадати пацієнтам приймати ліки. Крім того, аптеки можуть захистити себе від судових позовів у ситуаціях, коли важко довести, що пацієнт не приймав ліки.

2. Apple Watch: розумний годинник, який може слідкувати за серцевим ритмом і вихідні дані можуть бути підключені до систем вашої лікарні. Алгоритм може виявити закономірність, яка вказує на те, що у вас буде серцевий напад,

тоді системи лікарні сповістять вас за допомогою текстового повідомлення або телефонного дзвінка. До вашого будинку буде викликана швидка допомога, і в лікарні попередять кардіолога. Це здійснюється з використанням мобільних даних у режимі реального часу для прогнозованої медичної допомоги.

3. Медичні IoT датчики: датчики IoT можуть бути навіть вбудовані всередину тіла. Компанія «Медтронік», що розглядає далекоглядні медичні технології, брала участь у створенні «штучної підшлункової залози». Це приклад IoT, що відбувається всередині організму із імплантованими датчиками, які аналізують вашу кров та підтримують зв'язок з імплантованим насосним пристроєм, який може вводити правильну дозу інсуліну. Цей вид застосування із замкнутим циклом може потенційно покращити життя пацієнтів, які страждають від певної втрати функції органів - у цьому випадку людей із діабетом 1 типу.

Висновки по розділу 3

В даному розділі було розглянуто технології застосовані в певних сферах міста, з врахуванням архітектурних концепцій Інтернету речей та наведені приклади їх практичної реалізації.

На даний момент у світі є багато приватних компаній, які на замовлення відповідно до вказаних потреб, фізичних особливостей місцевості та фінансових можливостей розроблять технологію для вирішення певних питань у конкретній сфері міста з урахуванням всіх основних принципів, що зазначені в архітектурних концепціях Інтернету речей.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В результаті виконання даної роботи була розглянута стандартна архітектура Інтернету речей, взаємодія IoT з перспективними інфокомунікаційними технологіями та використовувані протоколи.

Була розглянута ідея розумного міста, його характеристика та компоненти. Застосування IoT в розумних містах. Було досліджено методологію побудови архітектури Інтернету речей для розумного міста. Вона складається з наступних етапів:

- оцінка можливостей використання (побажання замовника та обмеження);
- створення мета-архітектури (рішення високого класу);
- створення архітектури (структура, взаємозв'язок, погляди, припущення, обґрунтування);
- керівні принципи (моделі, шаблони).

Було проведено аналіз рівневої та модульної архітектури IoT для розумного міста. В результаті було з'ясовано, що рівнева система являється найкращим варіантом. Оскільки, фізична інфраструктура та особливості навколишнього середовища ставлять багато обмежень у модульному вирішенні.

До архітектурних концепцій ставиться ряд певних вимог і вони повинні задовольняти наступним аспектам:

- Вимоги безпеки та конфіденційності.
- Вимоги до якості: мінімальний набір вимог до якості для підсистеми кожної архітектури та загальної продуктивності архітектури.
- Посібники для кожної підсистеми: більшість модулів можна стандартизувати.

Також було наведено приклади практичної реалізації технологій створених з дотриманням ідей, методології та вимог архітектурних концепцій. Дані приклади показують результати оптимізації процесів, з якими місто отримує колосальні вигоди, а саме: зменшення використання природних ресурсів, покращення соціального рівня життя у населення, збільшення грошових надходжень до бюджетів, зменшення екологічно забруднення і багато інших.

Список використаної літератури

1. That 'Internet of Things' Thing [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.rfidjournal.com/that-internet-of-things-thing>
2. Интернет речей (IoT): мета застосування та правові проблеми [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=Infpr_2018_2_5
3. Росляков А., Ваняшин С., Гребешков А., Самсонов М. «Интернет вещей» – Самара: ПГУТИ, ООО «Издательство Ас Гард», 2014
4. What is IoT architecture? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.avsystem.com/blog/what-is-iot-architecture/>
5. internet of things (IoT) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Internet-of-Things-IoT>
6. IoT Standards and Protocols Guide — Protocols of the Internet of Things [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.avsystem.com/blog/iot-protocols-and-standards/>
7. COAP — ОБЛЕГЧЁННЫЙ HTTP ДЛЯ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://r-iot.org/2018/05/14/coap-%d0%b4%d0%bb%d1%8f-%d1%82%d0%b5%d1%85-%d1%83-%d0%ba%d0%be%d0%b3%d0%be-%d0%bc%d0%b0%d0%bb%d0%be-%d1%80%d0%b5%d1%81%d1%83%d1%80%d1%81%d0%be%d0%b2/>
8. LwM2M — Lightweight M2M Standard — Protocol and its Benefits [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.avsystem.com/blog/lightweight-m2m-lwm2m-overview/>

9. The Rise of the Smart City [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:

https://www.researchgate.net/publication/316114240_The_Rise_of_the_Smart_City

10. Understanding Smart Cities: A Tool for Smart Government or an Industrial Trick? [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:

https://books.google.com.ua/books?id=2_eqDgAAQBAJ&pg=PA32&lpg=PA32&dq=Anthopoulos,+2015;+ITU,+2014b&source=bl&ots=jDUORoX8tv&sig=ACfU3U3XW8GqE8c1vJhgzdUxtDWQVRgQ8w&hl=uk&sa=X&ved=2ahUKEwjcgKQ2MnpAhUnxosKHWwQDoUQ6AEwAHoECAoQAQ#v=onepage&q&f=false

11. The Business Models and Information Architectures of Smart Cities [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:

https://www.researchgate.net/publication/233433620_The_Business_Models_and_Information_Architectures_of_Smart_Cities