

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-
КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНЖЕНЕРІЇ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Розробка системи Інтернету речей з низьким енергоспоживанням»

на здобуття освітнього ступеня бакалавра
зі спеціальності 126 Інформаційні системи та технології
(код, найменування спеціальності)
освітньо-професійної програми Інформаційні системи та технології
(назва)

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

Кирилл ЧУГРЕСВ

(підпис)

Виконав: здобувач вищої освіти гр. ІСД-41
Кирилл ЧУГРЕСВ

Керівник:
науковий ступінь,
вчене звання

Вікторія ЖЕБКА
Доктор технічних наук
Професор

Рецензент:
науковий ступінь,
вчене звання

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Навчально-науковий інститут Інформаційних технологій

Кафедра Інженерії програмного забезпечення автоматизованих систем

Ступінь вищої освіти Бакалавр

Спеціальність 126 Інформаційні системи та технології

Освітньо-професійна програма Інформаційні системи та технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедру ІІЗАС

_____ Каміла СТОРЧАК

« ____ » _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Чугреєва Кирилла Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Розробка системи Інтернету речей з низьким енергоспоживанням _____.

керівник кваліфікаційної роботи Вікторія ЖЕБКА Доктор технічних наук, Професор _____.

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

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

2. Строк подання кваліфікаційної роботи «31» травня 2024 р.

3. Вхідні дані до кваліфікаційної роботи: науково-технічна література, технічна документація датчиків _____

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

1. Аналіз енергоефективних технологій

2. Вибір оптимального протоколу для системи з низьким енергоспоживанням

3. Побудова системи розумного будинку

5. Перелік ілюстративного матеріалу: *презентація*

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз наявної науково-технічної літератури	27.02-05.03.2024	
2	Вивчення матеріалів для аналізу розвитку технології IoT	06.03-11.03.2024	
3	Дослідження сучасних енергоефективних рішень IoT	12.03-27.03.2024	
4	Дослідження технічних характеристик та підбір пристроїв	28.03-10.04.2024	
5	Побудова системи розумного будинку	11.04-15.05.2024	
6	Вступ, висновки, реферат	16.05-22.05.2024	
7	Розробка обов'язкових демонстраційних матеріалів	23.05-30.05.2024	
8	Попередній захист роботи	31.05.2024	

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Кирилл ЧУГРЕСВ

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник

кваліфікаційної роботи

(підпис)

Вікторія ЖЕБКА

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня бакалавра: 52 стор., 14 рис., 4 табл., 18 джерел.

Мета роботи – Аналіз енергоефективності технології, які використовують для побудови мереж IoT.

Об'єкт дослідження – розробка системи Інтернету речей.

Предмет дослідження – Системи IoT.

Короткий зміст роботи: У роботі проведено дослідження енергоефективних технологій IoT, проаналізовано та визначено яка технологія більше підходить до якого напрямку IoT. Описано розгортання та налаштування системи розумного освітлення та протидії проникнення.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: IoT, ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ, РОЗУМНИЙ БУДИНОК

ABSTRACT

Text part of the master`s qualification work:
52 pages, 14 pictures, 4 table, 18 sources.

The purpose of the work - Analysis of energy efficiency of technologies used to build IoT networks.

Object of research - development of the Internet of Things system.

Subject of research - IoT systems.

Summary of the work: In the work, a study of energy-efficient IoT technologies was carried out, which technology is more suitable for which direction of IoT was analyzed and determined. Describes the deployment and configuration of a smart lighting and anti-intrusion system.

KEYWORDS: IoT, INTERNET OF THINGS, ENERGY EFFICIENT TECHNOLOGIES, SMART HOME

Зміст

ВСТУП.....	10
1 ТЕОРЕТИЧНИЙ ОГЛЯД IoT	12
1.1 Поняття та принципи Інтернету речей (IoT).....	12
1.1.1 Поняття Інтернету речей (IoT).....	12
1.1.2 Принципи Інтернету речей.....	12
1.2 Основні проблеми енергоспоживання в системах IoT	14
1.3 Архітектура систем IoT та систем IoT з низьким енергоспоживанням	15
2 АНАЛІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	20
2.1 Огляд різних технологій в системах IoT	20
2.1.1 Bluetooth Low Energy (BLE)	20
2.1.2 ZigBee	21
2.1.3 Z-Wave	22
2.1.4 LPWAN.....	23
2.1.5 LoRaWAN.....	24
2.1.6 WiFi (IEEE 802.11)	25
2.1.7 Dynamic Voltage Scaling (DVS).....	26
2.1.8 Dynamic Frequency Scaling (DFS)	28
2.2 Порівняльний аналіз енергоефективності різних протоколів.....	29
2.3 Вибір оптимального протоколу для системи з низьким енергоспоживанням	32
3 АНАЛІЗ ГОТОВИХ ПРИСТРОЇВ.....	34
3.1 Опис компонентів.....	34
3.1.1 Контролер.....	34
3.1.2 Управління світлом	36
3.1.3 Датчики.....	38
3.2 Технічні характеристики та принцип підключення компонентів	40
3.2.1 ConnectHome Butler.....	40
3.2.2 Диммер СН-303	43
3.2.3 FIRABO Motion Sensor.....	46

3.3	Приклад використання.....	48
3.3.1	Сценарій освітлення.....	48
3.3.2	Сценарій протидії проникненню	49
3.4	Методика роботи енергоефективної системи розумного будинку	50
	ВИСНОВКИ.....	52
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	53

ВСТУП

Актуальність теми. Актуальність дослідження щодо розробки системи Інтернету речей (IoT) з низьким енергоспоживанням є важливою з огляду на динамічний розвиток технологій та розширення застосування IoT у різних сферах. Низьке енергоспоживання в системах IoT відіграє критичну роль у забезпеченні їхньої ефективності та стабільності.

Перше, енергоефективність є ключовим аспектом у забезпеченні тривалої роботи пристроїв IoT, особливо у випадку обмежених джерел живлення. Енергозберігаючі технології дозволяють пристроям працювати на довші терміни без необхідності частого заміни або заряджання батарей, що особливо важливо в умовах, де доступ до енергії обмежений.

Друге, висока енергоефективність сприяє підвищенню стійкості систем IoT до відмов та забезпечує більш тривалу автономну роботу. Це особливо актуально для застосувань в критичних областях, таких як медичні технології та системи моніторингу, де надійна робота систем є критичною.

Третє, зростаюча увага до екологічних питань робить проблему енергоефективності ще більш актуальною. Зниження енергоспоживання сприяє зменшенню викидів та споживання енергетичних ресурсів, що відповідає сучасним вимогам сталого розвитку та збереження природних ресурсів.

Крім того, розвиток систем IoT з низьким енергоспоживанням стимулює інновації в галузі енергетичних технологій. Пошук нових методів забезпечення енергоефективності сприяє розвитку технологій акумуляторів, сонячних батарей, бездротового заряджання та інших галузей, що має важливе значення для подальшого розвитку сучасних технологій.

Отже, дослідження з розробки систем IoT з низьким енергоспоживанням не тільки сприяє покращенню функціональності та надійності систем, але й має великий потенціал у вирішенні енергетичних проблем, підвищенні стійкості та захисту довкілля.

Об'єкт дослідження. Розробка системи Інтернету речей.

Предмет дослідження. Системи IoT.

Мета. Аналіз енергоефективності технології, які використовують для побудови мереж IoT.

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати існуючі IoT системи
2. Дослідити енергоефективність технологій IoT
3. Розробити систему інтернету речей
4. Зробити висновки та рекомендації

Практична значущість результатів. Отримані результати можуть бути використані при побудові мереж IoT для різних варіантів використання з максимальною енергоефективністю в залежності від потреб.

1 ТЕОРЕТИЧНИЙ ОГЛЯД ІоТ

1.1 Поняття та принципи Інтернету речей (ІоТ)

1.1.1 Поняття Інтернету речей (ІоТ)

Інтернет речей (ІоТ) є концепцією, що передбачає підключення різних фізичних об'єктів до Інтернету або локальної мережі. Ці об'єкти можуть бути будь-чим: від побутових приладів та автомобілів до промислового устаткування та медичних пристроїв. Ключовою ідеєю є те, що ці об'єкти обладнані різноманітними сенсорами та датчиками, які забезпечують здатність збирати та обмінюватися даними через мережу. На рисунку 1.1 зображено приклади використання ІоТ

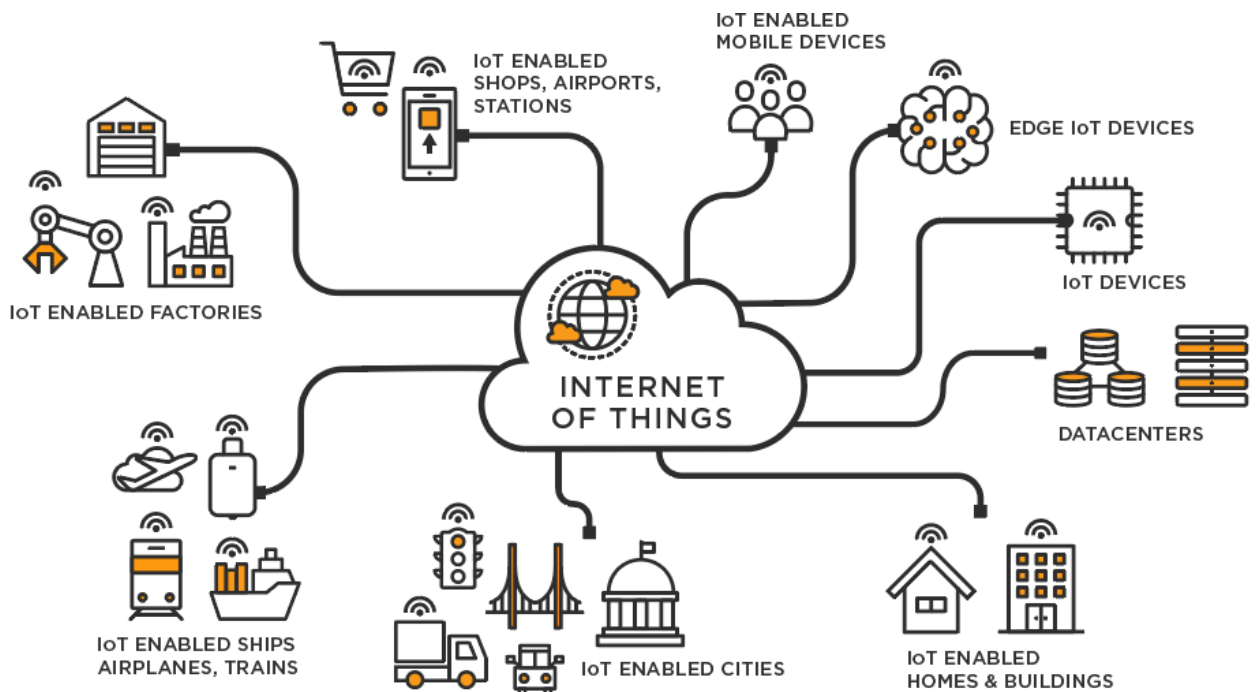


Рисунок 1.1 Приклади використання ІоТ

1.1.2 Принципи Інтернету речей

Підключеність:

Об'єкти IoT повинні бути підключені до мережі, щоб забезпечити можливість обміну даними. Це може відбуватися через різні засоби зв'язку, такі як Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee або навіть супутниковий зв'язок.

Сенсори та датчики:

Сенсори та датчики вбудовані в об'єкти IoT для збору різних видів інформації, таких як температура, вологість, рух, освітленість тощо. Ці дані можуть використовуватися для виявлення певних подій або умов.

Збір та аналіз даних:

Зібрані дані з сенсорів обробляються та аналізуються для винесення рішень або виконання певних дій. Наприклад, система може виявити аномальні умови та автоматично відправити сповіщення адміністратору або виконати певні корекційні дії.

Взаємодія:

Об'єкти IoT можуть взаємодіяти один з одним через мережу, а також з користувачем через різні інтерфейси, такі як мобільні додатки або веб-інтерфейси. Це дозволяє користувачам контролювати та керувати об'єктами в реальному часі.

Автоматизація та управління:

Використання IoT дозволяє автоматизувати різноманітні процеси та віддалено керувати об'єктами. Наприклад, система автоматично регулює температуру в приміщенні залежно від погодних умов або віддалено вмикає/вимикає побутові прилади.

І на останок, важливо відзначити, що хоча IoT відкриває безліч можливостей для автоматизації та оптимізації різних процесів, він також призводить до збільшення споживання енергії. Багато з пристроїв IoT постійно взаємодіють з мережею та обмінюються даними, що призводить до збільшення енергоспоживання. Тому, для забезпечення стійкої роботи систем IoT та зменшення впливу на довкілля, важливо розробляти та використовувати пристрої

з низьким енергоспоживанням та енергоефективними технологіями передачі даних.

1.2 Основні проблеми енергоспоживання в системах IoT

У зв'язку зі стрімким розвитком Інтернету речей (IoT) у сучасному світі, проблема енергоспоживання стає все більш актуальною. Незважаючи на численні переваги, які надають системи IoT, їхнє енергоспоживання залишається серйозною перешкодою для широкого впровадження. Давайте розглянемо основні проблеми, які виникають у контексті енергоспоживання в системах IoT.

1. **Обмежений ресурс енергії:** Системи IoT зазвичай працюють на акумуляторах або батарейках, що мають обмежений ресурс енергії. Це обмежує тривалість роботи пристроїв без заміни або заряджання, що може стати проблемою в областях, де доступ до пристроїв обмежений або непрактичний.

2. **Низька енергоефективність:** Багато пристроїв IoT використовують бездротові технології, такі як Wi-Fi або Bluetooth, які, хоч і ефективні в режимі очікування, споживають значну кількість енергії під час передачі даних. Це може призвести до скорочення тривалості роботи пристроїв та підвищення витрат на енергію.

3. **Неефективне управління енергією:** Багато пристроїв IoT не оптимізовані для ефективного управління енергією. Наприклад, деякі пристрої можуть залишатися в режимі очікування надто довго, споживаючи енергію надмірно. Недостатня оптимізація споживання енергії може призвести до проблем з тривалістю роботи та надмірного споживання енергії.

4. **Недостатня масштабованість:** Використання великої кількості пристроїв IoT у великих мережах може призвести до проблем з нестабільністю мережі та надмірного споживання енергії при підтримці зв'язку між пристроями. Недостатня масштабованість системи може також вплинути на ефективність роботи пристроїв та загальну продуктивність системи IoT.

5. Тепловий режим: Під час роботи пристроїв IoT може виникати проблема перегріву, особливо в умовах високої навантаженості або поганих умовах вентиляції. Перегрів може призвести до погіршення продуктивності пристроїв та скорочення їхнього терміну служби.

6. Безпека та конфіденційність: Реалізація заходів забезпечення безпеки та конфіденційності в системах IoT може вимагати додаткового енергоспоживання, що може погіршити енергоефективність пристроїв. Недостатня захищеність може також призвести до витоку енергії через зловмисні атаки або несанкціонований доступ до пристроїв.

Узагальнюючи, проблеми енергоспоживання в системах IoT вимагають комплексного підходу для вирішення. Розуміння цих проблем дозволить розробникам та інженерам розробляти більш ефективні та енергоефективні рішення для майбутніх систем IoT. Надійність, ефективність та довговічність пристроїв IoT є важливими факторами, які слід враховувати при розробці майбутніх інноваційних технологій.

1.3 Архітектура систем IoT та систем IoT з низьким енергоспоживанням

Архітектура систем IoT з низьким енергоспоживанням включає в себе комплекс різноманітних компонентів, що спільно працюють для забезпечення оптимального використання ресурсів та зниження споживання енергії. Основними складовими такої системи є:

1. Сенсори та зчитувачі даних: Ці пристрої відповідають за збір інформації з навколишнього середовища, такої як температура, вологість, рівень освітленості тощо. Для забезпечення низького енергоспоживання такі сенсори можуть бути оптимізовані для роботи в режимі сну та використання енергоефективних протоколів зв'язку.

2. Мікроконтролери та процесори: Вони відповідають за обробку даних, прийнятих від сенсорів, і прийняття відповідних рішень. Для забезпечення енергоефективності можуть використовуватися спеціалізовані мікроконтролери з низькою споживаною потужністю та можливістю працювати в режимі глибокого сну.

3. Мережеві протоколи та комунікаційні модулі: Ці компоненти забезпечують зв'язок між різними пристроями IoT і передачу даних до центрального вузла або хмарного сервісу. Для зниження енергоспоживання можуть бути використані протоколи зв'язку з низькою швидкістю передачі даних та можливістю переходу в режим сну.

4. Центральний вузол або хмарний сервіс: Це централізований вузол або сервер, який отримує дані від різних пристроїв IoT, обробляє їх і приймає відповідні рішення. Для забезпечення низького енергоспоживання ці системи можуть використовувати оптимізовані алгоритми обробки даних та здійснювати періодичні перевірки на наявність нової інформації.

5. Системи живлення: Оскільки багато пристроїв IoT мають обмежені джерела живлення, такі як батареї або акумулятори, важливо використовувати енергоефективні системи живлення та механізми керування енергоспоживанням.

Архітектура систем IoT з низьким енергоспоживанням розробляється з урахуванням цих компонентів та їх взаємодії для забезпечення оптимальної ефективності та тривалого часу автономної роботи.

Звичайна архітектура систем IoT, без фокусу на низьке енергоспоживання, може мати деякі відмінності в порівнянні з архітектурою, що оптимізована для енергоефективності:

1. Сенсори та зчитувачі даних: У звичайній архітектурі можуть використовуватися сенсори з високою точністю та швидкістю реакції, що може призводити до більшого споживання енергії. Також, можуть бути менше оптимізовані для роботи в режимі сну.

2. Мікроконтролери та процесори: В звичайній архітектурі можуть використовуватися більш потужні мікроконтролери та процесори для обробки

великого обсягу даних. Це також може призводити до більшого споживання енергії.

3. Мережеві протоколи та комунікаційні модулі: У звичайній архітектурі можуть використовуватися швидкі та потужні комунікаційні протоколи, що можуть бути менш енергоефективними порівняно з протоколами, оптимізованими для низького енергоспоживання.

4. Центральний вузол або хмарний сервіс: У звичайній архітектурі може бути більша кількість обчислювальних операцій на центральному вузлі або в хмарі, що може призводити до більшого споживання енергії.

5. Системи живлення: У звичайній архітектурі можуть бути менше оптимізовані системи живлення, оскільки головним пріоритетом може бути швидкість та продуктивність, а не тривалість автономної роботи.

Отже, в архітектурі систем IoT з низьким енергоспоживанням зазвичай використовуються спеціалізовані компоненти та протоколи з метою забезпечення максимальної енергоефективності та тривалості автономної роботи пристроїв.

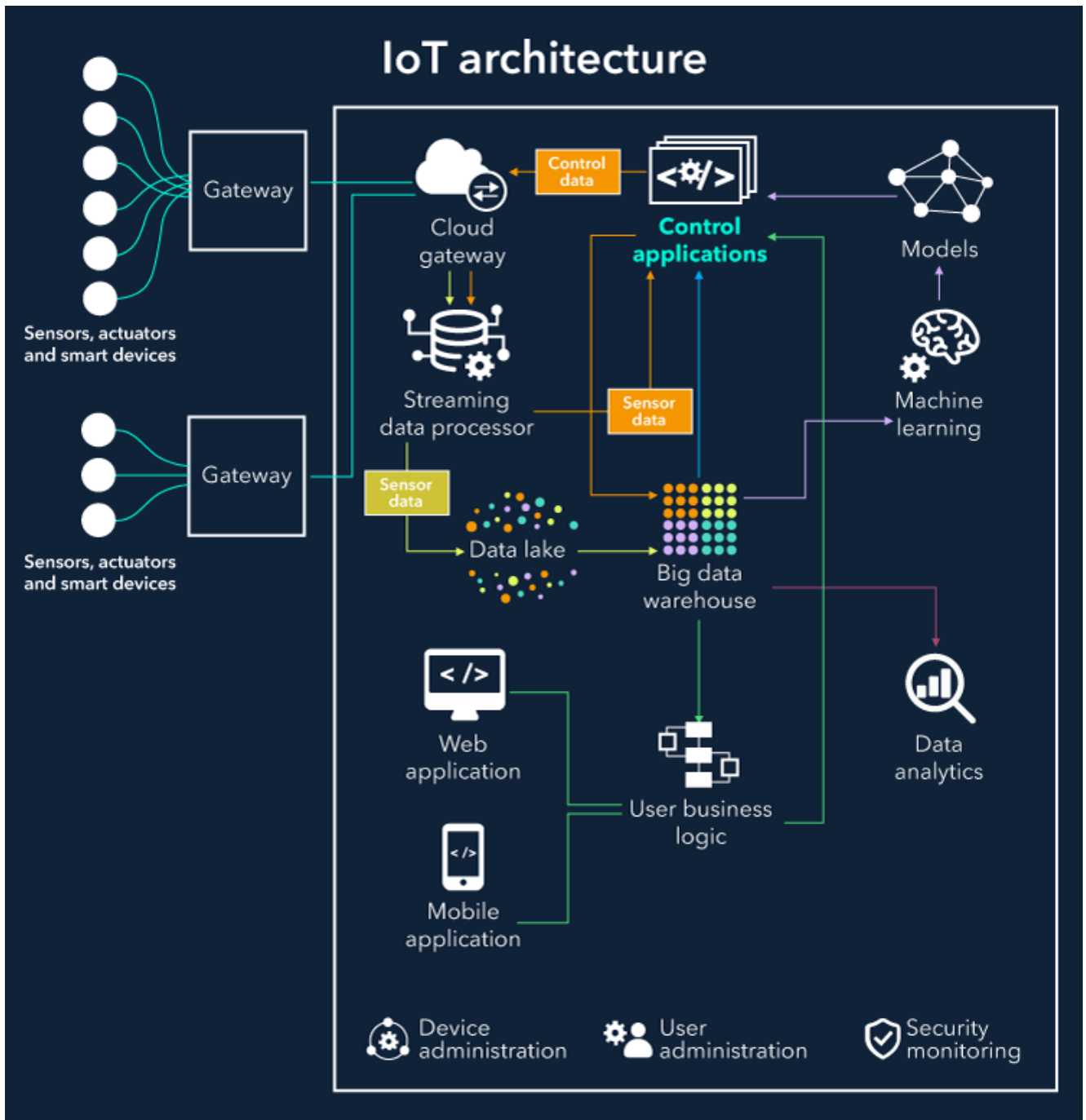


Рисунок 1.2 Архітектура IoT

Шлюз в системі IoT відіграє ключову роль у забезпеченні комунікації між різними пристроями та вузлами мережі. На рисунку 1.2 зображена типова архітектура системи IoT, де всі пристрої з'єднані через шлюз з центральними серверами або хмарними сервісами. Отже, шлюз у системі IoT виконує найбільш критичну роль у забезпеченні надійності, безпеки та ефективності мережі, а протоколи зв'язку, що використовуються через цей шлюз, визначають ефективність

комунікації та обміну даними усередині мережі що насамперед свідчить що вони мають бути найбільш оптимізованими.

2 АНАЛІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

2.1 Огляд різних технологій в системах IoT

2.1.1 Bluetooth Low Energy (BLE)

1. Характеристики:

Низьке споживання енергії: BLE було розроблене для мінімізації споживання енергії пристроєм. Це особливо важливо для пристроїв IoT та носимої електроніки, які часто працюють на батареї.

Короткі дистанції передачі: BLE зазвичай призначений для короткодистанційних зв'язків, до 100 метрів в відкритому просторі.

Висока швидкість передачі даних: Хоча BLE зосереджене на зменшенні споживання енергії, воно все ще може передавати дані відносно швидко, що робить його підходящим для деяких додатків передачі даних.

2. Енергоефективність:

BLE відомий своєю високою енергоефективністю. Примітивні пристрої можуть працювати на одній батареї протягом років, що робить його ідеальним для різних застосувань IoT, включаючи вимірювання, моніторинг та відстеження.

3. Використання:

Носима електроніка: BLE широко використовується у носимих пристроях, таких як фітнес-трекери, смарт-годинники тощо, для зв'язку з смартфонами та іншими пристроями.

IoT пристрої: BLE застосовується в різних сценаріях Інтернету речей, включаючи датчики вологості, температури, контролери освітлення тощо.

Мобільні додатки: Чимало мобільних додатків використовують BLE для взаємодії з різними пристроями, такими як дрони, принтери, аудіосистеми тощо.

BLE став важливою технологією в сфері бездротового зв'язку через свою енергоефективність та здатність працювати на короткій дистанції. Він використовується у багатьох виробках, які ми щоденно використовуємо, і відіграє ключову роль у розвитку сучасних мобільних технологій та IoT.

2.1.2 ZigBee

1. Характеристики:

Мережева топологія: Zigbee працює на основі бездротової мережі з малою потужністю, що дозволяє підключати до сотень та навіть тисяч пристроїв до одного контролера.

Низька споживання енергії: Технологія Zigbee розроблена для мінімізації споживання енергії пристроями, що дозволяє їм працювати на батареях протягом довгого часу.

Короткі дистанції передачі: Зв'язок Zigbee зазвичай призначений для короткодистанційних зв'язків, зазвичай в межах кількох десятків метрів, що робить його ідеальним для внутрішнього використання.

2. Енергоефективність:

Zigbee відомий своєю високою енергоефективністю. Примітивні пристрої можуть працювати на одній батареї протягом декількох років завдяки ефективному керуванню енергією.

Ця енергоефективність робить Zigbee популярним в застосунках Інтернету речей, особливо в сфері сенсорних мереж і систем автоматизації будинку.

3. Використання:

Системи автоматизації будинку: Zigbee широко використовується для підключення різних пристроїв в системах "розумного дому", таких як датчики руху, термостати, освітлення, розетки тощо.

Промисловість: В сфері промисловості Zigbee використовується для моніторингу та контролю за різними процесами, наприклад, вимірювання параметрів середовища, відстеження обладнання тощо.

Охорона здоров'я: У сфері охорони здоров'я Zigbee використовується для створення мереж датчиків, які вимірюють показники здоров'я пацієнтів та відправляють їх до медичного персоналу.

Зі своєю високою енергоефективністю, надійністю та масштабованістю, Zigbee залишається однією з переважних технологій для розгалужених мереж Інтернету речей та систем автоматизації будинку. Його відкритий стандарт забезпечує сумісність та легкість інтеграції з різними пристроями, що робить його привабливим вибором для розробників та користувачів.

2.1.3 Z-Wave

1. Характеристики:

Мережева топологія: Z-Wave - це бездротовий протокол мережі, розроблений спеціально для розумного будинку. Він використовує меш-мережі, що дозволяє пристроям спілкуватися між собою та ретранслювати сигнали, щоб забезпечити стабільне покриття будинку.

Частотний діапазон: Z-Wave працює в радіодіапазоні 800-900 МГц, що робить його менш схильним до перешкод від інших бездротових пристроїв, таких як Wi-Fi або Bluetooth.

Безпека: Z-Wave має вбудовані механізми безпеки, такі як шифрування трафіку та аутентифікація пристроїв, що робить його досить безпечним для використання в розумних системах безпеки та контролю доступу.

2. Енергоефективність:

Z-Wave відомий своєю високою енергоефективністю, що дозволяє пристроям працювати на батареях протягом тривалого часу. Це особливо важливо для розумного будинку, де масштаб системи може включати сотні пристроїв.

3. Використання:

Автоматизація будинку: Z-Wave використовується для створення систем розумного будинку, які можуть включати в себе розумне освітлення, термостати, датчики руху, розумні розетки та інші пристрої для автоматизації різних аспектів вашого дому.

Безпека та контроль доступу: Z-Wave також використовується для систем безпеки та контролю доступу, де він може бути використаний для керування дверними замками, відеоспостереженням, датчиками диму та іншими пристроями для забезпечення безпеки вашого дому.

Z-Wave є популярним вибором для систем розумного будинку завдяки своїй енергоефективності, надійності та безпеці. Він забезпечує стабільну та ефективну роботу пристроїв у вашому розумному будинку, дозволяючи вам керувати та моніторити ваше житло з будь-якого місця.

2.1.4 LPWAN

1. Характеристики:

Широка область покриття: LPWAN розроблена для забезпечення зв'язку на великі відстані, часто в десятки кілометрів, навіть у важкодоступних місцях.

Низька пропускну здатність: Порівняно з іншими технологіями мереж, має обмежену пропускну здатність, але це зазвичай не є проблемою для застосувань Інтернету речей (IoT), які часто вимагають передачі невеликих об'ємів даних.

2. Типи LPWAN:

LoRaWAN: Використовує модуляцію LoRa для створення низькопотужних, дальніх мереж.

Sigfox: Інша технологія LPWAN, яка пропонує низькопотужний, дальній зв'язок, але з меншою пропускну здатністю порівняно з LoRaWAN.

NB-IoT (Narrowband IoT) і LTE-M: Ці технології використовують мережі 4G/5G і забезпечують високу надійність і відносно велику пропускну здатність для IoT пристроїв.

3. Енергоефективність:

Довгий термін служби батареї: Одна з основних переваг LPWAN - це їх енергоефективність. Протягом років пристрої можуть працювати на одній батареї, що робить їх ідеальними для використання в сенсорах та пристроях IoT, розташованих віддалено або там, де доступ до живлення обмежений.

4. Використання:

LPWAN широко використовується в сенсорних мережах та системах моніторингу, таких як системи контролю за середовищем, віддалені вимірювальні пристрої, системи управління ресурсами тощо.

Їх також використовують у сільському господарстві для моніторингу умов вирощування рослин та управління поливом.

Загалом, LPWAN відкриває нові можливості для зв'язку та моніторингу в областях, де раніше було складно або дорого встановлювати зв'язок. Їх енергоефективність і дальність зв'язку роблять їх привабливими для широкого спектру застосувань в індустрії Інтернету речей.

2.1.5 LoRaWAN

1. Характеристики:

Дальність зв'язку: LoRaWAN забезпечує зв'язок на великі відстані, до кількох кілометрів в міських умовах і до декількох десятків кілометрів в сільській місцевості.

Низька пропускну здатність: Це означає, що LoRaWAN підходить для передачі невеликих обсягів даних, таких як вимірювання сенсорів.

2. Енергоефективність:

LoRaWAN демонструє високу енергоефективність, що дозволяє пристроям працювати на батареях протягом довгого часу, навіть декількох років.

3. Використання:

Сільське господарство: Використання для моніторингу рівня вологості, температури, рівня води тощо на великих полях.

Управління міським середовищем: Використовується для відстеження рівнів сміття, моніторингу заповнення контейнерів для відходів тощо.

Промисловість: Використовується для моніторингу та керування виробничими процесами, станом обладнання тощо.

LoRaWAN відомий своєю ефективністю у передачі даних на великі відстані та низьким споживанням енергії, що робить його ідеальним вибором для різноманітних застосувань Інтернету речей, особливо там, де важлива низька вартість обслуговування та довготривала автономність пристроїв.

2.1.6 WiFi (IEEE 802.11)

1. Характеристики:

Бездротовий зв'язок: Wi-Fi - це бездротовий стандарт зв'язку, що дозволяє пристроям підключатися до мережі Інтернет та обмінюватися даними без потреби в проводі.

Висока швидкість передачі даних: Wi-Fi може підтримувати широкопasmовий доступ до Інтернету з високою швидкістю передачі даних, що робить його ідеальним для потокової передачі відео, онлайн-ігор та інших вимогливих додатків.

Широке охоплення: Wi-Fi може працювати на відстані кількох сотень метрів, в залежності від середовища та обладнання, що робить його популярним для використання в домашніх та офісних мережах.

2. Енергоефективність:

Wi-Fi не завжди є найбільш енергоефективним рішенням, особливо для пристроїв з обмеженою живленням, таких як датчики IoT або носима електроніка. Проте, стандарти Wi-Fi постійно вдосконалюються з метою зменшення споживання енергії.

3. Використання:

Домашні та офісні мережі: Wi-Fi є основним засобом бездротового з'єднання для підключення комп'ютерів, смартфонів, планшетів, принтерів та інших пристроїв до Інтернету в домашніх та офісних мережах.

Громадські мережі: Багато місць громадського користування, такі як кафе, готелі, аеропорти та торгові центри, надають доступ до Інтернету через бездротові мережі Wi-Fi.

Інтернет речей: Wi-Fi також використовується для підключення пристроїв Інтернету речей, таких як розумні датчики, камери відеоспостереження, домашні роутери тощо.

Wi-Fi є широко використовуваним та важливим стандартом бездротового зв'язку, який забезпечує високу швидкість передачі даних та широкий охоплення. Його застосування розповсюджується від домашніх мереж до громадських просторів та промислових застосувань, забезпечуючи надійний та зручний доступ до Інтернету та мережових ресурсів.

2.1.7 Dynamic Voltage Scaling (DVS)

Характеристики:

Зміна напруги живлення: DVS дозволяє змінювати напругу живлення процесора в залежності від його завдань та потреб, що дозволяє оптимізувати споживання енергії.

Динамічне регулювання: Напруга живлення може змінюватися динамічно в залежності від навантаження процесора, швидкості роботи та інших параметрів.

Управління температурою: DVS може бути також використаний для управління температурою пристрою, знижуючи напругу живлення, коли пристрій перегрівається.

Енергоефективність:

DVS демонструє високу енергоефективність, оскільки дозволяє пристроям оптимізувати споживання енергії в залежності від навантаження. Зниження напруги живлення зазвичай призводить до зменшення споживання енергії пристроєм.

Висока енергоефективність DVS робить його популярним в мобільних пристроях, носимій електроніці та інших портативних пристроях, де важлива довготривала робота від однієї зарядки.

Використання:

Мобільні пристрої: DVS широко використовується в мобільних телефонах, планшетах та інших портативних пристроях для оптимізації споживання енергії та підвищення тривалості роботи від батареї.

Ноутбуки та ПК: Деякі ноутбуки та персональні комп'ютери також використовують технологію DVS для зменшення споживання енергії та підвищення ефективності живлення.

Вбудовані системи: DVS використовується в різноманітних вбудованих системах, таких як мікроконтролери, для оптимізації споживання енергії та підвищення їхньої енергоефективності.

Dynamic Voltage Scaling є важливою технологією для оптимізації енергоспоживання в сучасних пристроях. Його можливість динамічного регулювання напруги живлення дозволяє пристроям ефективно використовувати енергію та підвищує тривалість роботи від акумуляторів.

2.1.8 Dynamic Frequency Scaling (DFS)

1. Характеристики:

Зміна частоти процесора: DFS дозволяє змінювати робочу частоту процесора в залежності від його завдань та потреб, що дозволяє оптимізувати його продуктивність та енергоспоживання.

Динамічне регулювання: Частота процесора може змінюватися динамічно в залежності від навантаження, температури та інших факторів, що впливають на його роботу.

Управління тепловим режимом: DFS може бути також використаний для управління тепловим режимом пристрою, знижуючи частоту процесора, коли пристрій перегрівається.

2. Енергоефективність:

DFS демонструє високу енергоефективність, оскільки дозволяє оптимізувати споживання енергії процесором в залежності від навантаження. Зменшення частоти процесора зазвичай призводить до зменшення споживання енергії пристроєм.

Висока енергоефективність DFS робить його популярним у мобільних пристроях, ноутбуках та інших портативних пристроях, де важлива довготривала робота від акумуляторів.

3. Використання:

Мобільні пристрої: DFS широко використовується у мобільних телефонах, планшетах та інших портативних пристроях для оптимізації споживання енергії та підвищення тривалості роботи від батареї.

Ноутбуки та ПК: Деякі ноутбуки та персональні комп'ютери також використовують технологію DFS для зменшення споживання енергії та підвищення ефективності живлення.

Вбудовані системи: DFS використовується в різноманітних вбудованих системах, таких як мікроконтролери, для оптимізації споживання енергії та підвищення їхньої енергоефективності.

Dynamic Frequency Scaling є важливою технологією для оптимізації енергоспоживання в сучасних пристроях. Її можливість динамічного регулювання частоти процесора дозволяє пристроям ефективно використовувати енергію та підвищує тривалість роботи від акумуляторів.

2.2 Порівняльний аналіз енергоефективності різних протоколів

Отже, підсумовуючи всю проаналізовану інформацію, маємо наступне:

1. LPWAN (Low Power Wide Area Network):

Характеристики: LPWAN призначені для великих відстаней і об'ємів даних, дозволяють працювати в умовах обмеженої пропускної здатності.

Енергоефективність: Висока, оскільки пристрої можуть працювати на одній батареї протягом років.

2. BLE (Bluetooth Low Energy):

Характеристики: BLE зазвичай використовується для короткодистанційних зв'язків та вимагає мало енергії.

Енергоефективність: Висока, більшість пристроїв може працювати на батареї протягом років.

3. DVS (Dynamic Voltage Scaling):

Характеристики: DVS використовується для зміни напруги живлення процесора залежно від завдань, що виконуються.

Енергоефективність: Висока, оскільки дозволяє пристроям оптимізувати споживання енергії в залежності від навантаження.

4. DFS (Dynamic Frequency Scaling):

Характеристики: DFS регулює частоту роботи процесора в залежності від навантаження.

Енергоефективність: Висока, оскільки дозволяє оптимізувати споживання енергії в залежності від навантаження.

5. LoRaWAN (Long Range Wide Area Network):

Характеристики: LoRaWAN спеціалізується на великих відстанях та має низьку пропускну здатність, але високу дальність передачі даних.

Енергоефективність: Висока, оскільки пристрої можуть працювати на одній батареї протягом років.

6. ZigBee:

Характеристики: ZigBee призначений для мереж з низькою швидкістю передачі даних та вимагає мало енергії.

Енергоефективність: Висока, більшість пристроїв може працювати на батареї протягом років.

7. WiFi (IEEE 802.11):

Характеристики: WiFi протокол призначений для високошвидкісного бездротового зв'язку на короткій відстані.

Енергоефективність: Низька, оскільки споживає багато енергії, щоб підтримувати високу швидкість передачі даних.

8. Z-Wave

Характеристики: Z-Wave - це протокол мережі для розумного будинку з низьким споживанням енергії та середньою дальністю зв'язку.

Енергоефективність: Висока, більшість пристроїв може працювати на батареях протягом тривалого часу, що робить його ідеальним вибором для систем розумного будинку.

Для зручності сформуємо таблицю з результатами:

Таблиця 2.1 Порівняння енергоефективних технологій

Технологія	Дальність зв'язку	Споживання енергії	Швидкість передачі	Складність встановлення	Витрати на обладнання	Витрати на енергію
LPWAN	Велика	Дуже низьке	Низька	Висока	Низькі	Низькі

Технологія	Дальність зв'язку	Споживання енергії	Швидкість передачі	Складність встановлення	Витрати на обладнання	Витрати на енергію
BLE	Середня	Низьке	Середня	Низька	Низькі	Низькі
DVS	Немає	Низьке	Немає	Низька	Високі	Високі
DFS	Немає	Низьке	Немає	Низька	Високі	Високі
LoRaWAN	Велика	Низьке	Низька	Середня	Низькі	Низькі
ZigBee	Середня	Низьке	Середня	Середня	Середні	Низькі
WiFi	Велика	Середнє	Висока	Висока	Високі	Середні
Z-Wave	Середня	Низьке	Середня	Низька	Низькі	Дуже Низькі

2.3 Вибір оптимального протоколу для системи з низьким енергоспоживанням

Існує такий вислів, що будь які технології бездротової передачі даних мають такі характеристики, як дальність, швидкість та енергоефективність. Причому одночасно можуть відповідати лише двом із трьох. На рисунку 2.1 можна побачити найкращі технології серед своїх характеристик.

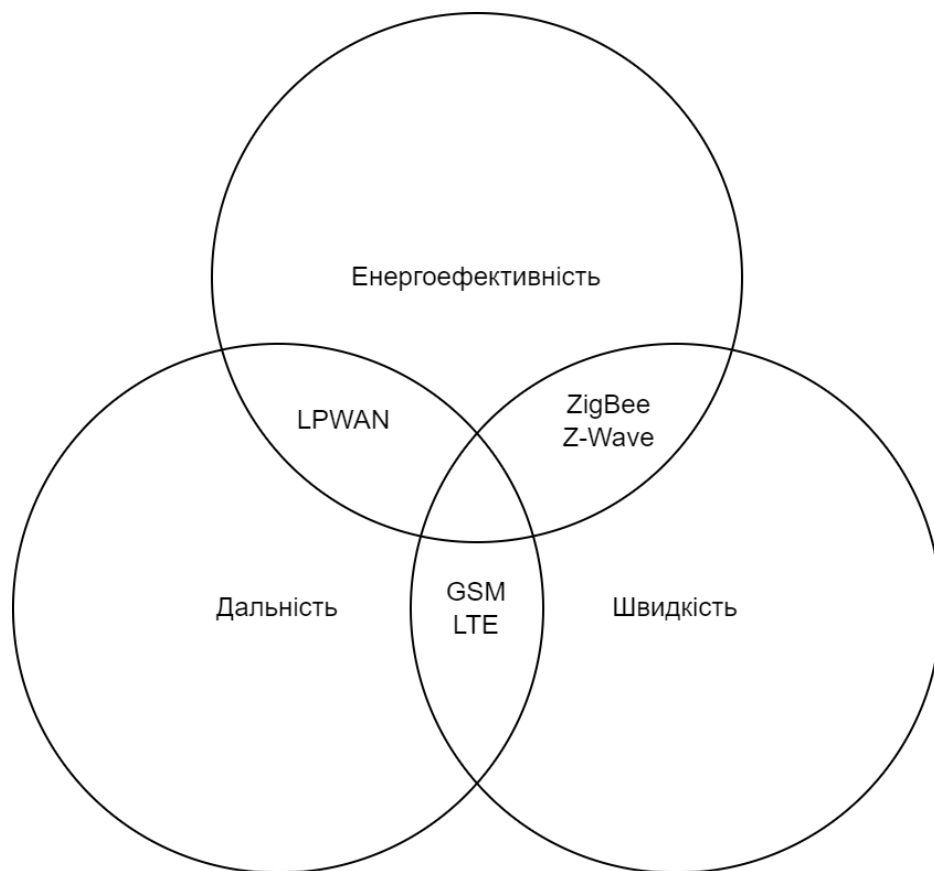


Рисунок 2.1 Оптимальні технології

Також, зважаючи на таблицю 2.1, для розумного будинку з максимальною енергоефективністю найбільш підходящою технологією виявилася Z-Wave:

- Споживання енергії: Z-Wave має низьке споживання енергії, що дозволяє пристроям працювати на батареях протягом довгого часу, що важливо для

розумного будинку, де багато пристроїв можуть бути розташовані по всьому простору будівлі.

- **Складність встановлення:** Z-Wave має низьку складність встановлення, що означає, що вона є досить простою у встановленні та налаштуванні, що може зекономити час і зусилля при розгортанні системи.

- **Витрати на обладнання та енергію:** За допомогою Z-Wave можна зменшити витрати на обладнання та енергію завдяки низькому споживанню енергії пристроями і доступності різних пристроїв за розумними цінами.

- **Швидкість передачі:** Хоча швидкість передачі даних Z-Wave є середньою, для більшості застосувань в розумному будинку це не є критичним, оскільки вони зазвичай не потребують великої пропускної здатності.

- Також на вибір вплинула популярність даної технології на ринку оскільки домінуюча більшість пристроїв може підтримувати цю технологію.

3 АНАЛІЗ ГОТОВИХ ПРИСТРОЇВ

3.1 Опис компонентів

3.1.1 Контролер

Для розумного дому обрано контролер ConnectHome Butler (рис 3.1) . - це інтелектуальний помічник, який поєднує в собі можливості розумного будинку та віртуального помічника.



Рисунок 3.1 ConnectHome Butler

ConnectHome Butler пропонує широкий спектр функцій, які можна розділити на дві основні категорії:

Можливості розумного будинку: ConnectHome Butler може керувати різними розумними пристроями в будинку, такими як освітлення, термостати, замки та прилади. Ці пристрої можна контролювати за допомогою голосових команд або мобільного додатку.

Функції віртуального помічника: ConnectHome Butler може виконувати різні завдання, такі як встановлення будильників, відтворення музики, прослуховування новин та надання інформації про погоду, трафік та інші теми.

Переваги:

ConnectHome Butler пропонує ряд переваг, зокрема:

Зручність: ConnectHome Butler може автоматизувати завдання та надавати інформацію, що може значно полегшити життя користувачів.

Безпека: ConnectHome Butler може допомогти забезпечити будинок, повідомляючи про небезпечні ситуації та надаючи можливість віддалено керувати замками та іншими пристроями безпеки.

Економія енергії: ConnectHome Butler може допомогти заощадити енергію, автоматизуючи відключення світла та інших пристроїв, коли вони не використовуються.

Персоналізація: ConnectHome Butler можна налаштувати відповідно до потреб та уподобань користувачів.

Недоліки:

ConnectHome Butler також має деякі недоліки, такі як:

Вартість: Початкові інвестиції в ConnectHome Butler та сумісні розумні пристрої можуть бути значними.

Проблеми з конфіденційністю: ConnectHome Butler збирає дані про користувачів та їхні будинки, важливо ознайомитися з політикою конфіденційності, перш ніж використовувати його.

3.1.2 Управління світлом

Диммер СН-303 (Рис 3.2) - це модуль диммування, призначений для керування освітленням у розумному будинку. Він використовується для регулювання яскравості ламп розжарювання, галогенних ламп та диммованих світлодіодних ламп.



Рисунок 3.2 Диммер СН – 303

Характеристики та функціональні можливості:

Диммер СН-303 пропонує ряд функцій, які роблять його цінним доповненням до будь-якої системи розумного будинку:

Регулювання яскравості: Диммер СН-303 дозволяє користувачам плавно регулювати яскравість підключених ламп, створюючи атмосферу, що відповідає їхнім потребам.

З'єднання Z-Wave: Диммер СН-303 використовує протокол Z-Wave для бездротового зв'язку з іншими пристроями розумного будинку, забезпечуючи зручне керування.

Широка сумісність: Диммер СН-303 сумісний з широким спектром ламп, включаючи лампи розжарювання, галогенні лампи та диммовані світлодіодні лампи.

Компактний дизайн: Диммер СН-303 має компактний дизайн, що робить його простим для монтажу в підрозетниках або за вимикачами.

Переваги:

Диммер СН-303 пропонує ряд переваг, які роблять його привабливим вибором для домовласників:

Покращений комфорт: Можливість регулювати яскравість освітлення може значно підвищити комфорт та атмосферу в будинку.

Економія енергії: Зниження яскравості освітлення може призвести до значної економії енергії.

Зручність використання: Диммер СН-303 простий у використанні та може керуватися за допомогою стандартних вимикачів або пультів дистанційного керування Z-Wave

Розширюваність системи розумного будинку: Диммер СН-303 легко інтегрується з існуючими системами розумного будинку, розширюючи їхні можливості.

Недоліки:

Важливо зазначити деякі потенційні недоліки Диммера СН-303:

Вартість: Диммер СН-303 може бути дорожчим за деякі інші модулі диммування на ринку.

Сумісність: Не всі лампи сумісні з диммером СН-303. Перед використанням важливо перевірити сумісність ламп.

Потреба в нейтральному проводі: Для роботи диммера СН-303 може знадобитися нейтральний провід, який не завжди присутній у старій проводці.

3.1.3 Датчики

Датчик руху FIBARO Motion Sensor (Рис. 3.3) - це багатофункціональний пристрій, призначений для використання в системах розумного будинку. Він поєднує в собі датчик руху з додатковими функціональними можливостями, що робить його корисним інструментом для автоматизації, безпеки та моніторингу.



Рисунок 3.3 FIBARO MOTION SENSOR

Характеристики та функціональні можливості:

Датчик руху FIBARO Motion Sensor пропонує широкий спектр функцій, що виводить його за рамки звичайного датчика руху:

Виявлення руху: Основна функція датчика - виявлення руху в зоні його дії. Він використовує технологію пасивного інфрачервоного (PIR) випромінювання для виявлення тепла, що випромінюється людьми та тваринами.

Вимірювання температури: Датчик також оснащений вбудованим термометром, який може вимірювати температуру навколишнього середовища.

Вимірювання освітленості: Датчик може вимірювати рівень освітленості в приміщенні, що дозволяє автоматизувати керування освітленням.

Датчик вібрації: Вбудований акселерометр може виявити вібрацію або нахил датчика, що може допомогти запобігти його несанкціонованому видаленню.

Бездротовий зв'язок Z-Wave: Датчик використовує протокол Z-Wave для бездротового зв'язку з іншими пристроями розумного будинку.

Компактний дизайн: Датчик має компактний та стильний дизайн, що дозволяє легко монтувати його на стінах або стелі.

Переваги:

Завдяки поєднанню декількох датчиків в одному пристрої, FIBARO Motion Sensor пропонує ряд переваг користувачам:

Багатофункціональність: Один датчик може виконувати декілька функцій, що спрощує монтаж та зменшує кількість необхідних пристроїв.

Автоматизація: Датчик руху, температури та освітленості дозволяє автоматизувати різні дії в будинку, наприклад, вмикання світла за наявності руху або регулювання термостата залежно від температури.

Підвищена безпека: Датчик вібрації може допомогти запобігти крадіжкам, оскільки спрацює при спробі зняти датчик зі стіни.

Зручність використання: Бездротовий зв'язок Z-Wave та компактний дизайн забезпечують легке встановлення та експлуатацію датчика.

Недоліки:

Деякі потенційні недоліки датчика руху FIBARO Motion Sensor слід врахувати:

Вартість: Датчик може бути дорожчим за деякі звичайні датчики руху.

Залежність від системи розумного будинку: Для повної функціональності датчик потребує сумісного хаба або контролера Z-Wave.

Обмеження датчика руху: Датчик PIR може не завжди виявляти рух за перешкодами або у разі дуже повільних рухів.

3.2 Технічні характеристики та принцип підключення компонентів

3.2.1 ConnectHome Butler

Контролер має наступні технічні характеристики (таб. 3.1)

Таблиця 3.1 - Технічні характеристики ConnectHome Butler

Процесор	Quad Core 1.2GHz Broadcom BCM2837 64bit CPU
Оперативна пам'ять	1GB LPDDR2
Постійна пам'ять	16GB
Протокол	z-wave plus
Wi-Fi	+
Bluetooth	4.1/LE
Потужність радіосигналу	2 мВт
Частота радіосигналу	868.4 MHz EU
Радіус дії у приміщенні	до 45 м
Радіус дії на відкритому просторі	до 75 м
Напруга живлення	5В DC через адаптер
Потужність, що споживається	< 25 Вт
Розміри модуля	25 x 120 x 120 мм
Робоча температура	від -10°C до 50°C
Ступінь захисту	IP30
Макс. кількість пристроїв	255
Індикатори	4

Для управління системою автоматизації будинку потрібно встановити додаток ConnectHome, що доступний у магазинах додатків для операційних систем Android та iOS. У вказаному додатку користувачеві надається можливість здійснити пошук контролера, під час якого відображається IP-адреса. Цю IP-адресу слід ввести у пошуковий рядок веб-браузера на персональному комп'ютері. За замовчуванням ім'я користувача встановлене як "admin", а пароль - "12345678".

У першу чергу рекомендується створити кімнату (Рис. 3.4), яка в подальшому буде конфігуруватися відповідно до наявних датчиків та пристроїв.

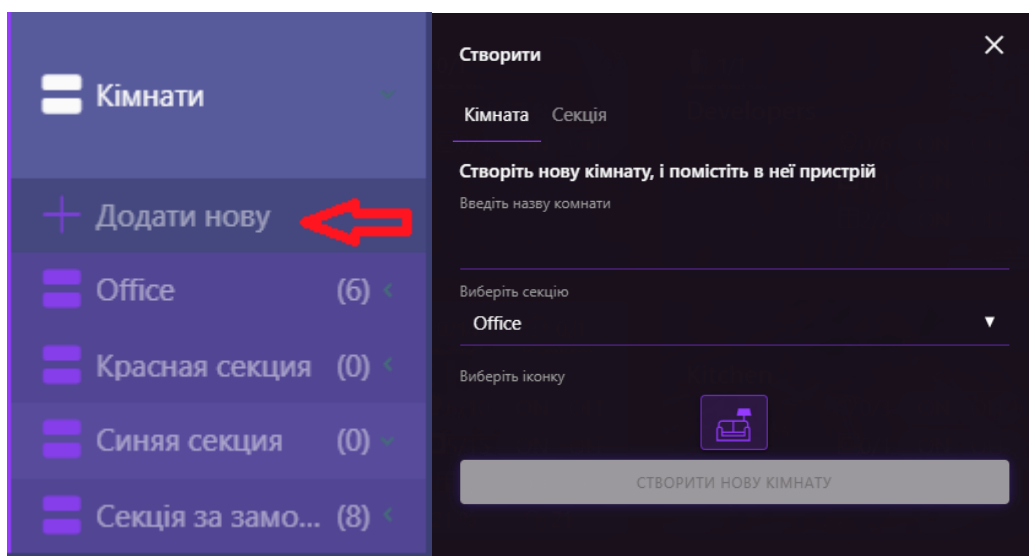


Рисунок 3.4 Додавання кімнати

У розділі налаштування кімнати можна виконати наступні дії:

- Додавання/видалення пристроїв: Дозволяє додавати або видаляти пристрої з системи.
- Додавання віртуальних пристроїв: Надає можливість додавати віртуальні пристрої, які можуть бути використані для симуляції різних сценаріїв управління.
- Додавання мультимедійних DLNA-пристроїв: Дозволяє додавати пристрої, що підтримують протокол DLNA, для стрімінгу мультимедіа контенту.
- Конфігурація пристроїв: Надає можливість налаштування параметрів підключених пристроїв.

- Управління пристроями за допомогою віджетів: Дозволяє створювати віджети на головному екрані смартфона або планшета для швидкого доступу до функцій керування пристроями.

Для додавання пристрою (Рис. 3.5) необхідно перевести контролер у режим навчання. Для цього слід натиснути відповідну кнопку в основному меню "Пристрої". У діалоговому вікні вкажіть назву пристрою та кімнату, в якій він буде розташований. Після цього, натисніть кнопку "Додати пристрій", щоб контролер перейшов у режим додавання та очікував відповідну команду від пристрою.

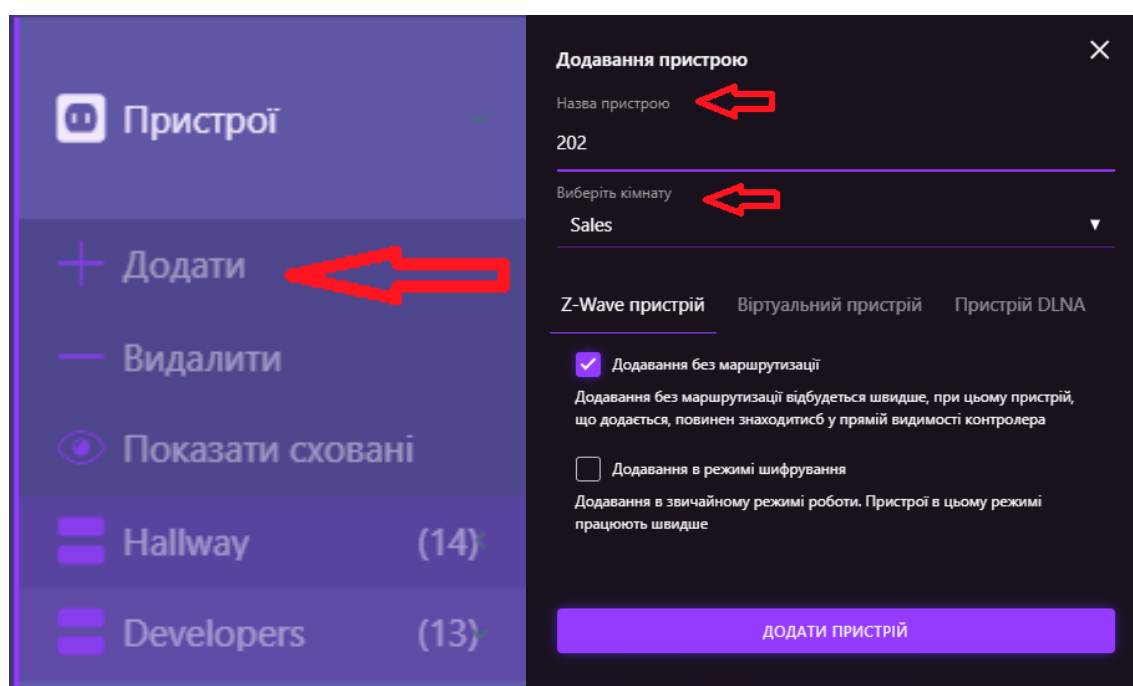


Рисунок 3.5 Додавання пристрою

Процедура додавання пристрою зазвичай займає приблизно 2 хвилини і може змінюватися в залежності від конфігурації мережі та самого пристрою. Статус процесу додавання відображається на індикаторі процесу додавання. Рекомендується додавати пристрій у безпосередній близькості до контролера для забезпечення найкращої ефективності.

У випадку виникнення проблем з підключенням пристрою до Z-Wave мережі, рекомендується спочатку виконати процедуру видалення з мережі, а потім повторити процедуру додавання.

Для видалення модуля (Рис. 3.6) з мережі потрібно перевести контролер у режим видалення. Для цього слід натиснути відповідну кнопку в основному меню "Пристрої". Після натискання кнопки "Видалити" контролер перейде в режим видалення і очікуватиме відповідної команди від пристрою.

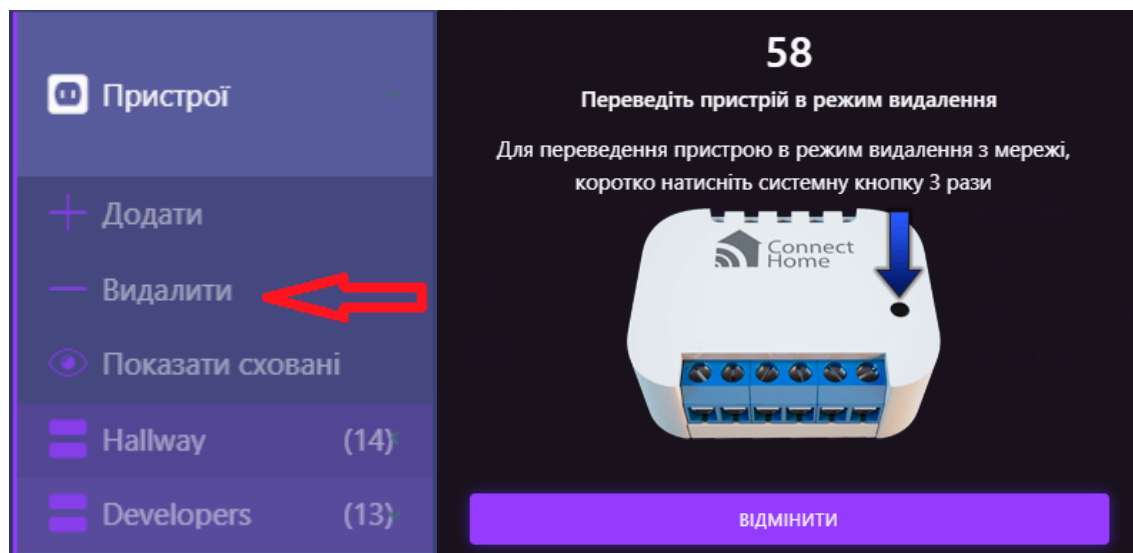


Рисунок 3.6 Видалення пристрою

3.2.2 Диммер СН-303

Димер має наступні технічні характеристики (Табл. 3.2)

Таблиця 3.2 - Технічні характеристик Диммера СН-303

Номінальна напруга живлення	110 – 250 V AC 50/60 Hz
Максимальна потужність навантаження	200W * cos φ
Температура експлуатації	від -10°C до 50°C
Потужність радіосигналу	
Частота радіосигналу	
Радіус дії в приміщенні	до 45 м

Радіус дії на відкритому просторі	до 75 м
Споживана потужність	< 0,72Вт
Розміри модуля	18*48*37 мм
Ступінь захисту	
Можливість підключення датчиків S-Bus	Так

За наявності нейтрального провода в місці розташування рекомендується використовувати схему з нейтральним проводом (Рис. 3.7) для підключення. Це дозволяє забезпечити стабільну та надійну роботу пристрою, оскільки нейтральний провід забезпечує повернення струму та зменшує можливість перешкод.

У випадку, якщо нейтральний провід відсутній, рекомендується використовувати схему без нейтрального проводу (Рис. 3.8). Ця схема дозволяє пристрою працювати без необхідності нейтрального провода, що може бути важливо у певних ситуаціях, особливо при встановленні в старих будівлях або місцях, де немає доступу до нейтрального провідника.

Вибір схеми залежить від конкретних умов монтажу та наявності нейтрального провідника на місці розташування модуля.

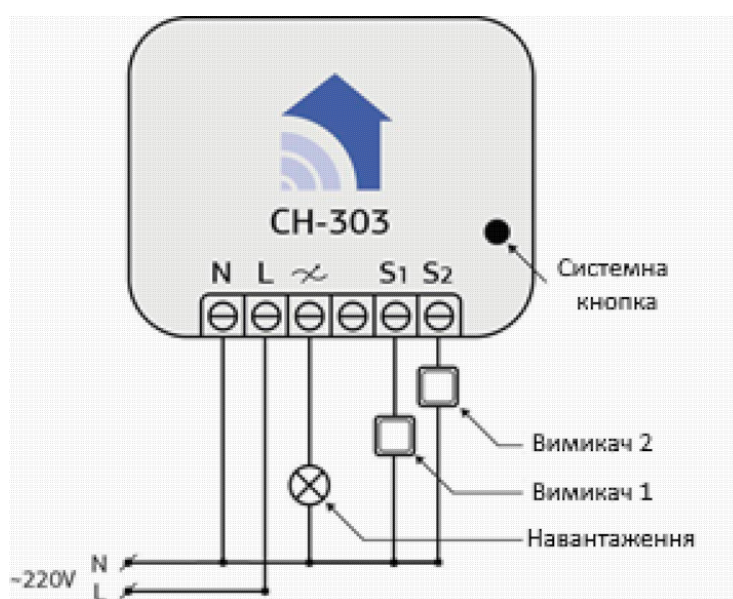


Рисунок 3.7 Схема з нейтральним проводом

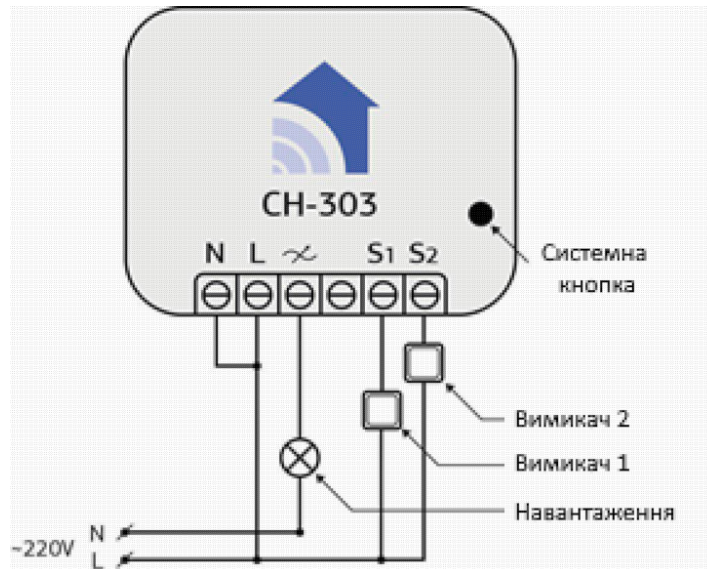


Рисунок 3.8 Схема без нейтрального провода

- N – Нейтральний провід;
- L – Фаза;
- ~ – Вихід на навантаження;
- S1 – Контакт для Вимикача №1;
- S2 – Контакт для Вимикача №2.

Для додавання модуля до мережі спочатку переведіть контролер у режим додавання, а потім підключіть пристрій до електричної мережі. Пристрій буде автоматично доданий до мережі. У випадку, якщо це не сталося автоматично, тричі короткочасно натисніть системну кнопку на верхній кришці пристрою.

Для вилучення модуля з мережі переведіть контролер у режим вилучення та тричі коротко натисніть системну кнопку. Після вилучення модуля всі зміни налаштувань будуть скинуті до заводських значень.

3.2.3 FIBARO Motion Sensor

FIBARO Motion Sensor має наступні технічні характеристики (таб. 3.3)

Таблиця 3.3 - Технічні характеристики FIBARO Motion Sensor

Тип батареї	CR123A, 3.0 В
Відповідність європейським стандартам	
Рекомендована висота встановлення	2.4 метри
Робоча температура	від -20°C до 100°C
Точність виміру температури	0.5°C (в діапазоні 0-
Діапазон вимірюваної освітленості	
Протокол радіозв'язку	
Частота радіопередавача	868,4 МHz у Європі; 908,4 МHz у США; 921,4 МHz в Австралії та Новій Зеландії; 869 МHz у Росії;
Радіус дії	до 50 м на відкритому просторі до 30 м у приміщенні (залежить від приміщення та конструкції будівлі)

Також можемо наглядно побачити конструкцію FIBARO Motion Sensor (Рис. 3.9) та зону детектування (Рис. 3.10).



Рисунок 3.9 Конструкція FIBARO MOTION SENSOR

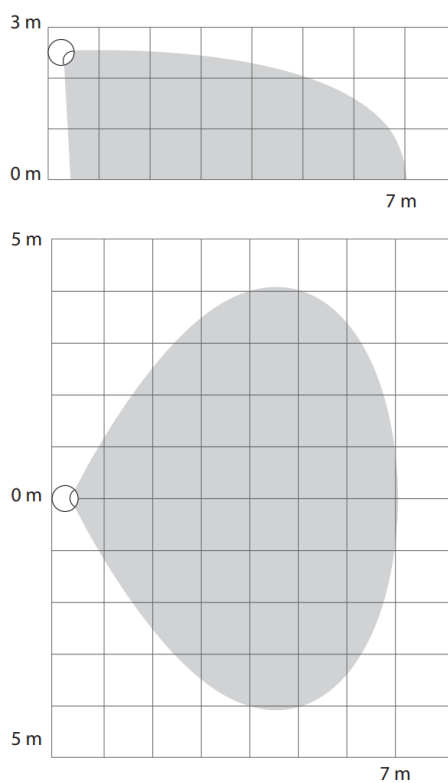


Рисунок 3.10 Зона детектування FIBARO MOTION SENSOR

Для включення Fibaro Motion Sensor до мережі Z-Wave потрібно виконати наступні кроки:

1. Вставте батарею у Fibaro Motion Sensor та розмістіть пристрій у прямій видимості від головного контролера.
 2. Переведіть головний контролер у режим увімкнення.
 3. Швидко тричі натисніть головну кнопку - світлодіод засвітиться блакитним.
 4. Fibaro Motion Sensor виявиться і включиться в мережу Z-Wave.
 5. Дочекайтеся завершення налаштування датчика головним контролером.
 6. Під час налаштування датчик може перейти в режим сну, для виходу потрібно тричі натиснути головну кнопку.
 7. Світлодіод засвітиться блакитним, коли датчик вийде з режиму сну. Дочекайтеся завершення налаштування датчика головним контролером.
 8. При необхідності повторіть крок 6 - пробудження.
- Для виключення з мережі Z-Wave виконайте такі кроки:
1. Переконайтеся, що батарея встановлена в датчик.
 2. Переведіть головний контролер у режим виключення.
 3. Тричі натисніть головну кнопку, розташовану всередині корпусу датчика.
 4. Світлодіод засвітиться блакитним, підтверджуючи успішне виключення.

3.3 Приклад використання

3.3.1 Сценарій освітлення

Додамо елементи, які будуть керувати освітленням у сценарії. Виберемо диммер СН-303 для керування яскравістю світла і мультисенсор FIBARO Motion Sensor FGMS-001 для виявлення руху та вимірювання рівня освітленості.

Налаштуємо відповідні параметри для кожного елемента. Встановимо бажану яскравість світла на диммері та визначимо умови, за яких має відбуватися автоматичне включення або виключення освітлення на основі даних з мультисенсора.

Наприклад, якщо рівень освітлення $< 40\text{lux}$ та розпізнано рух, контролер передає сигнал на диммер, який увімкне лампу на 80% яскравості. Також додаємо сценарій, у якому при тих же умовах буде включатися світлодіодна стрічка. Оскільки ми використовуємо мультисенсор, у якому є датчик температури, можемо регулювати колір світлодіодної стрічки в залежності від температури в кімнаті.

Після створення сценаріїв можна активувати їх вручну через додаток або налаштувати автоматичне спрацьовування за певних умов (наприклад, певний час, день тижня, виявлення руху тощо).

Використовуючи віджет диммера у додатку, ми можемо налаштувати яскравість лампи без додавання нових сценаріїв.

3.3.2 Сценарій протидії проникненню

Оскільки мультисенсор поєднує в собі декілька датчиків, таких як PIR, датчик вібрації, датчик розбиття скла та датчик температури, він також може бути потужним інструментом для протидії проникненню або фіксації проникнення у будинок.

Наприклад, зробимо сценарій, який вмикається з 00:00 до 6:00, і якщо датчик розпізнав рух в цей час, він вмикає сирену на контролері або відправляє сповіщення на додаток власника. Те ж саме можемо додати, якщо спрацьовує датчик розбиття вікна.

Після створення сценарію ми можемо вмикати та вимикати його через віджет за потреби.

3.4 Методика роботи енергоефективної системи розумного будинку

Отже, були розглянуті різні технології та проаналізовані їх характеристики (рисунок 4.1). Для роботи системи розумного будинку була обрана мережа Z-Wave, оскільки у будинку нам не потрібна висока дальність зв'язку. Цей протокол поєднав у собі високу пропускну здатність та енергоефективність, хоча на рисунку 4.1 він має менші показники ніж Zigbee, саме через це він споживає менше енергії ніж інші та має достатні для системи розумного будинку характеристики, а також більш дешеві датчики.

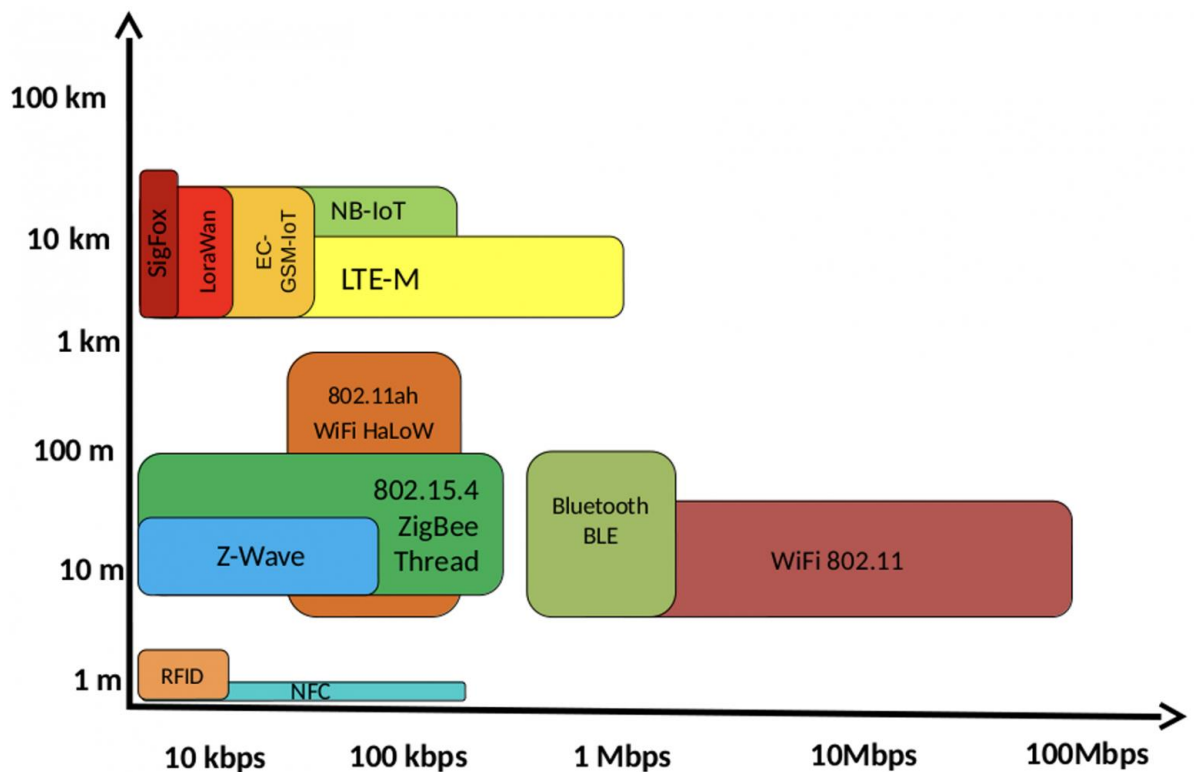


Рисунок 3.11 Залежність швидкості від дистанції

Для створення IoT системи були використані такі пристрої:

Контроллер ConnectHome розміщується в центральному місці будинку для забезпечення максимальної зони покриття. Підключається до електромережі та налаштовується через мобільний додаток або веб-інтерфейс.

Fibaro Motion Sensor встановлюється у місцях, де необхідне автоматичне управління освітленням, наприклад, у коридорах, ванних кімнатах або спальнях.

Димер СН303 підключається до світильників або ламп, якими потрібно керувати.

Далі через додаток ConnectHome додаються пристрої Fibaro Motion Sensor та димер СН303 до мережі Z-Wave, використовуючи режим "включення" на контроллері та активацію кожного пристрою.

Після чого у додатку контролера налаштовується сценарій, за яким буде працювати система: якщо освітлення менше 40 люксів та розпізнано рух – буде вмикатися світло на 80 відсотків яскравості та в залежності від температури буде коригуватися колір.

Загалом, дана система створена для демонстрації покращення енергоефективності, так як був обраний найбільш оптимальний протокол для створення розумного будинку. Запропонована система автоматизації освітлення на базі технології Z-Wave дозволяє значно підвищити енергоефективність будинку, забезпечуючи комфорт та зручність для користувачів.

ВИСНОВКИ

Проведений аналіз різних протоколів бездротового зв'язку для використання в системах розумного будинку надав можливість зробити кілька ключових висновків.

1. Енергоефективність та характеристики:

- Протоколи LPWAN, Z-Wave, LoRaWAN та ZigBee відзначаються високою енергоефективністю та підходять для пристроїв, що працюють на батареях.

- BLE має середній рівень енергоефективності та використовується в невеликих мережах.

- Протокол WiFi відрізняється високою пропускнуою здатністю, але споживає багато енергії.

2. Використання:

- LPWAN та LoRaWAN підходять для різноманітних застосувань, де потрібне широке покриття, наприклад, у аграрній промисловості.

- BLE зазвичай використовується для простих додатків, таких як вимірювачі фізичної активності або віддалені вимикачі світла.

- Z-Wave та ZigBee підходять для різноманітних застосувань у розумному будинку, таких як датчики, вимикачі, термостати тощо.

3. Оптимальний вибір:

- У випадку з системою розумного будинку, де енергоефективність важливіша за інше, оптимальним вибором є протокол Z-Wave.

- Z-Wave володіє високою енергоефективністю та дозволяє підключати широкий спектр пристроїв без перешкод.

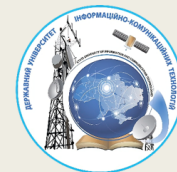
Загалом, вибір протоколу залежить від конкретних вимог проекту та умов використання, проте для системи розумного будинку з високими вимогами до енергоефективності та надійності Z-Wave видається оптимальним варіантом.

Також, у роботі в якості практичного прикладу описано розгортання та налаштування системи розумного освітлення та протидії проникнення.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Aftab M. U. b. Building bluetooth low energy systems. Packt Publishing, 2017. 242 p.
2. Bhende M. S., Wagh S. J., Thakare A. D. Energy optimization protocol design for sensor networks in iot domains. Taylor & Francis Group, 2022.
3. Delsing J. Iot automation. Taylor & Francis Group, 2020.
4. Dufseth R. IEEE 802. 11 b/g/n smartconnect iot module data sheet. Microchip Technology Incorporated, 2017.
5. Is z-wave reliable for iot sensors? / C. Vatheuer et al. *IEEE sensors journal*. 2023. P. 1.
6. Le D.-N., Pal S., Díaz V. G. Iot. Taylor & Francis Group, 2022.
7. Liang Y.-J., 梁育嘉. Energy efficiency multiple access protocol design : thesis. 2007.
8. LPWAN technologies for iot and M2M applications. Elsevier, 2020.
9. Matosevic I. Power optimizations for the MLCA using dynamic voltage scaling. 2006, 2006. 100 p.
10. Paetz D. C. Z-Wave essentials. CreateSpace Independent Publishing Platform, 2018. 310 p.
11. URL: <https://c-home.ua/uk/product/dimmer-ch-303/>.
12. URL: <https://c-home.ua/uk/product/kontroller-dlya-umnogo-doma-butler/>.
13. URL: https://duikt.edu.ua/uploads/p_2626_35882840.pdf.
14. URL: https://duikt.edu.ua/uploads/p_447_53363267.pdf.
15. URL: <https://manuals.fibaro.com/content/manuals/ru/FGMS-001/FGMS-001-RU-A-v1.01.pdf>.
16. URL: <https://www.fibaro.com/ru/products/motion-sensor/>.
17. Zhou Z., Chang Z., Liao H. Green internet of things (iot): energy efficiency perspective. Cham : Springer International Publishing, 2021.
18. ZigBee network protocols and applications / ed. by C. Wang, T. Jiang, Q. Zhang. Auerbach Publications, 2016.

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КАФЕДРА ІНЖЕНЕРІЇ ПРОГРАМНОГО
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ

Кваліфікаційна робота

на тему:

«Розробка системи інтернету речей з низьким енергоспоживанням»

на здобуття освітнього ступеня бакалавра
зі спеціальності 126 Інформаційні системи та технології
освітньо-професійної програми Інформаційні системи та технології

Виконав здобувач вищої освіти, групи ІСД-41
Кирил ЧУГРЕЄВ
Керівник: д.т.н., професор
Вікторія ЖЕБКА

Об'єкт дослідження:

- Розробка системи Інтернету речей.

Предмет дослідження:

- Системи IoT

Мета:

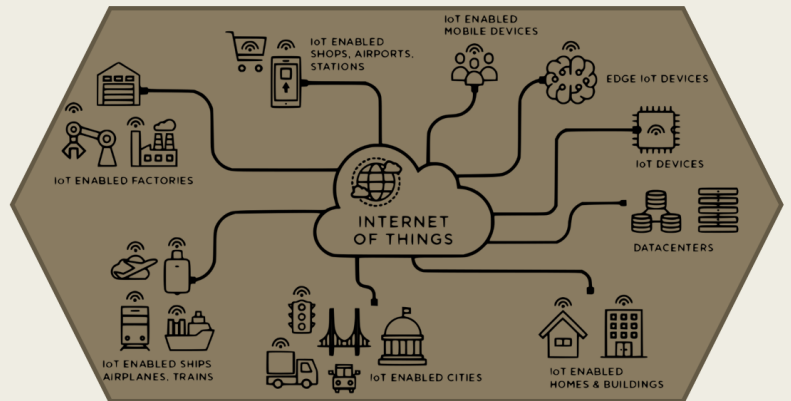
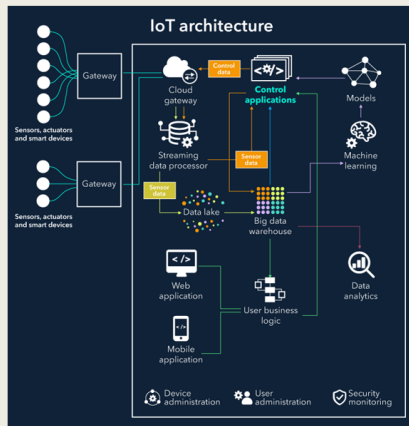
- Аналіз енергоефективності технологій, які використовують для побудови мереж IoT

Завдання дослідження:

- Проаналізувати існуючі IoT системи
- Дослідити енергоефективність технологій IoT
- Розробити систему інтернету речей
- Зробити висновки та рекомендації

IoT

Інтернет речей (IoT) є концепцією, що передбачає підключення різних фізичних об'єктів до Інтернету або локальної мережі. Ці об'єкти можуть бути будь-чим від побутових приладів та автомобілів до промислового устаткування та медичних пристроїв. Ключовою ідеєю є те, що ці об'єкти обладнані різноманітними сенсорами та датчиками, які забезпечують здатність збирати та обмінюватися даними через мережу.



Bluetooth Low Energy (BLE)

Характеристики

- Низьке споживання енергії
- Короткі дистанції передачі: до 100 метрів в відкритому просторі
- Висока швидкість передачі даних

Енергоефективність

- BLE відомий своєю високою енергоефективністю
- Примітивні пристрої можуть працювати на одній батареї протягом років

Використання

- Носима електроніка: фітнес-трекери, смарт-годинники тощо, для зв'язку з смартфонами та іншими пристроями
- IoT пристрої: датчики вологості, температури, контролери освітлення тощо
- Мобільні додатки: для взаємодії з різними пристроями, такими як дрони, принтери, аудіосистеми тощо

Підсумок

- BLE став важливою технологією в сфері бездротового зв'язку через свою енергоефективність та здатність працювати на короткій дистанції. Він використовується у багатьох виробках, які ми щоденно використовуємо, і відіграє ключову роль у розвитку сучасних мобільних технологій та IoT

ZigBee

Характеристики

- Мережева топологія
- Низьке споживання енергії
- Короткі дистанції передачі: призначений для короткодистанційних зв'язків, зазвичай в межах кількох десятків метрів

Енергоефективність

- Zigbee відомий своєю високою енергоефективністю.
- Примітивні пристрої можуть працювати на одній батареї протягом декількох років завдяки ефективному керуванню енергією

Використання

- Системи автоматизації будинку: датчики руху, термостати, освітлення, розетки тощо.
- В сфері промисловості для моніторингу та контролю за різними процесами, вимірювання параметрів середовища, відстеження обладнання тощо

Підсумок

- Зі своєю високою енергоефективністю, надійністю та масштабованістю, Zigbee залишається однією з переважних технологій для розгалужених мереж Інтернету речей та систем автоматизації будинку. Його відкритий стандарт забезпечує сумісність та легкість інтеграції з різними пристроями, що робить його привабливим вибором для розробників та користувачів

Z-Wave

Характеристики

- Мережева топологія:
- Частотний діапазон: працює в радіодіапазоні 800-900 МГц, що робить його менш схильним до перешкод.
- Безпека: Z-Wave має вбудовані механізми безпеки, такі як шифрування трафіку та аутентифікація пристроїв

Енергоефективність

- Z-Wave відомий своєю високою енергоефективністю
- Пристрої можуть працювати на батарейках протягом тривалого часу

Використання

- Автоматизація будинку: розумне освітлення, термостати, датчики руху, розумні розетки та інші пристрої для автоматизації різних аспектів дому.
- Безпека та контроль доступу: для систем безпеки та контролю доступу, для керування дверними замками, відеоспостереженням, датчиками диму та іншими пристроями для забезпечення безпеки дому.

Підсумок

- Z-Wave є популярним вибором для систем розумного будинку завдяки своїй енергоефективності, надійності та безпеці. Він забезпечує стабільну та ефективну роботу пристроїв у розумному будинку, дозволяючи керувати та моніторити житло з будь-якого місця.

Z-Wave

Характеристики

- Мережева топологія:
- Частотний діапазон: працює в радіодіапазоні 800-900 МГц, що робить його менш схильним до перешкод.
- Безпека: Z-Wave має вбудовані механізми безпеки, такі як шифрування трафіку та аутентифікація пристроїв

Енергоефективність

- Z-Wave відомий своєю високою енергоефективністю
- Пристрої можуть працювати на батарейках протягом тривалого часу

Використання

- Автоматизація будинку: розумне освітлення, термостати, датчики руху, розумні розетки та інші пристрої для автоматизації різних аспектів дому.
- Безпека та контроль доступу: для систем безпеки та контролю доступу, для керування дверними замками, відеоспостереженням, датчиками диму та іншими пристроями для забезпечення безпеки дому.

Підсумок

- Z-Wave є популярним вибором для систем розумного будинку завдяки своїй енергоефективності, надійності та безпеці. Він забезпечує стабільну та ефективну роботу пристроїв у розумному будинку, дозволяючи керувати та моніторити житло з будь-якого місця.

LPWAN

Характеристики

- Широка область покриття: десятки кілометрів, навіть у важкодоступних місцях.
- Низька пропускна здатність

Енергоефективність

- Довгий термін служби батареї:
- Протягом років пристрої можуть працювати на одній батареї

Використання

- LPWAN широко використовується в сенсорних мережах та системах моніторингу, таких як системи контролю за середовищем, віддалені вимірні пристрої, системи управління ресурсами тощо
- Також використовують у сільському господарстві для моніторингу умов вирощування рослин та управління поливом

Підсумок

- Загалом, LPWAN відкриває нові можливості для зв'язку та моніторингу в областях, де раніше було складно або дорого встановлювати зв'язок. Їх енергоефективність і дальність зв'язку роблять їх привабливими для широкого спектру застосувань в індустрії Інтернету речей

LoRaWAN

Характеристики

- Дальність зв'язку: до кількох кілометрів в міських умовах і до декількох десятків кілометрів в сільській місцевості.
- Низька пропускна здатність

Енергоефективність

- LoRaWAN демонструє високу енергоефективність
- Пристрої можуть працювати на батареях протягом декількох років

Використання

- Сільське господарство: для моніторингу рівня вологості, температури, рівня води тощо на великих полях
- Управління міським середовищем: для відстеження рівнів сміття, моніторингу заповнення контейнерів для відходів тощо
- Промисловість: для моніторингу та керування виробничими процесами, станом обладнання тощо

Підсумок

- LoRaWAN відомий своєю ефективністю у передачі даних на великі відстані та низьким споживанням енергії, що робить його ідеальним вибором для різноманітних застосувань Інтернету речей, особливо там, де важлива низька вартість обслуговування та довготривала автономність пристроїв

WiFi

Характеристики

- Висока швидкість передачі даних
- Широке охоплення: відстані кількох сотень метрів

Енергоефективність

- Wi-Fi не є найбільш енергоефективним рішенням, особливо для пристроїв з обмеженою живленням, таких як датчики IoT або носима електроніка
- Стандарти Wi-Fi постійно вдосконалюються з метою зменшення споживання енергії

Використання

- Домашні та офісні мережі: є основним засобом бездротового з'єднання для підключення комп'ютерів, смартфонів, планшетів, принтерів та інших пристроїв до Інтернету в домашніх та офісних мережах
- Громадські мережі: багато місць громадського користування, такі як кафе, готелі, аеропорти та торгові центри
- Інтернет речей: використовується для підключення пристроїв Інтернету речей, таких як розумні датчики, камери відеоспостереження, домашні роутери тощо

Підсумок

- Wi-Fi є широко використовуваним та важливим стандартом бездротового зв'язку, який забезпечує високу швидкість передачі даних та широке охоплення. Його застосування розповсюджується від домашніх мереж до громадських просторів та промислових застосувань, забезпечуючи надійний та зручний доступ до Інтернету та мережевих ресурсів

Dynamic Voltage Scaling (DVS) та Dynamic Frequency Scaling (DFS)

Характеристики

- Зміна напруги живлення
- Динамічне регулювання
- Управління температурою

Характеристики

- Зміна частоти процесора
- Динамічне регулювання
- Управління тепловим режимом

Енергоефективність

- DVS демонструє високу енергоефективність
- Зниження напруги живлення зазвичай призводить до зменшення споживання енергії пристроєм

Енергоефективність

- DFS демонструє високу енергоефективність
- Зменшення частоти процесора зазвичай призводить до зменшення споживання енергії пристроєм

Використання

- Мобільні пристрої
- Ноутбуки та ПК
- Вбудовані системи

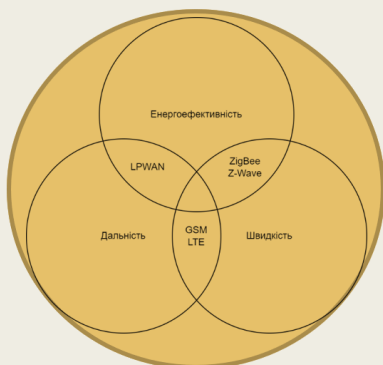
Використання

- Мобільні пристрої
- Ноутбуки та ПК
- Вбудовані системи

Підсумок

Dynamic Voltage Scaling та Dynamic Frequency Scaling є важливими технологіями для оптимізації енергоспоживання в сучасних пристроях. Їх можливість динамічного регулювання частоти процесора дозволяє пристроям ефективно використовувати енергію та підвищує тривалість роботи від акумуляторів

Вибір оптимальних технологій для системи з низьким енергоспоживанням



Будь які технології бездротової передачі даних мають такі характеристики як дальність, швидкість та енергоефективність. Причому одночасно можуть відповідати лише двом із трьох.

Для системи розумного будинку найбільш підходящою виявилась Z-Wave через ряд переваг, а саме:

- Меш-мережа важлива для розумного будинку, де багато пристроїв можуть бути розташовані по всьому простору будівлі.
- Низьке споживання енергії
- Низька складність встановлення
- Низькі витрати на обладнання та енергію
- Середня швидкість передачі
- Популярність даної технології, на ринку оскільки домінуюча більшість пристроїв може підтримувати цю технологію

Технологія	Дальність зв'язку	Споживання енергії	Швидкість передачі	Складність встановлення	Витрати на обладнання	Витрати на енергію
LPWAN	Велика	Дуже низьке	Низька	Висока	Низькі	Низькі
BLE	Середня	Низьке	Середня	Низька	Низькі	Низькі
DVS	Немає	Низьке	Немає	Низька	Високі	Високі
DFS	Немає	Низьке	Немає	Низька	Високі	Високі
LoRaWAN	Велика	Низьке	Низька	Середня	Низькі	Низькі
ZigBee	Середня	Низьке	Середня	Середня	Середні	Низькі
WiFi	Велика	Середнє	Висока	Висока	Високі	Середні
Z-Wave	Середня	Низьке	Середня	Низька	Низькі	Дуже Низькі

Пристрої розумного будинку



Контролер ConnectHome Butler

ConnectHome Butler пропонує широкий спектр функцій, які можна розділити на дві основні категорії:

Можливості розумного будинку: може керувати різними розумними пристроями в будинку, такими як освітлення, термостати, замки та прилади. Ці пристрої можна контролювати за допомогою голосових команд або мобільного додатку.

Функції віртуального помічника: може виконувати різні завдання, такі як встановлення будильників, відтворення музики, прослуховування новин та надання інформації про погоду, трафік та інші теми.



Диммер CH-303

Це модуль диммування, призначений для керування освітленням у розумному будинку. Він використовується для регулювання яскравості ламп розжарювання, галогенних ламп та диммованих світлодіодних ламп.

Регулювання яскравості: Диммер CH-303 дозволяє користувачам плавно регулювати яскравість підключених ламп, створюючи атмосферу, що відповідає їхнім потребам.



FIBARO Motion Sensor

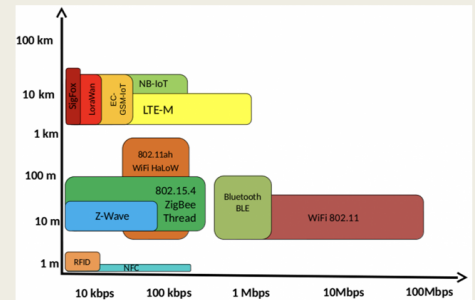
Це багатофункціональний пристрій, призначений для використання в системах розумного будинку.

Він поєднує в собі датчик руху з додатковими функціональними можливостями, такими як датчик температури, датчик освітленості та датчик вібрації, що робить його корисним інструментом для автоматизації, безпеки та моніторингу.

Висновки

Проведений аналіз різних протоколів бездротового зв'язку для використання в системах розумного будинку надав можливість зробити кілька ключових висновків.

1. Енергоефективність та характеристики:
 - Протоколи **LPWAN**, **Z-Wave**, **LoRaWAN** та **ZigBee** відзначаються високою енергоефективністю та підходять для пристроїв, що працюють на батарейках.
 - **BLE** має середній рівень енергоефективності та використовується в невеликих мережах.
 - Протокол **WiFi** відрізняється високою пропускнуою здатністю, але споживає багато енергії.
2. Використання:
 - **LPWAN** та **LoRaWAN** підходять для різноманітних застосувань, де потрібне широке покриття, наприклад, у аграрній промисловості.
 - **BLE** зазвичай використовується для простих додатків, таких як вимірювачі фізичної активності або віддалені вимикачі світла.
 - **Z-Wave** та **ZigBee** підходять для різноманітних застосувань у розумному будинку, таких як датчики, вимикачі, термостати тощо.



Апробація результатів дослідження

1. Чугреєв К.О. «ЗАГАЛЬНИЙ ОГЛЯД ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ІОТ» теза доповіді на I Всеукраїнську науково-технічну конференцію "Технологічні горизонти: дослідження та застосування інформаційних технологій для технологічного прогресу України і світу» - Київ 28 листопада 2023 року
2. Чугреєв К.О. «АНАЛІЗ ВПЛИВУ МЕРЕЖІ LoRaWAN НА ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ З НИЗЬКИМ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯМ» тези доповіді на V Науково-технічну конференцію «Сучасний стан та перспективи розвитку ІоТ» - Київ 18 квітня 2024 року

Дякую за увагу