

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
на тему: «ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ ДЛЯ РОЗВИТКУ  
ІНФРАСТРУКТУРИ МІСТА»

на здобуття освітнього ступеня бакалавра  
зі спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія  
(код, найменування спеціальності)  
освітньо-професійної програми Комп'ютерна інженерія  
(назва)

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

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
Мирослав ПУШНЯ  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ здобувача

|            |                                                                                   |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Виконав:   | здобувач(ка) вищої освіти гр. КІД-41<br>_____<br>Мирослав ПУШНЯ<br>Ім'я, ПРІЗВИЩЕ |
| Керівник:  | _____<br>Наталія ЛАЩЕВСЬКА<br>Ім'я, ПРІЗВИЩЕ                                      |
| Рецензент: | _____<br>Ім'я, ПРІЗВИЩЕ                                                           |

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**  
**Навчально-науковий інститут Інформаційних технологій**

Кафедра 123 Комп'ютерної інженерії

Ступінь вищої освіти бакалавр

Спеціальність 123 Комп'ютерної інженерії

Освітньо-професійна програма Комп'ютерна інженерія

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри Наталія ЛАЩЕВСЬКА

\_\_\_\_\_ Ім'я, ПРІЗВИЩЕ  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Пушня Мирослав Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема кваліфікаційної роботи: ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ ДЛЯ РОЗВИТКУ ІНФРАСТРУКТУРИ МІСТА.

керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ Наталія ЛАЩЕВСЬКА,  
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій від  
«27» лютого 2024р. № 36

2. Строк подання кваліфікаційної роботи «3» червня 2024р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:

3.1 Вимоги до кваліфікаційної роботи бакалавра з актуальних завдань спеціальності.

3.2 Нормативні матеріали (стандарти).

3.3 Технічні вимоги.

3.4 Науково-технічна література з питань, з пов'язаних з темою роботи

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

4.1 Система контролю освітлення вилиць

4.2 Моніторинг заповнювання смітєвих баків

4.3 Житлово-комунальне господарство

4.4 Проблеми що виникають в IoT

5. Перелік ілюстративного матеріалу: презентація

6. Дата видачі завдання «27» лютого 2024р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|-------------------------------------|-------------------------------|----------|
| 1     | Збір даних                          | 28.02-22.03.2024              | Виконано |
| 2     | Обробка матеріалу                   | 23.03-05.04.2024              | Виконано |
| 3     | Розробка теоретичної частини        | 06.04-10.04.2024              | Виконано |
| 4     | Розробка практичної частини         | 11.04-30.04.2024              | Виконано |
| 5     | Написання розділів роботи           | 01.05-03.05.2024              | Виконано |
| 6     | Висновки за результатами аналізу    | 04.05-08.05.2024              | Виконано |
| 7     | Розробка презентації                | 09.05-11.05.2024              | Виконано |
| 8     | Передзахист                         | 14.05-17.05.2024              | Виконано |
| 9     | Здача в деканат                     | 25.05-3.06.2024               | Виконано |

Здобувач(ка) вищої освіти

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Мирослав ПУШНЯ

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Наталія ЛАЩЕВСЬКА

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня бакалавра: 53 стор., 3 рис., 3 табл., 20 джерел.

**Мета роботи** – використання інтернет речей для розвитку інфраструктури міста.

**Об'єкт дослідження** – процес порівняння технологій та розвитку інфраструктури за допомогою інтернет речей.

**Предмет дослідження** – технології на яких базується інтернет речей і те як використовувати в розвитку інфраструктури міста.

**Короткий зміст роботи:** Саме впровадження мережі IoT в повсякденному житті допоможе автоматизувати процеси. Модернізація систем освітлення призведе до зниження кількості ДТП, встановивши механізм адаптивного освітлення в залежності від метеоумов і часу доби такі системи допоможуть знизити витрати на електроенергії і підвищити безпеку.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: КОНТРОЛЕРИ, IoT, РЕЛЕ, ДАТЧИКИ.

## ABSTRACT

The text part of the qualifying work for obtaining a bachelor's degree: 53 pages, 3 figures, 3 tables, 20 sources.

**The purpose** of the work is to use the Internet of Things for the development of the city's infrastructure.

**The object** of research is the process of comparing technologies and infrastructure development with the help of Internet of Things.

**The subject** technologies on which the Internet of Things is based and how to use them in the survey of the city's infrastructure.

**Summary of the work:** It is the implementation of the IoT network in everyday life that will help automate processes. Modernization of the lighting system will lead to a decrease in the number of road accidents by establishing a mechanism of adaptive lighting depending on weather conditions and achieving such systems, reducing electricity costs and increasing safety.

**KEYWORDS:** CONTROLLERS, IoT, RELAYS, SENSORS.





## **ЗМІСТ**

|                                                                                                                                       |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ВСТУП .....</b>                                                                                                                    | <b>9</b>  |
| <b>РОЗДІЛ 1 ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ ДЛЯ РОЗВИТКУ ІНФРАСТРУКТУРИ МІСТА .....</b>                                                                | <b>10</b> |
| 1.1 Як працює інтернет речей .....                                                                                                    | 10        |
| 1.2 Деякі історичні факти, що сформували сучасне поняття IoT.....                                                                     | 11        |
| 1.3 Архітектура інтернету речей .....                                                                                                 | 12        |
| 1.4 Принцип роботи інтернету речей .....                                                                                              | 21        |
| <b>РОЗДІЛ 2 Ознайомлення та порівняльний аналіз протоколів та технологій передачі даних в мережах інтернету речей.....</b>            | <b>24</b> |
| 2.1 Технології для передачі даних діляться на ті, які діють на дальніх дистанції і ті що використовуються на коротких дистанціях..... | 24        |
| 2.2 Технології та протоколи передачі даних на короткі відстані в IoT мережах .....                                                    | 34        |
| <b>РОЗДІЛ 3 Інтернет речей для розвитку інфраструктури міста .....</b>                                                                | <b>42</b> |
| 3.1 Система контролю освітлення вулиць .....                                                                                          | 42        |
| 3.2 Моніторинг заповнювання сміттєвих баків. ....                                                                                     | 46        |
| 3.3 Житлово-комунальне господарство .....                                                                                             | 48        |
| 3.4 Проблеми що виникають в IoT .....                                                                                                 | 49        |
| <b>ВИСНОВОКИ.....</b>                                                                                                                 | <b>50</b> |
| <b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....</b>                                                                                                         | <b>51</b> |
| <b>ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ.....</b>                                                                                                  | <b>53</b> |

## ВСТУП

Інтернет речей - це концепція мережі передачі даних між пристроями. У середині IoT люди можуть спілкуватися з «речами», а «речі» - спілкуватися між собою.

Кількість IoT-пристроїв вже перевищує 12 млрд одиниць, а до 2025 року може перевищити 41 млрд. Таким чином, актуальність інтернету речей продовжує зростати.

Мережа інтернет речей – екосистема фізично не пов'язаних між собою пристроїв, які передають один одному інформацію за єдиним протоколом передачі даних.

**Актуальність теми** – Саме впровадження мережі IoT в повсякденному житті допоможе автоматизувати процеси. Модернізація систем освітлення призведе до зниження кількості ДТП, встановивши механізм адаптивного освітлення в залежності від метеоумов і часу доби такі системи допоможуть знизити витрати на електроенергії і підвищити безпеку.

## РОЗДІЛ 1 ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ ДЛЯ РОЗВИТКУ ІНФРАСТРУКТУРИ МІСТА

### 1.1 Як працює інтернет речей

Інтернет речей (IoT) - це концепція передачі даних між фізичними об'єктами в мережі, де пристрої мають вбудовані інструменти і технології для спілкування один з одним і взаємодії із зовнішнім середовищем.[1]

Це мережа об'єктів, які приймають рішення під контролем певної програми, рис. 1.1.

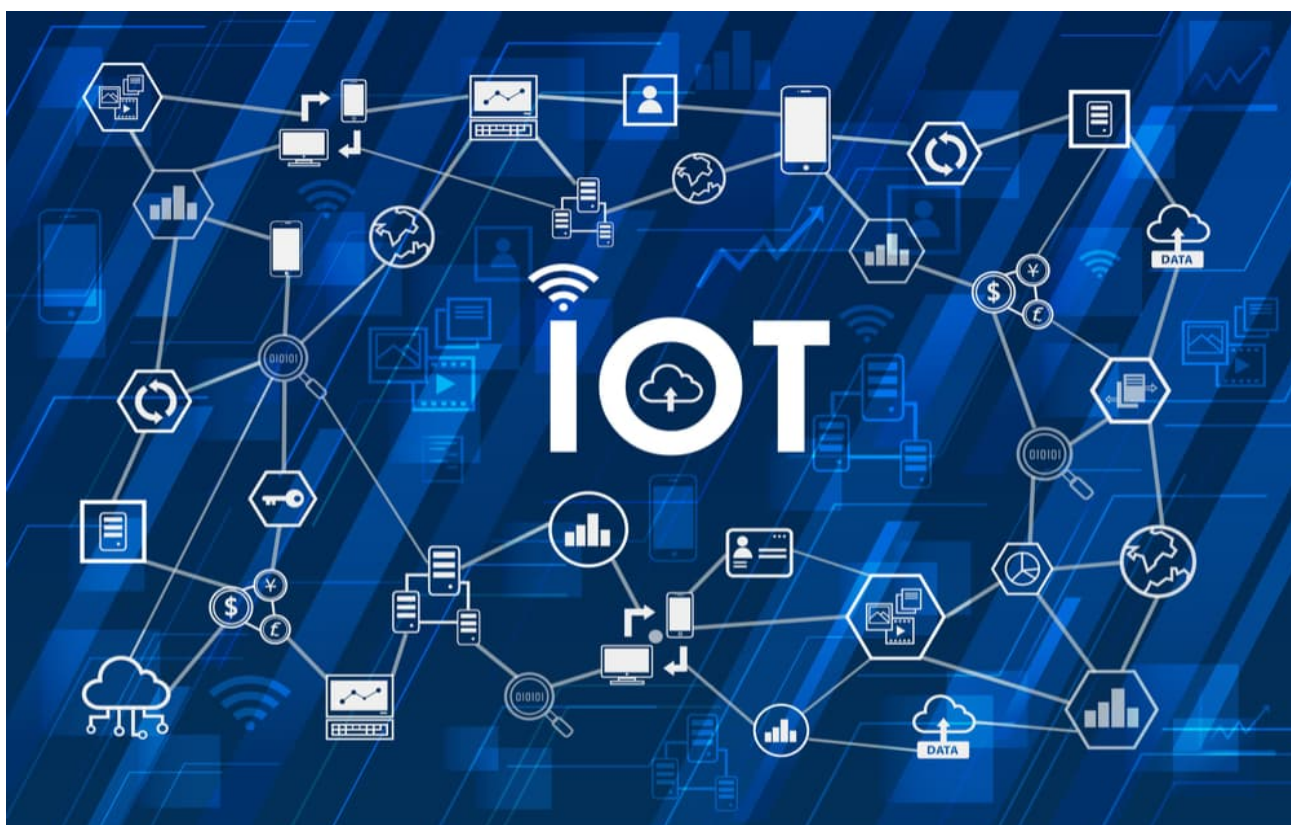


Рисунок 1.1 - Інтернету речей

Розумні будинки, розумні міста, системи безпеки, які виявляють злочинців і автоматично сповіщають поліцію, пристрої, які самостійно стежать за станом пацієнтів або роботою заводського обладнання - все це вже не схоже на науково-

фантастичну кінокартину: Завдяки технологіям Інтернету речей багато процесів у побуті та на робочому місці можуть бути автоматизовані. Давайте розглянемо, що ж таке цей чудовий Інтернет речей, як він працює і чим може допомогти кожному.

## **1.2 Деякі історичні факти, що сформували сучасне поняття IoT**

В інтерв'ю журналу Collier's у 1926 році Нікола Тесла сказав, що одного разу в майбутньому радіо стане чимось на кшталт великого мозку, так що все буде частиною єдиного цілого, а інструменти, які зроблять це можливим, легко помістяться у вашій кишені.

Багато експертів відносять початок Інтернету речей до 1990 року, коли Джон Ромкі, один із творців IP-протоколу TCP, підключив до мережі тостер.

Вперше термін IoT був введений в 1999 році Кевіном Ештоном, одним із засновників дослідницького центру Auto-ID при Массачусетському технологічному інституті. Того ж року було створено дослідницький центр для вивчення радіочастотної ідентифікації та сенсорних технологій. Саме завдяки цим напрямкам концепція набула широкого розповсюдження.

У період з 2008 по 2009 рік кількість об'єднаних в мережу об'єктів перевищила кількість об'єднаних в мережу людей.

У 2013 році експерти відзначили повноцінний світанок ери IoT, але її поява не викликала великої популярності серед широкої громадськості. Це пов'язано з тим, що спочатку IoT з'явився як технологія міжмашинної взаємодії (M2M) для бездротових систем моніторингу. Пізніше до IoT почали відносити все, що так чи інакше пов'язане з вбудованими обчислювальними системами (наприклад, мережі високого класу, обладнання для цифрових вивісок, робототехніку, дрони, автомобільні комп'ютери, носимі пристрої тощо) [2].



Класифікація датчиків:

- За методом перетворення енергії. Залежно від способу перетворення енергії датчики можна поділити на генераторні та параметричні відповідно до відмінностей у підключенні та формуванні сигналу:

- Параметричні (пасивні) датчики - це датчики, в яких вхідна енергія змінює параметри первинного вимірювального елемента перетворювача.

- Генераторні (активні) датчики - це датчики, в яких відбувається перетворення енергії від вхідного до вихідного каналу;

- За типом вихідного сигналу.

Залежно від природи фізичного вихідного сигналу датчики можуть бути

- оптичні сигнали;
- електричні сигнали;
- пневматичні сигнали.

Датчики можна класифікувати за характером вихідного сигналу:

Цифрові сигнали - це сигнали, які можуть бути виражені у вигляді серії дискретних значень. В даний час найбільш поширеними є виконавчі цифрові сигнали (бітові потоки), оскільки їх легше кодувати. Для передачі цифрових сигналів аналоговими каналами (наприклад, електричними або радіоканалами) використовуються різні типи маніпуляцій (модуляції).

Аналогові сигнали - це сигнали даних, де кожен параметр визначається функцією часу і безперервним набором значень.

Параметри вимірювання

Датчики тиску - це пристрої, які вимірюють фізичні параметри, що змінюються залежно від середовища, наприклад, рідини, газу або пари. Датчики тиску перетворюють інформацію про вимірюване середовище в комбінований тиск повітря, електричний цифровий код або сигнал.

Датчики витрати - це пристрої, які вимірюють об'єм речовини, тобто кількість, об'єм або масу матеріалу, що проходить через датчик.

Датчики температури - це пристрої, які вимірюють температуру вимірюваного об'єкта.

Датчик концентрації - це пристрій, який вимірює відсоткову концентрацію однієї речовини в іншій, наприклад, кількість вуглекислого газу в приміщенні або кількість аміаку у воді.

Датчик руху - це пристрій, який працює без механічного контакту з рухомою частиною і являє собою автоматичний вимикач, який активує механізм управління, коли рухома частина машини досягає заданого положення.

Датчики вологості - це пристрої, які вимірюють вологість повітря або інших газів і використовуються в системах мікроклімату.

Засоби передачі даних, тобто мережевий рівень, виступає в якості каналу зв'язку для передачі даних, отриманих на рівні датчика. [4]

Передача даних - це фізична передача даних, тобто цифрових бітових або оптичних потоків, у вигляді сигналів від точки до точки або від точки до декількох точок, каналами передачі даних між датчиками та засобами обробки даних.

Передача даних може відбуватися по дротовому каналу зв'язку або без дротового каналу зв'язку.

Дротова передача даних - це метод обміну інформацією між пристроями за допомогою дротів, виготовлених з металу, наприклад, міді, або оптично прозорого скла чи пластикового оптоволокна.

Цей спосіб передачі даних підходить для передачі великих обсягів даних на великі відстані з мінімальною затримкою, рис. 1.3.

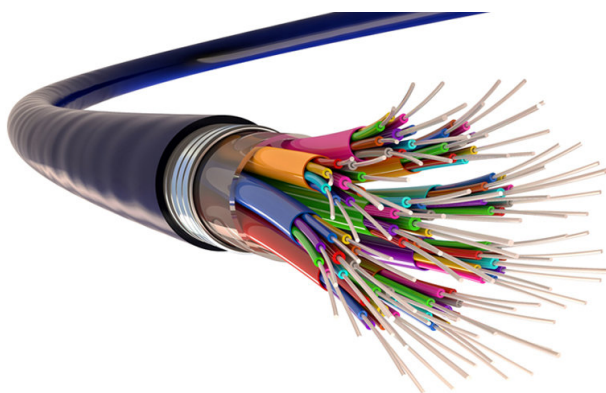


Рисунок. 1.3 – підземний волокно-оптичний кабель

Бездротова технологія передачі даних - це метод обміну інформацією між двома або більше віддаленими точками без необхідності дротового з'єднання. Крім радіохвиль, для передачі інформації можуть також використовуватися інфрачервоні, лазерні промені та оптичне випромінювання, рис 1.4.[4]



Рисунок 1.4 – Радіохвилі Інфрачервоне та Лазерне випромінювання

У каналах радіозв'язку передавачі генерують частоту і амплітуду певних радіоімпульсів, а приймачі фільтрують і обробляють випромінювані коливальні сигнали для вилучення необхідної інформації.

До цієї групи належать такі види зв'язку: WLAN, WPAN, WMAN, WWAN, рис 1.5.

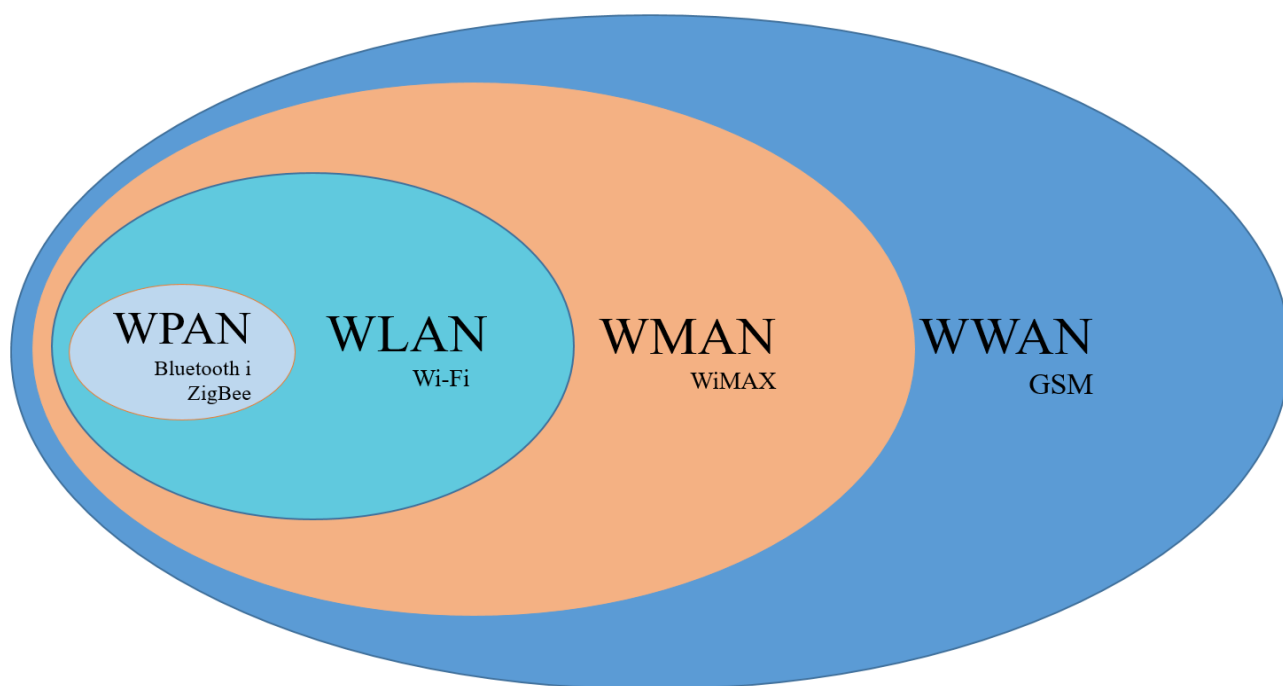


Рисунок 1.5 - Класифікація по дальності дії

WPAN - це персональна локальна мережа, малопотужна мережа, що складається з коротких відстаней, яка використовує цей стандарт для підключення таких пристроїв, як телефони, планшети та інші периферійні пристрої. Мережі мають дуже високу швидкість бездротової передачі даних; WPAN дозволяють обладнати системи розумного будинку і синхронізувати їх з пристроями та іншими бездротовими аксесуарами. Прикладами персональних мереж є ZigBee, Z-Wave і Bluetooth.

WLAN - локальна мережа - це поєднання певної кількості пристроїв на відносно невеликій території. Найпоширенішим методом побудови сьогодні є WiFi. Продукти, засновані на стандарті 802.11, називаються WiFi, а продукти з будь-якого стандарту цього сімейства тепер позначаються цим терміном. Мережі WLAN мають більш високий рівень захисту, ніж WPAN, і створюють більш широку зону покриття.

WMAN - це загальноміська мережа, принцип роботи якої такий самий, як у WiFi. Вона характеризується можливістю підключення більшої кількості пристроїв і покриттям більших територій. Однією з таких технологій є WiMAX.

WWAN - глобальна мережа. Цей тип мереж працює за допомогою комутації каналів і пакетної передачі даних. До таких мереж відносяться: UMTS, GPS, CDMA2000 та GSM[6].

| Технології |           | Стандарт                 | Радіус дії | Частоти      | Швидкість передачі, Мбіт/с |
|------------|-----------|--------------------------|------------|--------------|----------------------------|
| WPAN       | Bluetooth | 802.11                   | 10 м       | 2.4 ГГц      | 3 - 24                     |
|            | ZigBee    | 802.15.4                 |            | 2.4 ГГц      | 0.20 - 2.50                |
|            | UWB       | 802.15.3a                |            | 3,1—10,6 ГГц | 110 - 480                  |
| WLAN       | WiFi      | <a href="#">802.11n</a>  | 100 м      |              | 54                         |
|            |           | 802.11g                  |            | 2.4 ГГц      | 11                         |
|            |           | <a href="#">802.11ac</a> |            | 5.0 ГГц      | до 3390                    |

|      |       |          |           |                 |     |
|------|-------|----------|-----------|-----------------|-----|
| WMAN | WiMax | 802.16e  | 1 - 5 км  | 2,3 - 13,6 ГГц  | 75  |
|      |       | 802.16 d | 6 - 10 км | 2.3 - 3.6 ГГц   | 40  |
| WWAN | GPRS  | GSM      | 5 - 30 км | 890 - 960 МГц   | 236 |
|      | HSDPA | UMTS     | 5 - 30 км | 1885 - 2200 МГц | 8   |

Таблиця 1.1 Характеристики технологій та стандартів ,бездротової передачі даних

Це шар, що складається з основного обчислювального блоку для обробки даних IoT-пристроїв, які керують виконавчими механізмами. [5]

Обробка даних - це методи та засоби обробки та збору даних, необхідні для організації управління об'єктами та вирішення завдань автоматизованим способом, рис. 1.6.

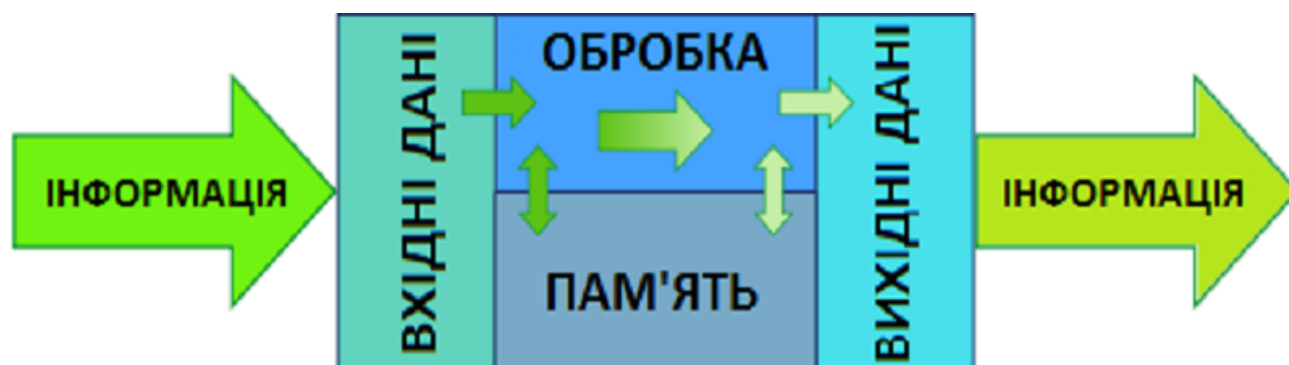


Рисунок 1.6 - Алгоритм обробки даних

Шлюзи зазвичай є логічно керованими пристроями, які поверхнево аналізують інформацію з підключених датчиків. У деяких випадках, оскільки аналіз даних вимагає лише невеликої кількості обчислювальних ресурсів, ворота можуть приймати деякі рішення самостійно. Приймаючи такі рішення, ворота надсилають певні команди керування до виконавчих механізмів, які, своєю чергою, виконують свої функції, рис 1.7.



Рисунок 1.7 - Raspberry Pi

Якщо обробка інформації є дороговартісною або інформація підлягає агрегації, шлюз надсилає інформацію на сервер, де вона обробляється далі. В якості шлюзів можуть використовуватися мікрокомп'ютери або мікропроцесори.

Актуатори - це пристрої, призначені для впливу на навколишнє середовище або певні об'єкти в ньому і здатні перетворювати цифрові електричні сигнали, надіслані інструментами обробки даних, у дії. Актуатори бувають різних конструкцій і застосувань і часто конструктивно об'єднані з датчиками. Цю роль можуть виконувати різні пристрої, включаючи сервоприводи, лінійні двигуни, реле, електричні клапани, освітлювальні прилади тощо. [7]

Реле - це комутаційні пристрої, які з'єднують або роз'єднують електронні ланцюги при отриманні сигналу від блоку управління і можуть використовуватися для вмикання та вимикання пристроїв від мережі, наприклад, для управління освітленням, рис. 1.8.

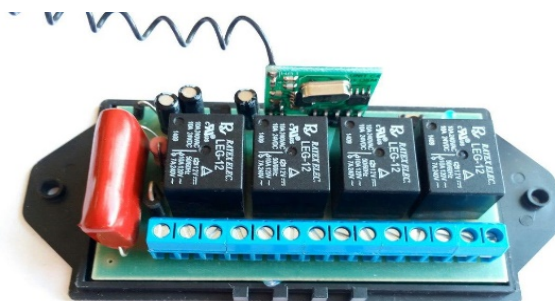


Рисунок 1.8 – Реле

Сервоприводи - це механічні приводи з автоматичною компенсацією стану, які можуть, наприклад, відчиняти та зачиняти двері та вентиляційні отвори, рис. 1.9.



Рисунок 1.9 - Сервоприводи для колектора тепловодної підлоги

Лінійні двигуни - це електродвигуни, в яких одним з елементів магнітної системи є відкрита обмотка, що генерує магнітне поле, а інший виконаний у вигляді направляючої, яка взаємодіє з нею і забезпечує лінійне переміщення рухомого об'єкта, рис 1.10.



Рис 1.10 - Лінійний двигун

Кульові крани - це тип трубопровідної арматури зі сферичним запірним або регулюючим елементом. Вони є одним з найсучасніших і прогресивних типів

арматури і все частіше використовуються в трубопроводах, що транспортують природний газ і нафту, в міському газопостачанні, водопостачанні та опаленні для різних умов експлуатації. Кульові крани мають два робочих положення: відкрите і закрите, рис 1.11.



Рисунок 1.11 - Електропривідний кульовий клапан

Керуючі програми - це програмне забезпечення, яке встановлює взаємодію між IoT та користувачем. Наприклад, користувачі можуть програмувати цикли дій і сценарії відповідно до заданих параметрів або дистанційно вмикати та вимикати окремі вузли системи, рис. 1.12.

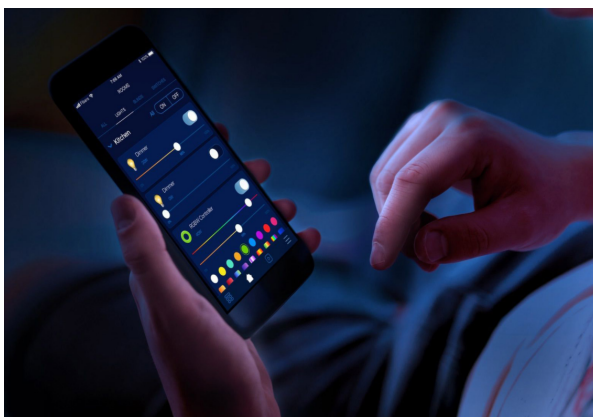


Рисунок 1.12 – Інтерфейс на смартфоні

Схема взаємодії вузлів інтернету речей, рис 1.13.

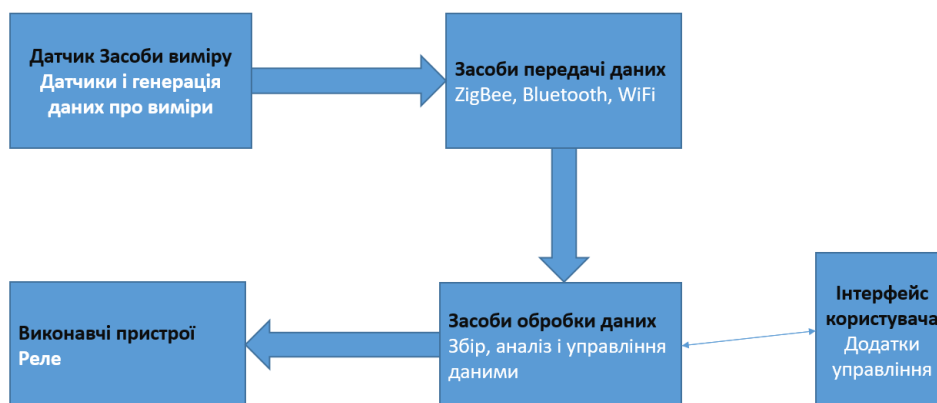


Рисунок 1.13 - Схема взаємодії вузлів інтернету речей

#### 1.4 Принцип роботи інтернету речей

Принцип роботи інтернету речей об'єднує декілька етапів:

- зчитування результатів з датчиків;
- передача даних від датчика до гейту;
- опрацювання даних отриманих з датчиків і прийняття зарані запрограмованих дій;
- передача інформації до актуатору і користувача;

Більш детально про дані етапи нижче. [9]

Датчики та сенсори збирають дані з навколишнього середовища. Це може бути як просте вимірювання рівня освітленості, так і складне спостереження за навколишнім середовищем за допомогою відеозапису.

Пристрої з вбудованими датчиками використовуються тому, що в один пристрій можна вбудувати кілька датчиків. Наприклад, смартфон - це пристрій з великою кількістю датчиків і сенсорів, включаючи датчики освітленості, датчики наближення, датчики положення, рис. 1.14, мікрофони і хешування. Тому на цьому етапі дані з навколишнього середовища перетворюються на сигнали і готуються до транспортування.

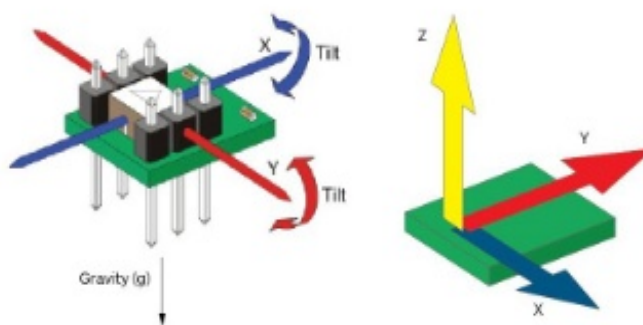


Рисунок 1.14 - Датчик положення

Датчики можуть бути підключені до контролера різними способами, такими як WiFi, Bluetooth, малопотужна бездротова мережа WPAN, стільникові широкосмугові мережі та прямий доступ до Інтернету через технологію Ethernet. Кожен спосіб має певні компроміси з точки зору відстані зв'язку, пропускної здатності та енергоспоживання. На даному етапі всі вищезгадані технології виконують основну функцію передачі даних від датчика до контролера.

Після того, як дані потрапляють до контролера, програмне забезпечення обробляє їх і порівнює із запланованими сценаріями.

Наприклад, інформація надходить від датчиків температури в будинку. Це означає, що нічого не станеться, якщо температура залишатиметься в межах запланованого діапазону, але якщо температура впаде нижче заздалегідь визначеного діапазону, контролер подасть сигнал про ввімкнення опалення в будинку. Якщо потрібні більш складні розрахунки, двері можна підключити до більш потужного комп'ютера або хмарних обчислень.

Хмарні обчислення - це модель, яка забезпечує доступ до обчислювальних можливостей, які можуть бути швидко надані завдяки доступу до Інтернету.

Такі можливості можуть знадобитися у відеоспостереженні систем безпеки. Коли система безпеки вмикається і спрацьовує датчик руху, автоматично вмикаються камери спостереження, де для обробки відео та пошуку можливих

злочинців, які могли проникнути в будинок, потрібна додаткова потужність іншого комп'ютера або хмари.

На цьому етапі інформація передається на виконавчі пристрої, які автоматично виконують запрограмовані дії. При бажанні власник системи може також вручну змінювати параметри розумного будинку в режимі реального часу, наприклад, увімкнути світло, замкнути двері, увімкнути сигналізацію або відрегулювати роботу кондиціонера.

Система також може повідомити власника телефоном або текстовим повідомленням, якщо він забув замкнути двері. Служба безпеки автоматично сповіщається, якщо стався витік газу або хтось вломився в будинок.

Системи Інтернету речей складаються з датчиків і сенсорів, які генерують сигнали з навколишнього середовища і надсилають їх на процесори даних, які потім слідують заздалегідь запрограмованим сценаріям і видають команди виконавчим механізмам, які, в свою чергу, виконують дії або сповіщають власника, рис 1.15.



Рисунок 1.15 – Схема прийняття рішень в системі IoT.

## РОЗДІЛ 2 ОЗНАЙОМЛЕННЯ ТА ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПРОТОКОЛІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ В МРЕЖАХ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

### 2.1 Технології для передачі даних діляться на ті, які діють на дальніх дистанціях і ті що використовуються на коротких дистанціях

Протоколи та технології для передачі даних на великі відстані в мережах IoT.

Оскільки кількість пристроїв, підключених до Інтернету речей, неухильно зростає і багато з них живляться від внутрішніх джерел живлення, таких як батареї або акумулятори, для підвищення мобільності та автономної роботи в районах, де можливе відключення електроенергії, слід приділяти увагу продовженню терміну служби пристроїв і обладнання.

Для вирішення цієї проблеми будується нова мережа, присвячена Інтернету речей. Ця мережа називається LPWAN і характеризується низьким енергоспоживанням та широким географічним покриттям, рис 2.1. [11]

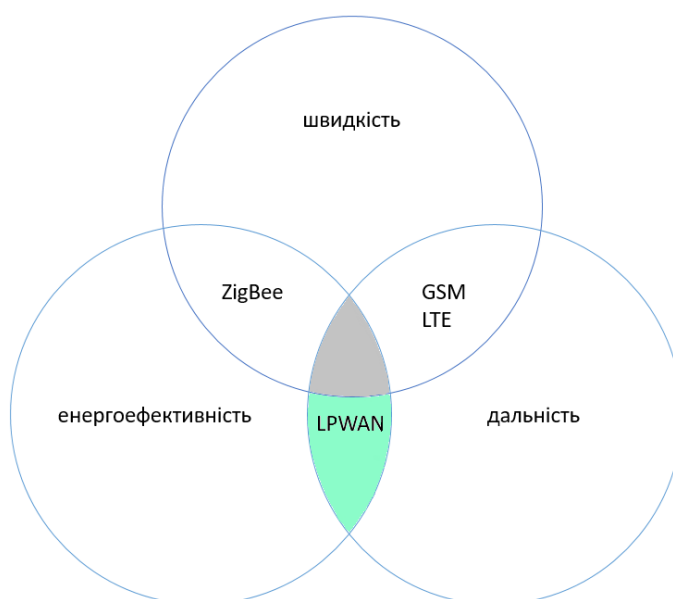


Рисунок 2.1 – Переваги LPWAN

Енергоефективні мережі LPWAN на великі відстані включають наступні технології: NB-IoT, LoRa, SIGFOX і Weightless.

Ці технології з'явилися у зв'язку з необхідністю об'єднати велику кількість датчиків, детекторів і вимірювальних пристроїв для централізованого збору та обробки даних.

Технологія NB-IoT - це еволюція від стільникового зв'язку до Інтернету речей.

Стандартизація цієї технології була завершена в червні 2016 року. Розробку очолював консорціум, який розробив специфікації стільникового зв'язку, а також сам 3GPP.

NB-IoT - це стандарт для телеметричних пристроїв з низьким обміном даними на основі стільникового зв'язку. [15]

NB-IoT, також відомий як LTE Cat-M, дозволяє користувачам Інтернету речей інтегрувати системи вимірювання та інтелектуального моніторингу.

NB-IoT має такі переваги: висока надійність, швидке розширення та заміна модулів, широке покриття та низьке енергоспоживання, до 10 років роботи від однієї батареї без підзарядки.

Nb-IoT використовує майже ті ж низькочастотні діапазони, що і друге, третє та четверте покоління, а саме: 800 МГц - 20-й діапазон, 900 МГц - 8-й діапазон та 1800 МГц - 3-й діапазон. Крім того, немає сенсу використовувати більш високі частоти, оскільки вони послаблюють сигнал.

Існує три способи виділення частот для NB-IoT:

— Stand Alone. Незалежні частотні канали шириною 200 кГц. Найефективніший варіант для NB-IoT, але найдорожчий. Тільки в цьому випадку взаємодія з іншими технологіями зводиться до мінімуму, рис 2.2.

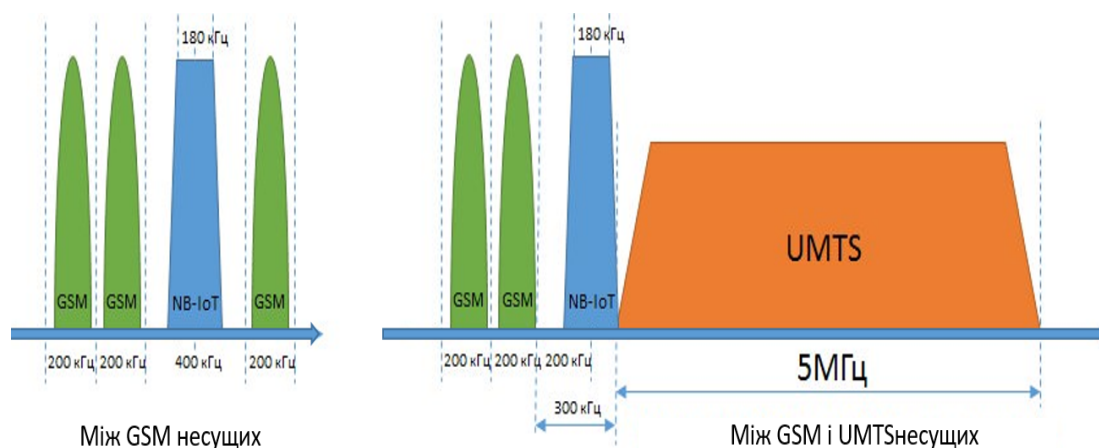


Рисунок 2.2 – NB-IoT варіант його розміщення в Stand Alone режимі

— Guard Band. У цьому випадку NB-IoT запускається в захисній смузі. Наприклад, у діапазоні 15 МГц LTE смуга частот 500 кГц використовується як захисна смуга; NB-IoT використовує на 6 дБ більше потужності порівняно з блоком джерел несучої LTE. Таке використання зменшує перешкоди для мережі LTE і в той же час економить частотні ресурси, рис. 2.3. Однак це має недолік - погіршення параметрів позасмугового випромінювання LTE.

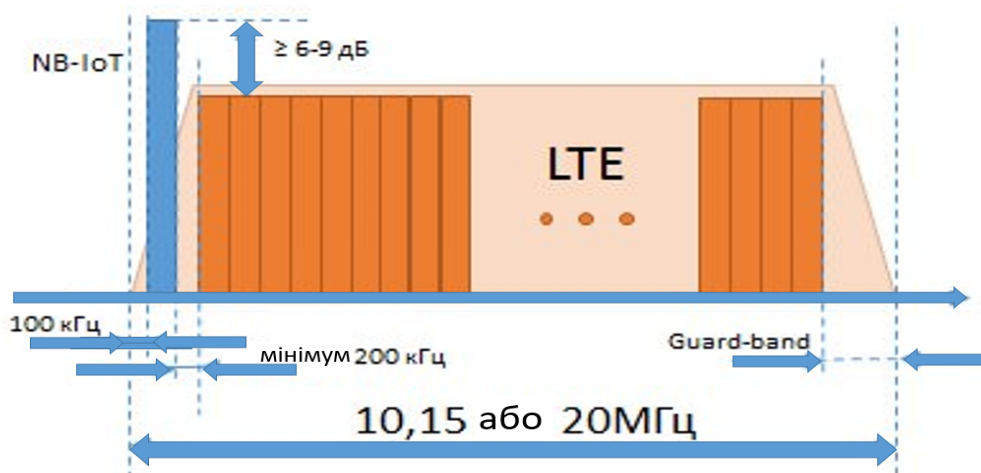


Рисунок 2.3 – NB-IoT варіант його розміщення в режимі Guard Band

- In Band. У цьому випадку NB-IoT розподіляє ресурси в межах доступної несучої LTE. Як і в режимі захисної смуги на великих відстанях, несуча NB-IoT матиме на 6-9 дБ більше потужності порівняно з блоком ресурсів LTE. Цей

варіант добре підходить для економії спектру, але має проблеми з перешкодами для мережі LTE, рис 2.4.

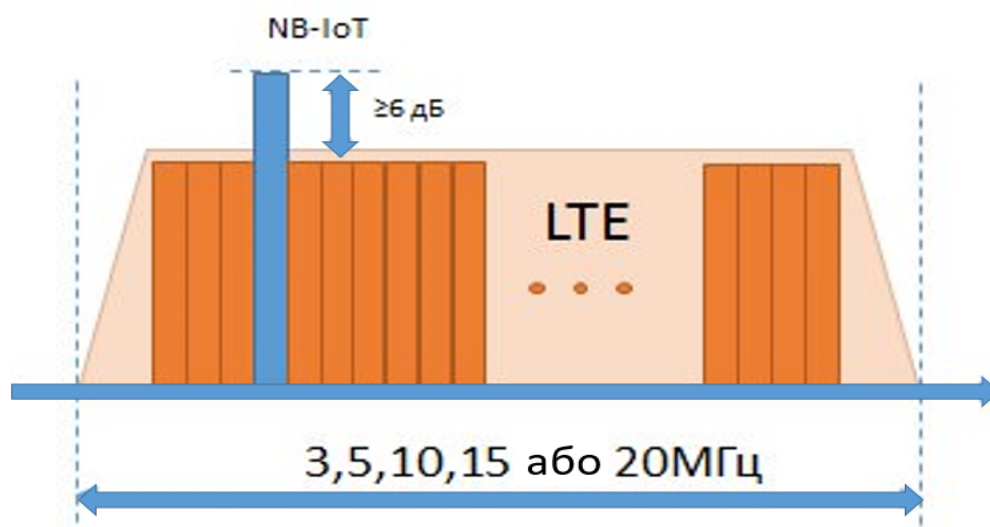


Рисунок 2.4 - NB-IoT варіант його розміщення в режимі In Band

Поява технології LoRaWAN мала значний вплив на ринок бездротового зв'язку і зумовила необхідність прийняття єдиного стандарту для малопотужних широкосмугових мереж, LPWAN, скорочено LoRa, схеми модуляції LoRa від Semtech для бездротових мереж LPWAN і відкритих протоколів LoRaWAN. Уніфікований. [12]

LoRa (Long Range) - це однойменна технологія та схема модуляції. Компанія Semtech запатентувала схему модуляції LoRa, засновану на технологіях широкосмугової модуляції і варіаційної модуляції спектра CSS, яка кодує дані в широкосмугових імпульсах, частота яких збільшується або зменшується протягом певного періоду часу. Порівняно з методами прямого розширення спектра, це рішення робить приймач більш стійким до відхилень частоти від номінальних значень і спрощує вимоги до тактової частоти, а також дозволяє використовувати менш дорогі кристалічні резонатори.

LoRa використовує пряму корекцію помилок (FEC); LoRa демодулює сигнали до еквівалентного рівня шуму менше 20 дБ, але більшість систем частотної маніпуляції FSK коректно працюють з сигналами на рівні не нижче 8-10 дБ, що є

найвищим рівнем шуму. Модуляція визначає фізичний рівень LoRa і використовується в мережах з різними архітектурами РНУ, фізичного рівня і рівня 1 OSI (наприклад, точка-точка, зірка і комірчаста мережа).

LoRa має високу чутливість (148 дБм), що робить його ідеальним для пристроїв, які потребують високої стабільності зв'язку на великих відстанях і високої енергоефективності.

LoRaWAN - це відкритий протокол канального рівня для мереж з перевагами великої дальності, високої пропускної здатності та низького енергоспоживання. Протокол стандартизований LoRa Alliance для мереж LPWAN.

Протокол LoRaWAN дозволяє різним типам пристроїв працювати разом, рис. 2.5.

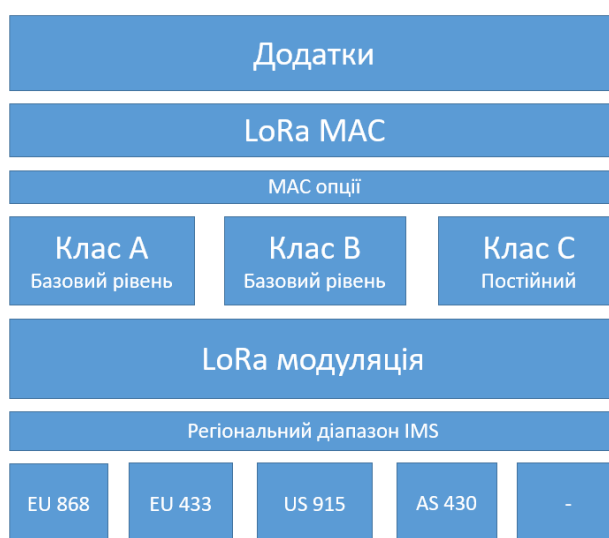


Рисунок 2.5 - Типи пристроїв LoRaWAN

Класи пристроїв LoRaWAN:

— Клас А - дуплексні кінцеві точки, які повинні підтримувати всі кінцеві точки LoRaWAN за замовчуванням. Пристрої класу А підтримують двосторонній зв'язок між шлюзом і пристроєм. Висхідні повідомлення від пристрою до сервера можна надсилати в будь-який час. Пристрій відкриває два вікна прийому у визначений час (затримка RX1 і затримка RX2) після передачі висхідної лінії

зв'язку. Якщо сервер не відповідає на жодне з цих вікон, наступна можливість буде після наступної висхідної передачі від пристрою. Сервер може відповісти у першому або другому вікні прийому, але не обов'язково використовувати обидва вікна. Якщо пристрій отримує висхідну лінію зв'язку у першому вікні прийому, друге вікно прийому не відкривається, рис 2.6.

— Клас В - двонаправлені кінцеві пристрої. Пристрої класу В розширюють можливості класу А, додаючи вікно прийому за розкладом для низхідних повідомлень від сервера. Використовуючи синхронізовані за часом маячки, що надсилаються шлюзом, пристрій періодично відкриває вікно прийому. Інтервал між сигналами маячка називається періодом маячка, а період, протягом якого пристрій приймає низхідні повідомлення, називається "інтервалом контролю зв'язку". Пристрої класу В також відкривають вікно прийому після надсилання висхідного повідомлення, рис 2.6.

— Клас С - двонаправлені кінцеві пристрої. Пристрої класу С розширюють можливості класу А, залишаючи вікно прийому відкритим, коли не відбувається передача. Вони забезпечують зв'язок з низькою затримкою, але споживають набагато більше енергії, ніж пристрої класу А, рис 2.6.

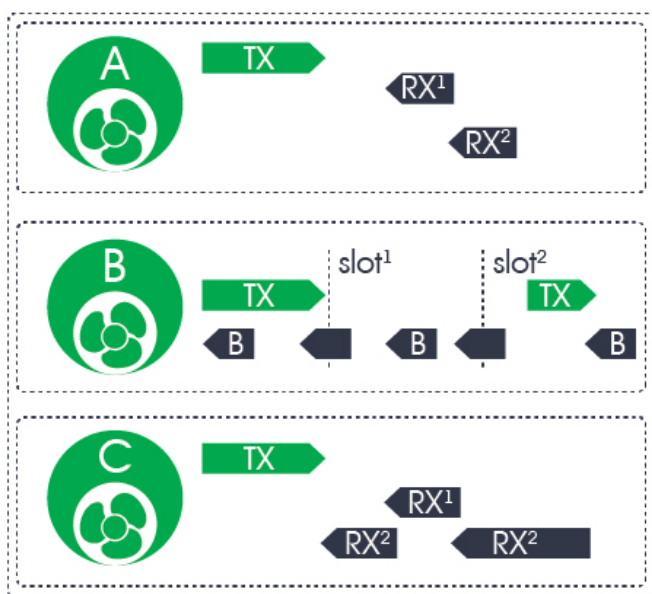


Рисунок 2.6 - LoRaWAN принципи роботи класів А,В,С.

Архітектура LoRaWAN складається з таких основних елементів: кінцеві пристрої, шлюзи, серверні мережі, а також сервер додатків, рис. 2.7.

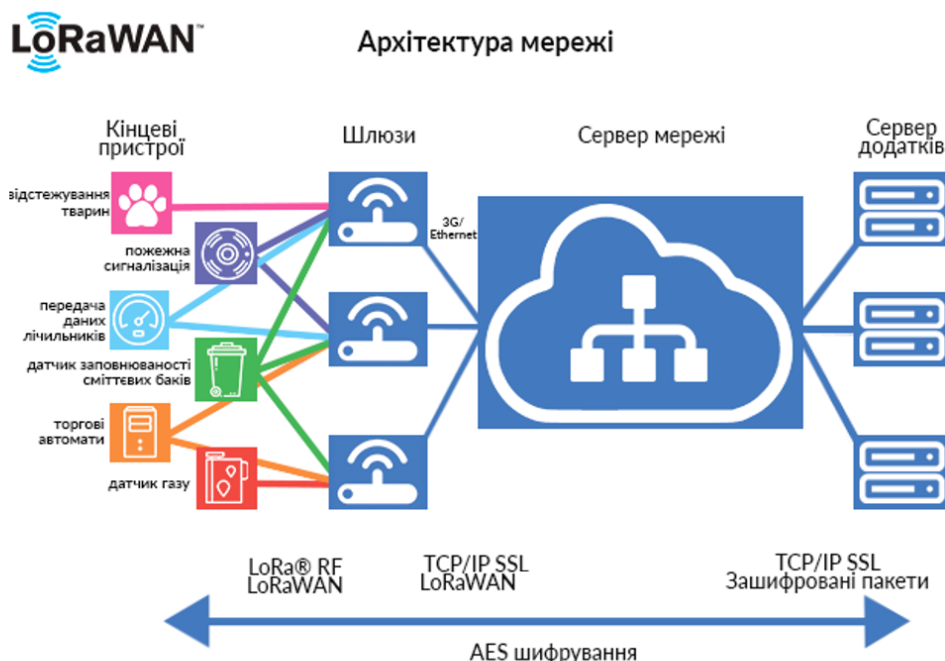


Рисунок 2.7 – Архітектура мережі LoRaWAN

Кінцеві пристрої - це пристрої, які вимірюють, контролюють і моніторять. Сюди входять елементи керування та датчики для вимірювання.

Завдяки своїй енергоефективності вони живляться від стандартних батарейок. Для економії енергії пристрої передають дані лише через певні проміжки часу, а не безперервно.

Шлюзи LoRa - це пристрої, які приймають дані від кінцевих пристроїв і передають їх до транзитної мережі, включаючи стільниковий зв'язок, WiFi, Ethernet та інші методи передачі даних.

Шлюзи утворюють топологію мережі "зірка", як показано на рис.2.8. Ця топологія є дуже поширеною і вимагає від пристроїв багатоканального методу передачі та прийому сигналів. Це дозволяє декільком каналам обслуговувати більше пристроїв одночасно або приймати кілька сигналів по одному каналу.

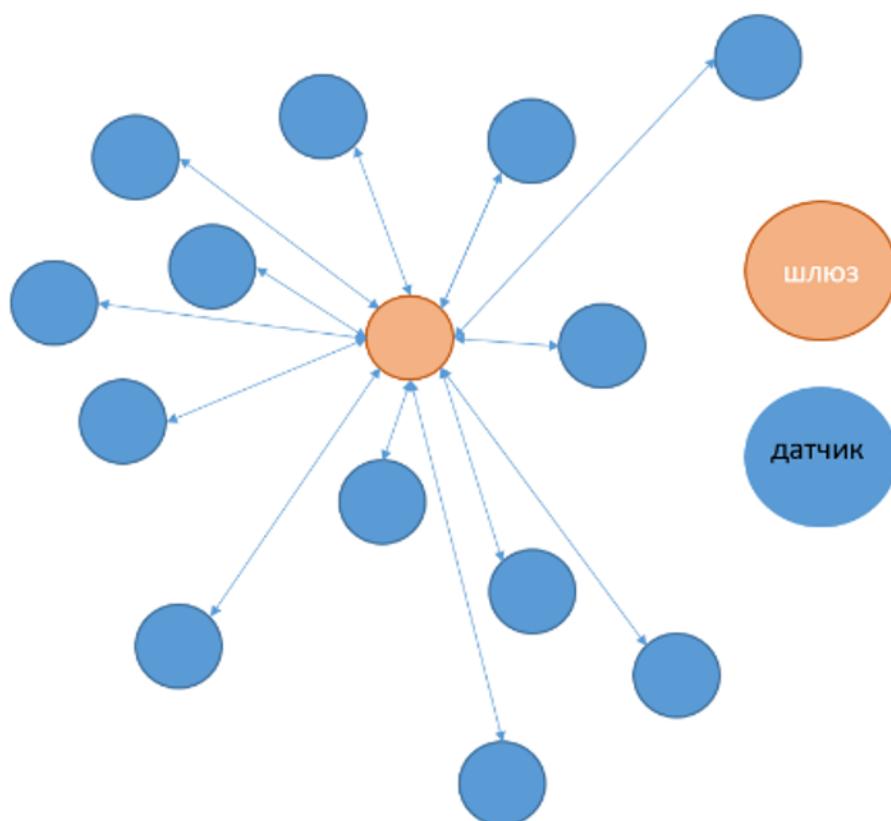


Рисунок 2.8 – Мережеве з'єднання типу зірка

Серверна мережа є центром управління мережею. Він обробляє, аналізує та зберігає дані від шлюзів.

Сервери додатків - це пристрої, які збирають інформацію з кінцевих точок і віддалено контролюють їхню поведінку.

Поява бездротової енергоефективної технології LoRaWAN спростила побудову масштабованих мереж передачі даних з великою кількістю кінцевих точок. Перевагами технології LoRaWAN є велика дальність передачі, тривалий час автономної роботи та висока якість сигналів, на які не впливають перешкоди від сусідніх мереж.

Sigfox - це мережа надчутливих IoT-датчиків, що використовують вузькосмуговий протокол LPWAN і працюють на неліцензованих радіохвилях. Технологія була розроблена у Франції. [14]

Архітектура мережі базових станцій дозволяє передавати сигнали на великі відстані з мінімальним впливом шуму на сигнал. Ця архітектура схожа на стільникові мережі, але більш енергоефективна, ніж GPRS або GSM.

У густонаселених містах з високим рівнем шуму і перешкод зона покриття мережі становить 3-10 км, але в невеликих містах і сільській місцевості вона може досягати 50 км.

Технологія забезпечує:

- мінімальний канал для передачі невеликих повідомлень.
- резервний канал на випадок якщо станеться збій зв'язку основного каналу, якщо основна мережа виходить з ладу після стихійного лиха або шкідливої дії.

Це підвищує і забезпечує безпеку основної мережі та передачі даних.

Об'єкти передають свої дані до хмарного серверу SigFox, передача даних до базової станції проходить за допомогою протоколу P2P, а з хмарного сховища в свою чергу потрапляє на IoT платформи та клієнтські інтерфейси, рис. 2.9.

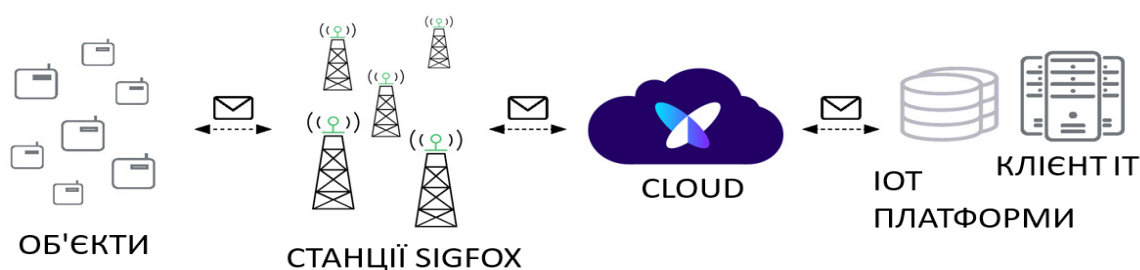


Рисунок 2.9 – SigFox будова мережі

Перваги використання SigFox - це велика зона покриття, висока проникаюча спроможність, довга робота від однієї батареї, приблизно до 20 років роботи сенсора від 2-х батарей АА, наднизьке енергоспоживання, низька вартість.

Але є і недоліки SigFox до яких відносяться - низька швидкість передачі даних, залежність від стільникової інфраструктури, обмежена завадостійкість.



Рисунок 2.10 – Логотип Weightless-P

Ця технологія LPWAN використовується, коли є потреба покрити велику територію, забезпечити двонаправлений зв'язок, організувати обслуговування протягом тривалого часу за допомогою однієї батареї, і має перевагу в тому, що вона може підтримувати велику кількість кінцевих точок і дуже легко розширюється порівняно з іншими мережами. [20]

Ця технологія забезпечує двонаправлене з'єднання і пропонує найвищу якість зв'язку серед усіх технологій LPWAN. Крім того, Weightless-P, рис. 2.10, сама по собі з'єднує більшість кінцевих пристроїв з однією базовою станцією. Базова станція може керувати кінцевими пристроями в будь-який час. Використання апаратного прискорення для передачі інформації також підвищує продуктивність мережі.

Апаратне прискорення працює за принципом: чим ближче кінцевий пристрій до базової станції, тим вища швидкість, нижче енергоспоживання і менше пропускна здатність, яку використовує пристрій, в той час як чим далі пристрій від базової станції, тим нижча швидкість передачі і сильніший сигнал.

Weightless-P є технологічно більш досконалим, ніж інші енергозберігаючі огорожі, оскільки повідомлення гарантовано надсилаються і приймаються, і, на відміну від SigFox і LoRa, сигнал не потрібно повторювати багато разів.

|                         | NB-IoT                                | LoRaWAN                                                    | SigFox                                | Weightless-P                                    |
|-------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Частота                 | 800 МГц<br>900 МГц<br>1800 МГц        | 868,8 МГц<br>Європа<br>915 МГц<br>USA<br>433 МГц<br>Азіати | 868,8 МГц<br>Європа<br>915<br>USA     | 433/<br>169/<br>780/<br>470/<br>868/<br>915 МГц |
| Діапазон                | ліцензований                          | ISM                                                        | ISM                                   | ISM                                             |
| Смуга                   | 200 кГц                               | до 500 кГц                                                 | 100 кГц                               | 12,5 кГц                                        |
|                         | Вузькосмуг                            | Широкосмуг                                                 | Вузькосмуг                            | Вузькосмуг                                      |
| Дальність               | До 2 км                               | До 2.5 км в місті<br>До 45 км за містом                    | До 10км в місті<br>До 50 км за містом | До 2 км                                         |
| Безпека                 | AES-256                               | AES-64/128                                                 | AES з HMACs                           | AES-128/256                                     |
| Максимальний час роботи | До 10 років                           | До 10 років                                                | До 20 років                           | До 5 років                                      |
| Швидкість               | UL:1 -144 кбіт/с<br>DL: 1- 200 кбіт/с | 0,3 - 50 кбіт/с                                            | 100 кбіт/с                            | 0,2 - 100 кбіт/с                                |

Таблиця 2.1 – Порівняння основних технічних характеристик мереж з високою дальністю дії LPWAN

## 2.2 Технології та протоколи передачі даних на короткі відстані в IoT мережах

Протокол Z-Wave - це бездротовий зв'язок з низьким енергоспоживанням, який працює з короткими командами і пропонує низьку затримку. Вибір частоти був зроблений тому, що багато частот вже зайняті іншими технологіями, такими як

Wi-Fi, а частоти 2,4 ГГц і 5 ГГц досить перевантажені для забезпечення стабільності Z-Wave, тому технологія буде працювати на частотах до 1 ГГц.

Z-Wave - це технологія, яка дає можливість забезпечити безпеку будинку, контролювати витрати на електроенергію, мінімізувати домашні клопоти, програмувати сценарії розумного будинку та встановлювати системи безпеки, які реагують автоматично. Система використовує хвилі малої потужності для забезпечення енергоефективності; мережі Z-Wave можуть бути надійно з'єднані навіть за стінами, оскільки коротка довжина хвилі сигналу легко проходить крізь стіни, меблі та різні поверхні. [17]

RFID - ідентифікація об'єктів, дані записуються або зчитуються за допомогою радіосигналів, що зберігаються в транспондерах (RFID-мітках), рис.2.11.

RFID складається зі зчитувача, який може зчитувати сигнал, і транспондера, в якому сигнал записується; одна частина мітки складається зі схеми для зберігання і обробки модульованого сигналу на мітці, а інша частина - це антена, яка імітує сигнал з мітки. [16]

Існує два типи міток: активні мітки, які мають батарею і можуть передавати сигнали та зчитуватися дистанційно, і пасивні мітки, які стають активними для передачі даних лише тоді, коли мітку підносять на мінімальну відстань до пристрою, що зчитує, сигнал передається на чіп і сигнал відтворюється з пам'яті.

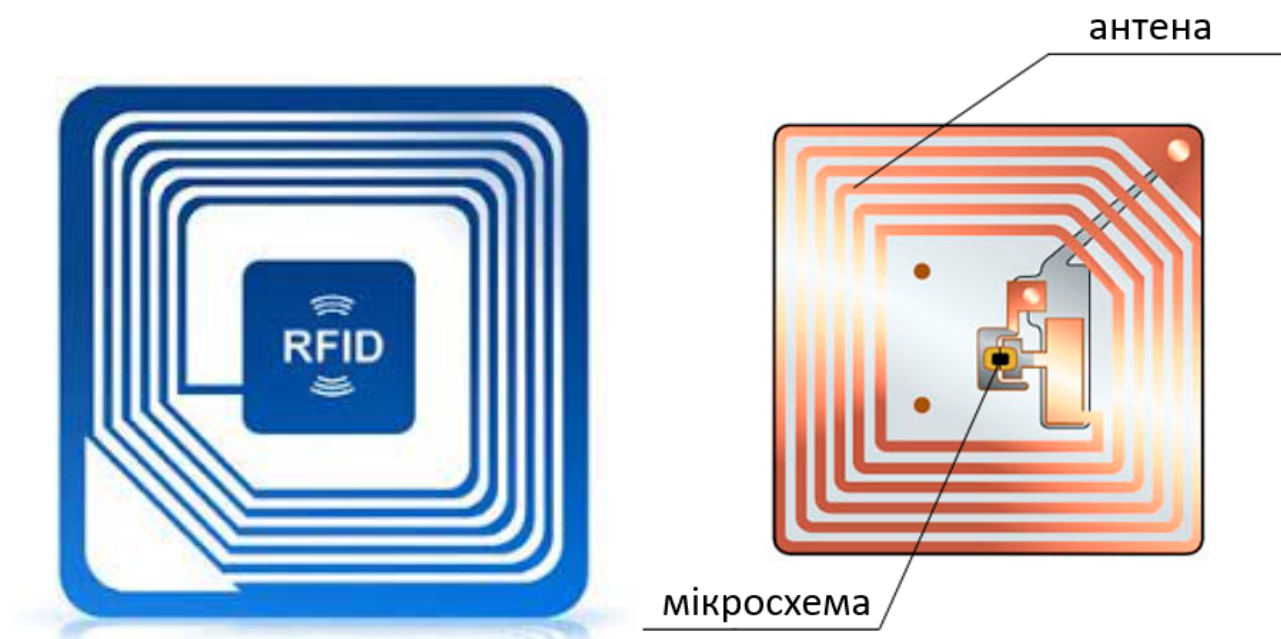


Рисунок 2.11 – RFID мітка і її будова

RFID-мітки використовуються для забезпечення безпеки, наприклад, в магазинних мітках, які неможливо зняти без спеціального обладнання, або якщо зловмисник намагається щось вкрасти, мітка виявляється при виході покупця, викликаючи тривогу і привертаючи увагу персоналу служби безпеки до цієї людини.

Технологія NFC, розроблена компаніями NXP Semiconductors і Sony, поєднує радіочастотну ідентифікацію з безконтактною передачею даних: За допомогою технології NFC можна обмінюватися різними типами інформації, такими як телефонні номери, фотографії та музичні файли, а два пристрої з підтримкою NFC можуть знаходитися в безпосередній близькості один від одного. Якщо вони знаходяться в безпосередній близькості один від одного, вони також можуть передавати ключі для цифрової аутентифікації. Це можуть бути банківські картки, будь-які мобільні пристрої або RFID-пристрої; технологія NFC може використовуватися в якості ключів доступу до електронних замків, безготівкових платежів. [19].

У той час як інші бездротові мережі використовують методи передачі даних від активного пристрою до пасивного пристрою і від пасивного пристрою до активного пристрою, NFC має деякі цікаві особливості., рис 2.12.

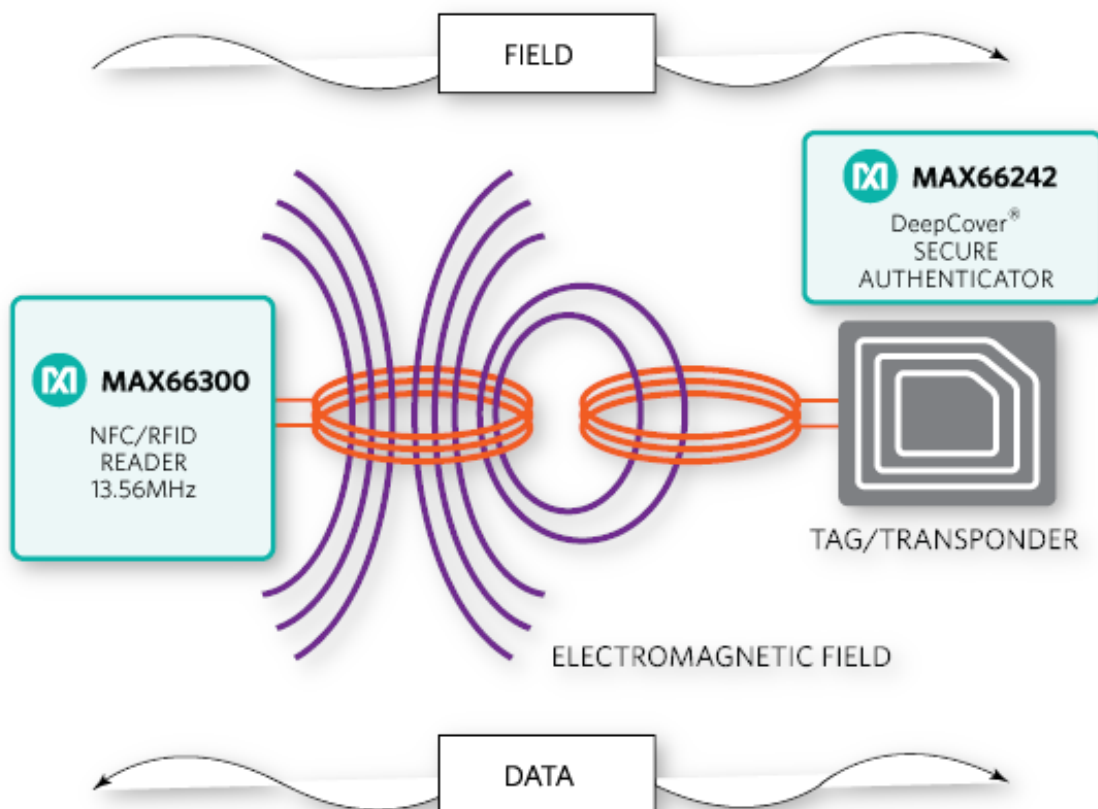


Рисунок 2.12 – Принцип роботи NFC

NFC можна розглядати як аналог технології RFID, тобто радіочастотної ідентифікації.

Принцип роботи Bluetooth Low Energy описується назвою Low Energy, тобто низькоенергетичний. Протокол передає дані короткими пакетами в міру необхідності, а потім вимикається до наступного сеансу зв'язку. Завдяки цьому принципу досягається і енергоефективність. Замість класичного бінарного зв'язку у звичайному Bluetooth, BLE-пристрої спілкуються один з одним лише тоді, коли потрібно відправити та отримати інформацію. [18]

Це технологія бездротової передачі даних, заснована на низькому енергоспоживанні.

Bluetooth (BLE) є частиною архітектури Bluetooth, починаючи з покоління Bluetooth 4.0 і закінчуючи Bluetooth 5.1.

Його основною перевагою є зменшення витрат на електроенергію, оскільки пристрої з підтримкою BLE можуть працювати до року від однієї маленької

батарейки. Ефективність технології дозволяє компактно упаковувати пристрої та розширювати спектр їх застосування.

Основними рівнями BLE є:

- додаток – реалізує корисну для кінцевого користувача логіку роботи.
- основний пристрій, або host – надає верхні рівні стеку протоколів bluetooth.
- контролер – займається нижніми рівнями стеку протоколів Bluetooth.

Архітектура BLE. BLE призначена для невеликих пристроїв, тобто пристроїв, де важлива компактність, а використання акумуляторів великої ємності неможливе або недоцільне. Bluetooth LE споживає в 10-20 разів менше енергії, ніж звичайні Bluetooth-пристрої, працює в 50 разів швидше і може передавати дані на відстань понад 100 метрів, рис. 2.13.



Рисунок 2.13 – Архітектура Bluetooth

На додаток до вищезазначених переваг, BLE є більш безпечним, надійним, має низьку затримку увімкнення та низьке енергоспоживання. Наведені приклади мають ще одну важливу особливість - адаптивність налаштування частоти. Це означає, що існує захист від помилок передачі сигналу і BLE швидко змінює власну робочу частоту, усуваючи перешкоди від переповнених завдань і вибираючи кращі для зменшення перешкод. Специфікація Bluetooth 5.0 була сформульована з урахуванням вимог Інтернету речей. Вона безповоротно продемонструвала, що стереотипи прагнуть "захопити" ринок пристроїв. Порівняно з попередньою версією 4.0, швидкість передачі даних була збільшена майже до швидкостей попередніх версій HSPA і LTE, при цьому енергоспоживання залишилося на тому ж рівні. Енергоефективність визнана необхідним показником для інтегрованої мережі онлайн-продуктів. Наразі специфікація не набула широкого поширення, частково через увагу, яку вона отримала деякий час тому; Bluetooth 5, як і попередні версії, передбачає зворотну сумісність. Цілком ймовірно, що через кілька років всі мобільні пристрої будуть підтримувати версію 5 цього стандарту, що визнається значною перевагою цієї технології над іншими.

Wi-Fi HaLow забезпечує з'єднання з низьким енергоспоживанням, необхідне для таких додатків, як сенсорні мережі та носимі пристрої. Його радіус дії довший, ніж у багатьох інших варіантів IoT, що забезпечує більш надійне з'єднання в суворих умовах, де здатність долати стіни та інші перешкоди є важливим фактором. IEEE 802.11ah, що продається як Wi-Fi HaLow, є новою технологією Wi-Fi з частотою нижче 1 ГГц. Це нова технологія Wi-Fi з частотою нижче 1 ГГц. Вона спрямована на вирішення важливого завдання IoT - забезпечення зв'язку між великою кількістю пристроїв з обмеженим енергоспоживанням. [13]

Wi-Fi HaLow - неліцензійний протокол, що працює на частоті 900 МГц. Хоча його швидкість передачі даних набагато нижча, ніж у Wi-Fi, що працює на частотах 2,4 ГГц або 5 ГГц, Wi-Fi HaLow має набагато вищий рівень проникнення і менші витрати електроенергії на прийом і передачу даних, рис. 2.14.

Wi-Fi HaLow - це протокол, що працює на частоті 900 МГц і не потребує ліцензії для забезпечення розширеного покриття мережі Wi-Fi порівняно з іншими

стандартними мережами Wi-Fi, що працюють у діапазонах 2,4 ГГц або 5 ГГц. Перевагою Wi-Fi HaLow є низьке енергоспоживання і підтримка концепції Інтернету речей, що дозволяє поширювати сигнал великим групам датчиків і станцій.

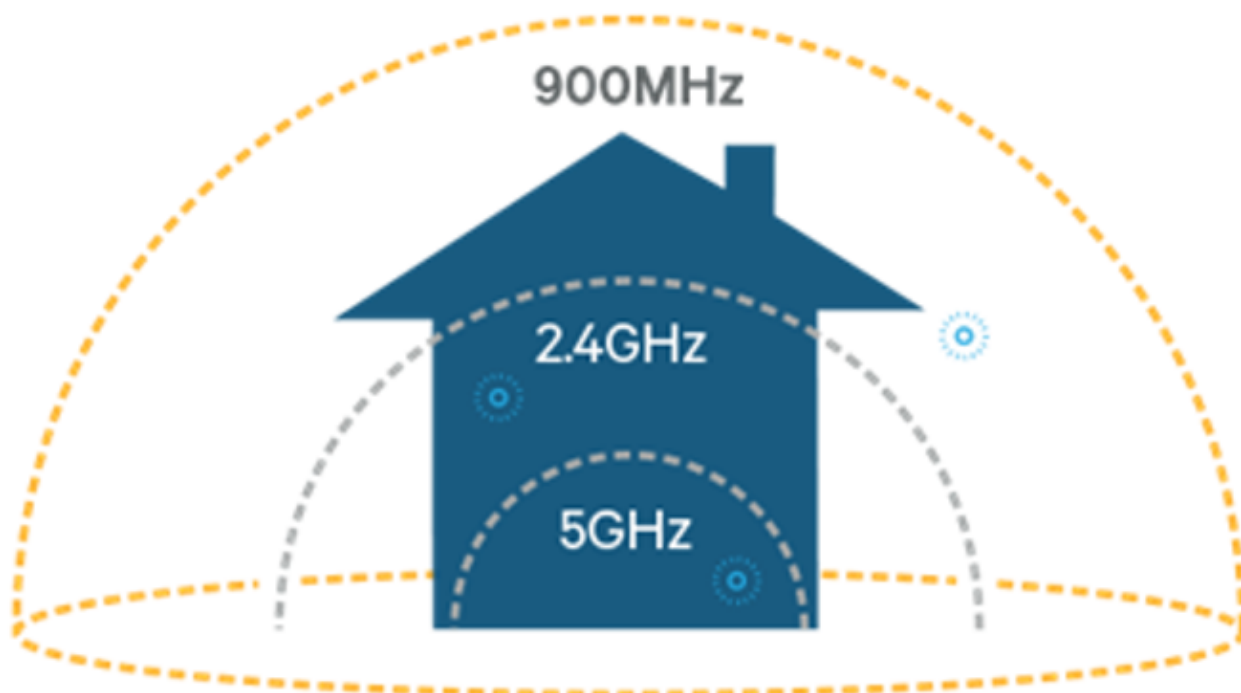


Рисунок 2.14 – Зона покриття різних протоколів Wi-Fi

Конкуруючи з Bluetooth з точки зору енергоефективності, Wi-Fi HaLow має додаткові переваги у вигляді вищої швидкості передачі даних та ширшого покриття. Планується, що до однієї точки доступу можна буде підключити приблизно 1000 пристроїв.

Вікна обмеженого доступу дозволяють розділити станції в базовому наборі послуг (BSS) на групи і обмежити доступ до каналу тільки станціям, що належать до цієї групи в будь-який момент часу. Це зменшує кількість колізій і запобігає одночасній передачі багатьох прихованих одна від одної станцій.

Енергозберігаючі станції можна розділити на два класи: TIM-станції та не-TIM-станції: TIM-станції - це так звані інформаційні елементи TIM, які періодично отримують інформацію про буферизований трафік від точок доступу. Не-TIM-

станції використовують новий механізм, який називається Destination Wakeup Time, що зменшує накладні витрати на зв'язок.

|                              | Z-Wave              | RFID                                                                      | NFC                      | BLE                        | Wi-Fi HaLow                      |
|------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| Смуга частот                 | 868/915 МГц         | 6/13,5/433/863-870/902-928 МГц<br>2.4/5 -27ГГц                            | 13,56 МГц                | 2,4 ГГц                    | 1 ГГц                            |
| Модуляція                    | FSK/GFSK            | -                                                                         | ASK, BPSK                | GFSK                       | BPSK, QPSK, 16/64-/256-QAM, OFDM |
| Радіус дії                   | 100 м               | 0.1-5 м                                                                   | 0.1 м                    | 70м                        | 100-1000м                        |
| Швидкість передачі даних     | 9.6, 40, 100 кбіт/с | 500 кбіт/с                                                                | 106/212/ 424/ 848 кбіт/с | 1 Мбіт/с                   | До 4 Мбіт/с                      |
| Безпека                      | AES-128             | Шифрування                                                                | Шифрування               | AES-128                    | WPA                              |
| Пропускна здатність на канал | 300,400 кГц         | 14 МГц для 1,74 МГц для 433 МГц<br>7 МГц для 800 МГц<br>8 МГц для 2,4 МГц | Змінна                   | 40 каналів з шириною 2 МГц | 1/2/4/8/16 МГц                   |
| Топологія                    | Сітчаста            | Точки –точки точка мультиточка                                            | Від точки до точки       | Одно-скачновий             | Зірка                            |

Таблиця 3.1 – Порівняння основних характеристик мереж з низькою дальністю дії

## РОЗДІЛ 3 ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ ДЛЯ РОЗВИТКУ ІНФРАСТРУКТУРИ МІСТА

### 3.1 Система контролю освітлення вулиць

Візьмемо для прикладу освітлення. Замість того, щоб вмикати та вимикати світло за розкладом, використання систем освітлення можна автоматизувати та оптимізувати.

Розглянемо приклад системи керування освітленням. Є панель управління, до якої підключено джерело живлення для вуличного освітлення. Від пульта управління лінії електропередач йдуть до стовпів, на яких встановлені світильники, і світильники починають світитися, як тільки на них подається напруга.

Хоча ця система працює і була протестована роками, існує потреба в удосконаленні з точки зору ефективності та безпеки.

Для підвищення ефективності використовуються такі пристрої, як датчики руху та освітлення.

Коли вимірюється кількість природного світла, дані надсилаються до головного блоку обробки даних, який може відтворити запланований сценарій поведінки.

Приклад Сонце на дорозі починає сідати, і світла стає менше. Датчик повідомляє про це головному блоку, який, у свою чергу, подає сигнал виконавчим механізмам, що вмикають живлення світлодіодних ламп, але оскільки сонце ще не повністю сіло, лампам не потрібно використовувати всю свою потужність, і яскравість ламп збільшується в міру зменшення яскравості сонця. Завдяки правильному плануванню розподілу світла, яскравість можна зменшити до 25 відсотків навіть у періоди, коли немає пішохідного руху. Однак, коли датчик руху виявляє, що людина увійшла в робочий діапазон, він надсилає сигнал до процесора даних, який потім видає наказ збільшити яскравість. Коли транспортний засіб в'їжджає в темну зону, датчик руху виявляє, що він рухається, і світло вмикається

заздалегідь відповідно до прогнозованої схеми руху транспортного засобу. Після того, як пішоходи та транспортні засоби залишають зону, світло зменшується до мінімально можливого рівня. Вранці, коли яскравість сонячного світла зростає, яскравість ліхтарів зменшується, і план працює у зворотному напрямку. Це дозволяє економити електроенергію і забезпечує безпеку не тільки на дорогах, але й на пішохідних вулицях і тротуарах міста.

Для того щоб модернізувати систему освітлення від звичайної до активної мережі контролю освітлення вулиць знадобиться таке обладнання як:

- датчик освітлення;
- шлюз LoRa
- сервер для мереж LoRaWAN
- сервер додатків

За основу береться все сформована інфраструктура опори з ліхтарями до яких підведене джерело живлення. На опорі розміщується датчик освітлення, але над освітлювальним приладом, щоб не було засвітлення датчика, рис 3.1.



Рисунок 3.1 – Показані місця розміщення датчиків

Датчики з підтримкою технології LoRa. Для передачі даних ми будемо використовувати Клас C - двонаправлені кінцеві пристрої з найменшою затримкою

передають даних по радіоканалу 868 МГц на базові станції. Для кожного мікрорайону міста вистачить кількох шлюзів на зоні покриття становить до 15 км і можна підключити до одного шлюзу LoRaWAN до 5 тисяч кінцевих пристроїв на кілометр, рис 3.2.



Рисунок. 3.2 – Шлюз LoRaWAN

Дані надсилаються з базової станції LoRaWAN на мережевий сервер для подальшої обробки.

На цьому етапі дані з датчиків обробляються і порівнюються із запланованим сценарієм, а стан системи відображається на панелі управління. Це дозволяє вносити корективи в роботу системи автоматичного управління освітленням.

Наприклад, якщо захід сонця опускається нижче мінімально допустимого значення, датчик освітленості фіксує це і надсилає сигнал на мережевий сервер, де заздалегідь запрограмований сценарій дій. Якщо показання датчика відповідають 100% освітленості, нічого не відбувається і подальших змін не передбачається, але якщо показання датчика перевищують 100%, виконується план дій, рис.3.3. Якщо показники датчика знаходяться в діапазоні 99-90%, генерується команда на ввімкнення світильників на 15% від повної потужності, і потужність світильників збільшується в міру зменшення кількості природного світла. Ці команди передаються на контролер через шлюз.

Датчики руху працюють за тим же методом передачі даних. Датчик визначає, коли людина (пішохід або транспортний засіб) потрапляє в зону дії датчика, і

передає дані на шлюз. Шлюз передає ці дані на базову станцію і отримує команду від базової станції пом'якшити освітлення до 100% відповідно до світлового стандарту. Коли транспортний засіб залишає зону дії датчика, ця інформація надсилається на базову станцію, і базова станція автоматично сигналізує про зменшення освітлення до необхідного мінімального рівня. Таким чином досягається економія електроенергії до 40%, рис3.4.

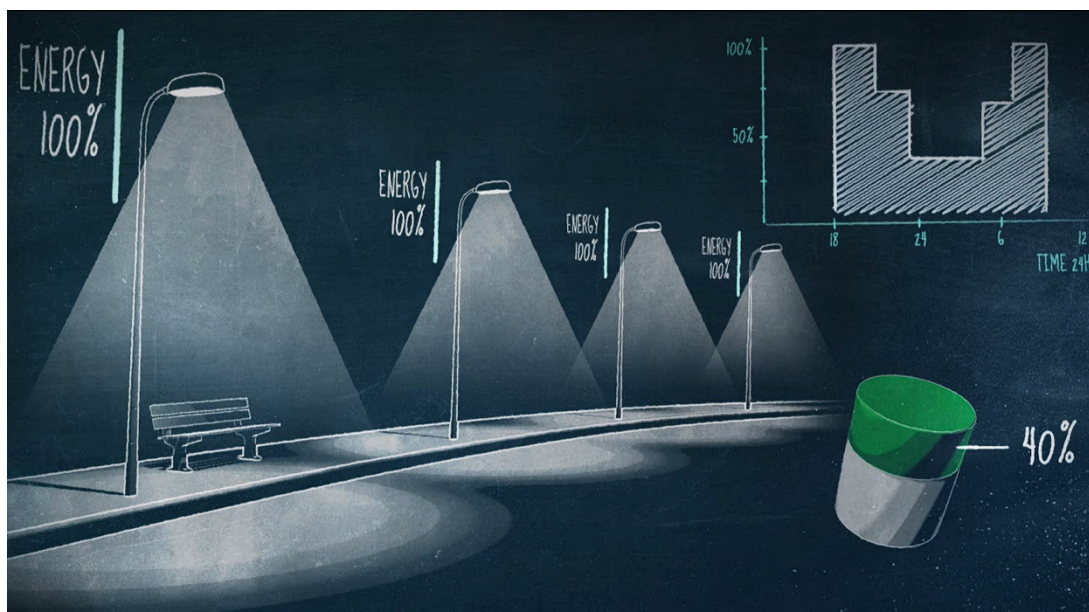


Рисунок 3.3 - Графік і режими роботи освітлення

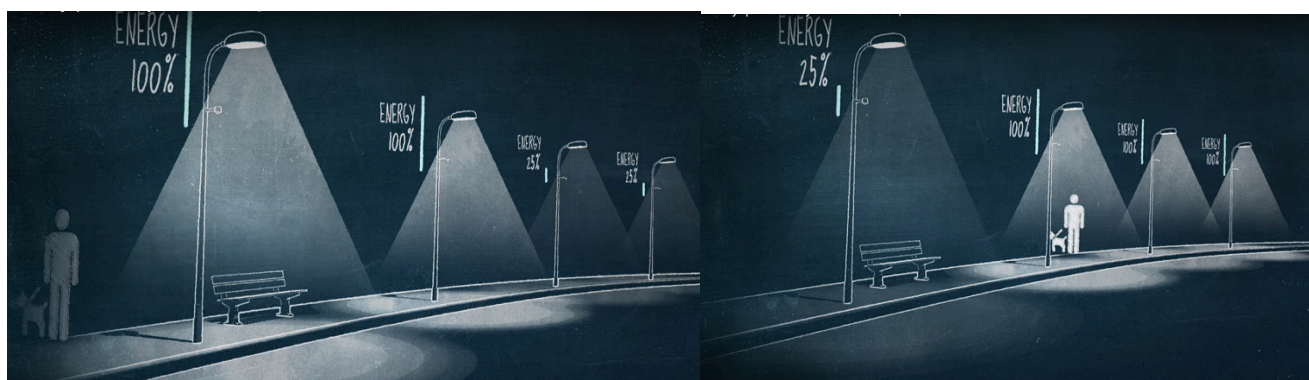


Рисунок 3.4 - Демонстрація дії датчика руху[10]

### 3.2 Моніторинг заповнювання сміттєвих баків.

Для того, щоб знати інформацію про заповнення баків сміттям достотно оснастити кришку сміттового баку датчиком відстані, рис 3.5. Датчик буде фіксувати відстань яка залишається в бакові до повного заповнення. При цьому буде значно простіше відслідковувати переповнені баки і вчасно вивозити сміття а також буде зарані спланований маршрут і кількість авто яких потрібно для даної роботи.

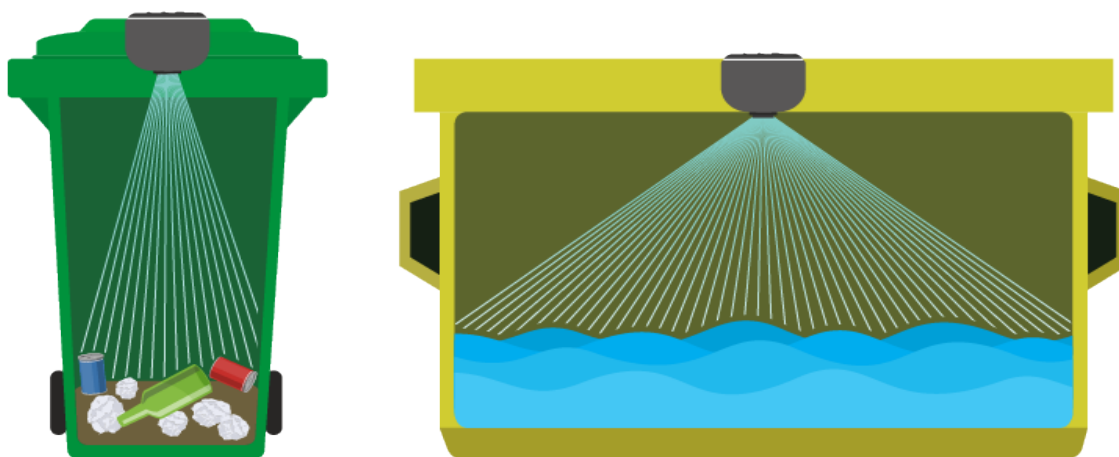


Рисунок 3.5 - Надземні сміттєві баки які обладнані датчиком відстані

Для того щоб розгорнути моніторинг заповнювання сміттєвих баків нам потрібно обладнати вже існуючі сміттєві баки даного міста або ж встановити нові а саме підземні сміттєві баки, рис.3.6. Можемо скористатися мережею уже розгорнутих шлюзів LoRa які ми використали для освітлення, але для моніторингу використати клас В - двонаправлені кінцеві пристрої з певного години очікування низхідного потоку , які забезпечують довгий строк служби від батарейки і забезпечить синхронізацію в зарані указаний час для передачі даних . За вдяки тому що зв'язок не постійній це допомагає економити заряд батареї а також забезпечує періодичне з'єднання.



Рисунок 3.6 - Сміттєвий бак підземного типу під час збору сміття.

Для модернізації системи моніторингу заповнювання сміттєвих баків нам знадобиться :

- датчик відстані
- шлюз LoRa
- сервер для мереж LoRaWAN
- сервер додатків

Проводиться замір заповнення баку за допомогою датчика відстані, рис.3.7.

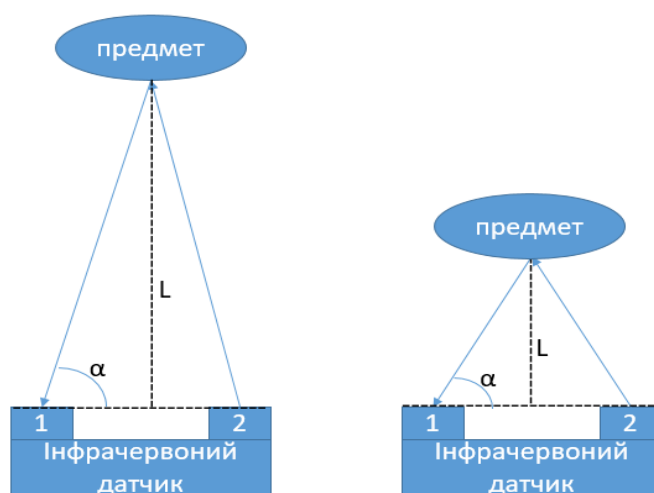


Рисунок 3.7 - Принцип роботи інфрачервоного датчика відстані

Після того як отримали результати встановлюється зв'язок з мережею і передаються дані до шлюзу по радіоканалу 868 МГц до базової станції. Яка в свою

чергу передає дані до мережевого серверу який аналізує дані і виводить результат диспетчеру в спеціальному додатку. Якщо смітник заповнений до 79% він ігнорується, щоб зменшити затрати на логістику, а коли бак заводнюється більш ніж 80% його можна включати в список для вивезення сміття і з даного списку формується найкоротший маршрут для збору сміття і визначається яка кількість машин буде задіяна в вивезенні сміття.

Таким чином ми маємо можливість слідкувати за кількістю сміття і правильно будувати логістику при його вивезенні.

### 3.3 Житлово-комунальне господарство

ЖКГ – це організації які надають послуги такі як газ, електроенергію, воду.

Для зняття показників кількості використаних послуг використовують лічильники якщо вони будуть обладнані модулем безпроводного зв'язку бо в них буде можливість збирати і відправляти дані до служб надання послуг і відслідковувати показники в своєму приватному кабінеті, рис 3.8.



Рисунок 3.8 – Корпуси лічильників холодної води, газу та електроенергії.

### 3.4 Проблеми що виникають в IoT

Однією з складних завдань у розвитку концепції Інтернет речей у багатьох додатках є певні проблеми забезпечення інформаційної безпеки в широкому спектрі захисту від загроз зловмисника. Ці проблеми є особливо актуальними, оскільки прогнозується зростання потреб і користувачів в IoT.

Проблемою являється відсутність стандартизації пристроїв і кожен розробник як програмного забезпечення так і апаратного вводить покращення і модернізації на свій лад або ж для зменшення вартості продукту або ж для вузько направлених задач і цим самим створює діри в системі безпеки персональних даних.

Відсутність на даний час стандартів для захисту для таких автономних мереж що і сповільнює впровадження інтернету речей у повсякденне життя.

Також існує проблема сумісності між різними виробниками, проблеми сумісності знижують конкурентоспроможність виробників між собою і викликають залежність від виробника.

## **ВИСНОВКИ**

В даній роботі було проаналізовано архітектуру та принципи роботи інтернет речей, те на яких технологіях вони працюють і те як IoT впровадити в інфраструктуру міста.

Розглянуто архітектуру побудови мережі інтернет речей принципи роботи датчиків і способів передачі даних, також було розглянуто обробку даних і передачу даних як до актуатору так і до користувача детально розглянуті мережі передачі даних такі як Wi-Fi HaLow, Bluetooth Low Energy, NFC, RFID, Z – Wave, Sigfox, NB-IoT, LoRaWAN, Weightless-P і виведено в таблиці їх порівняльних характеристик.

Досліджені області в яких є можливість модернізувати вже існуючі інфраструктури для поліпшення комфорту безпеки та енергоефективності.

Було запропоновані методи поліпшення мереж освітлення та моніторингу заповнення сміттєвих баків.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Iot, або інтернет речей — що це таке? [Електронний ресурс]. – Доступний за посиланням: <https://hub.kyivstar.ua/news/iot-abo-internet-rechey/>
2. Iot: все, що потрібно знати про інтернет речей і про майбутнє сучасної цивілізації [Електронний ресурс]. – Доступний за посиланням: <https://www.everest.ua/iot-vse-shho-potribno-znaty-pro-internet-rechey-i-pro-majbutnye-suchasnoyi-czyvilizacziyi/m>
3. Датчик[Електронний ресурс]. – Доступний за посиланням: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Датчик>
4. Передавання даних [Електронний ресурс]. – Доступний за посиланням: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Передавання\\_даних???history=0&pfid=1&sample=57&ref=0](https://uk.wikipedia.org/wiki/Передавання_даних???history=0&pfid=1&sample=57&ref=0)
5. Система обработки данных [Електронний ресурс]. – Доступний за посиланням: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Система\\_обробки\\_даних#:~:text=Система%20обробки%20даних%20—%20це%20система,інформації%20чи%20в%20текстовому%20вигляді.](https://uk.wikipedia.org/wiki/Система_обробки_даних#:~:text=Система%20обробки%20даних%20—%20це%20система,інформації%20чи%20в%20текстовому%20вигляді.)
6. Бездротові технології [Електронний ресурс]. – Доступний за посиланням: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Беспроводные\\_технологии](https://ru.wikipedia.org/wiki/Беспроводные_технологии)
7. Актуатори [Електронний ресурс]. – Доступний за посиланням: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Актуатор>
8. Інтерфейс пользователя [Електронний ресурс]. – Доступний за посиланням: [ru.wikipedia.org/wiki/Интерфейс\\_пользователяhttps://uk.m.wikipedia.org/wiki/Бездротові\\_технології](https://uk.m.wikipedia.org/wiki/Бездротові_технології)
9. Принцип роботи інтернету речей [Електронний ресурс]. – Доступний за посиланням: <https://tokar.ua/read/26780>

10. Системы управления уличным освещением [Электронный ресурс]. – Доступный за посиланьям: <https://www.youtube.com/watch?v=BTn7ERpFUgk>
11. LPWAN [Электронный ресурс]. – Доступный за посиланьям: <https://iot.ru/wiki/lpwan>
12. LoRa - технология беспроводной связи для IoT [Электронный ресурс]. – Доступный за посиланьям: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:LoRa\\_-\\_технология\\_беспроводной\\_связи\\_для\\_IoT](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:LoRa_-_технология_беспроводной_связи_для_IoT)
13. Недавно принятый стандарт Wi-Fi 802.11ah может вернуть уже забытые проблемы безопасности [Электронный ресурс]. – Доступный за посиланьям: <https://habr.com/ru/company/ua-hosting/blog/275093/>
14. SigFox [Электронный ресурс]. – Доступный за посиланьям: <https://iot.ru/wiki/sigfox>
15. NB-IoT: как он работает [Электронный ресурс]. – Доступный за посиланьям: [https://habr.com/ru/company/ru\\_mts/blog/430496](https://habr.com/ru/company/ru_mts/blog/430496)
16. RFID [Электронный ресурс]. – Доступный за посиланьям: [https://www.bigdataschool.ru/wiki/rfid#:~:text=RFID%20\(от%20английского%20Radio%20Frequency,\(транспондерах\)%20%5B1%5D.](https://www.bigdataschool.ru/wiki/rfid#:~:text=RFID%20(от%20английского%20Radio%20Frequency,(транспондерах)%20%5B1%5D.)
17. Z - Wave [Электронный ресурс]. – Доступный за посиланьям: <https://www.5smart.ru/page/z-wave-umnyy-dom>
18. Bluetooth Low Energy: подробный гайд для начинающих [Электронный ресурс]. – Доступный за посиланьям: <https://habr.com/ru/post/532298/>
19. Что такое NFC [Электронный ресурс]. – Доступный за посиланьям: <https://lifel hacker.ru/nfc-v-smartfone/>
20. Weightless-P [Электронный ресурс]. – Доступный за посиланьям: <https://wireless-e.ru/standarty/seti-lpwwan-dlya-prilozhenij-m2m-i-iot/>

## **ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ**