

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

Магістра

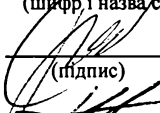
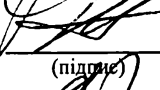
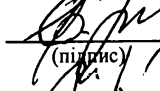
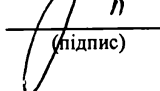
(освітній ступінь)

на тему: **Система оптимізації енергоспоживання для розумного будинку
на основі технології Bluetooth Low Energy**

Виконав: студент (ка) VI курсу, групи Сім-61
спеціальності 123

Комп'ютерна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

	 (підпис)	<u>Кашаев В.Р.</u> (прізвище та ініціали)
Керівник	 (підпис)	<u>Крамар О.І.</u> (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	 (підпис)	<u>Іщенко С.В.</u> (прізвище та ініціали)
Рецензент	 (підпис)	<u>Майчук Д.В.</u> (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Комп'ютерна інформатика шляхи на державні підприємства
Кафедра Комп'ютерна інформатика шляхи на державні підприємства
Освітній ступінь магістр
Напрямок підготовки _____
(шифр і назва)
Спеціальність 123 "Комп'ютерна інформатика"
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Г.С.
Гушківська Г.М.
«30» 03 2019 р.

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Камаров Василь Євгенович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Система оптимізації швидкості виконання задачі розподілу ресурсів на основі алгоритму генетичних алгоритмів

Керівник проекту (роботи) Камаров Олександр Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від «27» 03 2019 року №47-134

2. Термін подання студентом проекту (роботи) липень 2019 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Система оптимізації швидкості виконання задачі розподілу ресурсів на основі алгоритму генетичних алгоритмів

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
- 1. Класифікація задач розподілу ресурсів
 - 2. Розробка алгоритму на основі методу еволюційних алгоритмів
 - 3. Програма реалізації алгоритму оптимізації
 - 4. Обґрунтування ефективності запропонованого алгоритму
 - 5. Робота з тестовими даними та порівняння з іншими методами
 - 6. Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Алгоритми роботи, таблиці, діаграми, графіки, таблиці порівняння результатів роботи алгоритмів, таблиці порівняння швидкості виконання задачі розподілу ресурсів, таблиці порівняння швидкості виконання задачі розподілу ресурсів на основі алгоритму генетичних алгоритмів

АНОТАЦІЯ

Система оптимізації енергоспоживання для розумного будинку на основі технології Bluetooth Low Energy // Дипломна робота // Камаєв Василь Романович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем та програмної інженерії, група СІм-61 // Тернопіль, 2019 // с. – 119, рис. – 50, табл. – 12, додат. – 1, бібліогр. – 27.

Ключові слова: РОЗУМНИЙ БУДИНОК, ДОМАШНЯ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЯ, МОНИТОРИНГ І КОНТРОЛЬ ЕЛЕКТРОПРИЛАДІВ, РОЗУМНІ РОЗЕТКИ, BLUETOOTH LOW ENERGY, RN4020 BLE MODULE, DSPIC33FJ16MC102, NODEJS.

Дана робота присвячена дослідженню Smart Home систем, що базуються на основі різних протоколів бездротового зв'язку, та розробці системи оптимізації енергоспоживання для розумного дому.

У роботі розглядається побудова системи домашньої диспетчеризації на основі новітнього протоколу Bluetooth Low Energy з використанням сучасних технологій. Також пропонується пристрій моніторингу і контролю електроприладами, що є елементом даної системи. Запропоновано архітектуру, що має переваги перед існуючими системи в таких аспектах як надійність, швидкодія, простота розгортання та керування. Система є гнучкою завдяки можливості вибору режимів роботи (автоматичного або ручного) та зміни різноманітних налаштувань, що впливають на роботу алгоритму оптимізації.

В роботі наведено приклади роботи системи в різних режимах та за різних значень налаштувань алгоритму, що складається з сервера, розгорнутого на персональному комп'ютері, та двох розроблених макетних зразків пристроїв моніторингу і контролю.

ABSTRACT

Energy consumption optimization system for a smart house based on Bluetooth Low Energy technology // Master diploma thesis // Kamaiev Vasyl // Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Faculty of Computer Information System and Software Engineering, group CIM-61 // Ternopil, 2019 // p. – 119, fig. – 50, tab. – 12, addit. – 1, bibliography – 27.

Key words: SMART HOME, HOME AUTOMATION, ELECTRICAL APPLIANCES' MONITORING AND CONTROL, SMART SOCKETS, BLUETOOTH LOW ENERGY, RN4020 BT LE MODULE, DSPIC33FJ16MC102, NODEJS.

This thesis is devoted to the study of Smart Home systems based on different wireless communication protocols and development of the household system for power consumption optimization.

In the course of this thesis the implementation of home automation system based on Bluetooth Low Energy protocol and other modern technologies is described. Also device for for monitoring and control of electrical appliance's power consumption is proposed as an element of the described system. Devised system's architecture has advantages over existing available solutions in terms of durability, performance, ease of deployment and support. Proposed system is flexible enough due to ability to switch system mode (automatic or manual) and adjust the optimization algorithm's settings.

System was deployed on laptop computer, integrating two developed working samples of the proposed monitoring and control device. Various scenarios for system's functioning were provided, describing different interaction types depending on current mode and chosen settings' values.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	9
ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ У ПРОТОКОЛАХ ЗВ'ЯЗКУ SMART НОМЕ	12
1.1. Аналіз актуальності роботи	12
1.2. Існуючі рішення. Протоколи зв'язку Smart Home.....	14
1.2.1. Протокол ZigBee.....	18
1.2.2. Wi-Fi.	22
1.2.3. Bluetooth.	25
1.2.4. Bluetooth Low Energy.	28
1.3. Висновки до розділу	31
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ТА ПОБУДОВА МОДЕЛІ КОМУНІКАЦІЇ ДЛЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИМИ ПРИСТРОЯМИ.....	33
2.1. Проектування архітектури інформаційної системи	33
2.1.1. Архітектура безпроводної мережі.....	37
2.2. Вибір апаратного забезпечення	40
2.2.1. Вимоги до пристрою.	40
2.2.2. BLE модуль Microchip RN4020.....	41
2.3. Розробка апаратної частини пристрою	46
2.3.1. Розробка електричної схеми пристрою.	46
2.4. Висновки до розділу	47
РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ.....	49
3.1. Вибір технології та інструментарію	49
3.1.1. MPLAB X IDE.....	49
3.1.2. PICkit3.....	50
3.2. Розробка програмного забезпечення пристрою	52
3.2.1. Fuzzy-based алгоритм.....	52
3.2.2. Програмна реалізація Fuzzy-based алгоритму.....	58

3.3. Розробка програмного комплексу клієнт-серверної частини моніторингу і управління інформаційної системи.	61
3.3.1. Реалізація бази даних.	66
3.3.2. Реалізація користувацького інтерфейсу.	67
3.4. Висновки до розділу.	70
РОЗДІЛ 4 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	71
4.1. Визначення стадій технологічного процесу та загальної тривалості	71
проведення НДР	71
4.2. Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи.....	73
4.3. Розрахунок витрат на електроенергію	77
4.4. Розрахунок витрат на матеріали	77
4.5. Розрахунок суми амортизаційних відрахувань	78
4.6. Обчислення накладних витрат	78
4.7. Складання кошторису витрат та визначення собівартості НДР	79
4.8. Розрахунок ціни НДР.....	79
4.9. Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень.....	80
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	82
5.1. Охорона праці	82
5.2. Заходи щодо попередження утворенню осередків ураження і зон забруднення при виробничих аваріях і катастрофах на підприємствах атомної та хімічної промисловості.	84
5.2.1. Попередження аварій на підприємствах атомної промисловості.	85
5.2.2. Попередження аварій на підприємствах хімічної промисловості.	90
5.3. Застосування допустимих доз опромінення та рівнів радіаційного забруднення для безпечного проживання населення та функціонування суб'єктів господарювання.	94
РОЗДІЛ 6 ЕКОЛОГІЯ	101
6.1. Отримання енергії за рахунок альтернативних джерел	101
6.2. Методика дослідження джерел забруднення промислових підприємств.	103

ВИСНОВКИ.....	108
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	110
ДОДАТОК А.....	113

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

Bluetooth LE	Bluetooth Low Energy (Bluetooth з низьким енергоспоживанням);
PLC	(Power Line Communication) – використання електромережі для передачі сигналів;
RF	(Radio Frequency) – радіочастоти;
Smart Switch	розумна розетка, пристрій для моніторингу та контролю електроприладів;
Smart Dispatcher	сервер, що збирає дані від Smart Switch пристроїв та на їх основі підтримує/змінює конфігурацію системи для зменшення небажаних витрат електроенергії та уникнення аварійних ситуацій;
Smart Grid	електрична мережа, яка включає в себе різноманітні оперативні та енергозберігаючі заходи, такі як розумні лічильники, відновлювані джерела енергії та ресурси забезпечення енергоефективності;
Self-healing	властивість мережі самовідновлюватися у випадку обриву основних зв'язків шляхом вибору інших маршрутів;
ВДЕ	відновлювані джерела енергії.

ВСТУП

Актуальність теми. Технологічна експансія з кожним днем наближається до свого апогею. Відтепер побудова екосистеми у розумному будинку являє собою одну із найперспективніших галузей на ринку побутової електроніки. На даний момент перед кожним виробником подібних девайсів та систем стоїть питання їх автономності та енергоефективності, адже такі пристрої повинні бути відмовостійкими і надійними а це можливо лише у випадку надійності мережевого з'єднання при мінімальному енергоспоживанні. Рішенням даних проблем може бути система побудована на базі технології Bluetooth Low Energy.

Споживаючи менше енергії, технологія Bluetooth з низьким енергоспоживанням запропонує тривале забезпечення зв'язку і з'єднання маленьких пристроїв типу датчиків і мобільних пристроїв в межах персональних мереж

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є побудова системи оптимізації енергоспоживання для розумного будинку на основі протоколу зв'язку Bluetooth Low Energy, а саме дві її основні складові:

- Smart Switch – розумна розетка з модулем Bluetooth LE, що відправляє дані про споживаний/генерований струм та напругу підключеного до неї електроприладу, поточну температуру, дозволяє здійснювати його комутацію за керуючим сигналом;

- Smart Dispatcher – сервер для комп'ютера, що забезпечує автоматизоване управління системою у з наступними функціями: збирає дані від усіх пристроїв системи; надає можливість користувачу переглядати статистику роботи електроприладів; надає можливість в ручному режимі підключати/відключати їх від електромережі; на основі отриманих даних в автоматичному режимі приймає рішення про комутацію електроприладів за наступними показниками, значення яких встановлюються користувачем у додатку: відключення приладу від мережі у разі отримання від нього даних про підвищену температуру; відключення приладу від мережі у разі аномальної зміни струму; відключення приладів у разі перевищення встановленого ліміту загальної

споживаної потужності домогосподарства; відключення/підключення приладу від електромережі в залежності від встановленого для нього добового графіку роботи.

Об'єкт дослідження – програмно апаратний комплекс системи контролю та оптимізації споживання електроенергії.

Предметом дослідження є методи, підходи, програмні та апаратні засоби щодо побудови мережі пристроїв з метою контролю енергоспоживанням у розумному будинку.

Наукова новизна одержаних результатів. Під час розв'язання поставленої наукової задачі автором були отримані такі нові наукові результати:

- представлені експериментальні результати та запропоновано міру оптимізованого інтервалу сну, який врівноважує споживання енергії;
- розроблено концепцію мережевої комунікації та архітектуру пристрою для оптимізації енергоспоживання у розумному будинку;
- вперше запропоновано fuzzy-based алгоритм, який відстежує та контролює електроприлади в розумному будинку, плануючи зручний час для них.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблено програмно-апаратний комплекс, який дозволяє ефективно керувати та оптимізувати енергоспоживання у розумному будинку.

Публікації. Результати роботи апробовано на VIII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» м. Тернопіль 27-28 листопада 2019 року та VII науковотехнічна конференція «Інформаційні моделі, системи та технології» м. Тернопіль 11-12 грудня 2019 року.

Структура роботи. Робота складається з пояснювальної записки та графічної частини. Пояснювальна записка складається із вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел та додатку. Обсяг роботи: пояснювальна записка – 110 аркушів формату А4.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ У ПРОТОКОЛАХ ЗВ'ЯЗКУ SMART HOME

1.1. Аналіз актуальності роботи

Кількість електроприладів в домогосподарстві невпинно збільшується. Загальна їх потужність може сягати позначки у 15 кВт [1]. В той же час, пропускна здатність мережі обмежена і зазвичай не перевищує 10 кВт [2]. Тобто, при одночасному підключенні більшої частини електроприладів відбувається аварійне відключення домогосподарства від мережі. Більше того, споживання електроенергії в домогосподарствах нерівномірно розподілене протягом доби. Ця проблема призводить до дисбалансу в державній енергосистемі, необхідності маневрування генерованими потужностями (будівництво нових ГАЕС, регулювання потужності існуючих ТЕС та ГЕС) а також до відключень великих споживачів у пікових режимах, в результаті - зниження ефективності і надійності всієї енергосистеми, мільярдні витрати для держави, приватних виробників і споживачів. Для того, щоб стимулювати часткове збалансування енергоспоживання в домогосподарствах, державою вводяться багатозонні тарифи електроенергії (двизонні та тризонні). Проте у домогосподарстві неможливо використати цей стимул у повній мірі без простої та надійної Smart Home системи, що дозволила б автоматизовано керувати електроприладами в залежності від поточного стану домашньої енергосистеми.

На сьогоднішній день з'являється величезна кількість засобів контролю та моніторингу роботи побутових пристроїв, таких як розумні розетки, розумні лічильники та інші. Однак вони не мають системного підходу до розв'язання описаних вище проблем: рішення про включення/відключення конкретного електроприладу найчастіше приймається користувачем в ручному режимі, не надається можливостей для автоматизованої підтримки надійної роботи енергосистеми домогосподарства у випадку високого рівня навантаження.

Також існуючі Smart Home системи в більшості випадків потребують додаткового мережевого обладнання, такого як шлюзи, маршрутизатори тощо, що вносить додаткові вразливості, зменшує надійність.

Крім того, у рамках четвертого (Зимового) енергопакету ЄС до 2030 року доля домогосподарств та кооперативів, що будуть учасниками енергоринку відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) досягне 50% від всього населення ЄС, а їх загальний внесок у виробництво електроенергії складе майже 20%. При цьому передбачено збільшення частки відновлюваної енергетики у загальному виробництві до 50%. Одним з важливих елементів нової енергетичної політики в Європі є енергокооперативи - об'єднання громадян, підприємств і організацій, метою яких є, як правило, реалізація різних локальних проектів в сфері ВДЕ. Найчастіше такі об'єднання спрямовують свої зусилля на децентралізоване, екологічне та незалежне від компаній і концернів виробництво енергії.

Згідно Зимового енергопакету, енергокооперативи отримають переваги повноцінного підключення до електромережі на рівних з іншими учасниками ринку. Вони зможуть більш ефективно продавати вироблену електроенергію споживачам в різних регіонах на прозорих умовах в необхідних кількостях. Така політика буде грати на руку споживачеві, захищаючи його, і дозволяючи йому повністю контролювати своє споживання енергії та її постачання.

При цьому споживачі, які виробляють електроенергію з відновлюваних джерел енергії для власних потреб, зможуть продавати надлишки електроенергії без втрати своїх прав як споживачів. Приватна особа зможе поставляти до 10 МВт, а юридична - до 500 МВт без набуття статусу постачальника [3].

Україна зволікає з виконанням своїх зобов'язань, взятих на себе в рамках ще Третього енергопакету, чим викликає критику з боку своїх партнерів в ЄС. На альтернативні джерела в загальному обсязі виробництва енергії як і раніше доводиться частка трохи більше 1% (частина ВДЕ, сонячна і вітрова генерація, були втрачені в Криму). Проте, наша країна цілком може декларувати прихильність ідеям, зафіксованим в Зимовому пакеті. Тим більше, що в рамках пропозицій Зимового енергопакету ЄС має намір посилити енергетичну співпрацю зі своїми східними сусідами в сфері енергоефективності.

У контексті нових енергетичних правил в Європі, які можуть стати реальністю через кілька років, в Україні істотно можуть зміцнитися дрібні і середні виробники електроенергії з ВДЕ. Вже на даний момент в нашій країні на ринку ВДЕ працює понад 200 компаній. З масовою появою енергокооперативів (законопроект, який регламентує їх діяльність, вже готується) і прийняттям прозорих правил гри для всіх учасників ринку відповідно до Зимового енергопакету, український споживач зміг би відчутно поліпшення якості послуг в енергетичній сфері. Крім того, з 2016 року європейські банки все активніше видають кредити для створення потужностей ВДЕ в Україні. Особливим фактором є український «зелений тариф», один з найвищих в Європі, який може бути знижений лише в 2030 році.

Разом з тим при реалізації планів Зимового енергопакету виникають нові проблеми пов'язані зі стійкістю локальних енергосистем у кооперативах та загальної енергосистеми при великій кількості генераторів і споживачів, що практично не контролюються диспетчерською службою енергосистеми. Необхідно забезпечувати баланс генерації-споживання електроенергії, а для цього потрібно мати можливість моніторингу стану споживачів та генераторів, їх комутації у разі необхідності. Така система має бути бездротовою, захищеною від завад та небажаного зовнішнього втручання, надійною, енергоефективною, мати невисоку вартість та можливість керування від комп'ютера, або смартфона.

1.2. Існуючі рішення. Протоколи зв'язку Smart Home.

Розумний дім (Smart Home, Digital House, Home Automation) – будинок або приміщення комерційного призначення (магазин, офіс, будь-яка установа), електроприлади якого функціонально пов'язані між собою. Вони можуть бути під'єднані до комп'ютерної мережі, що дозволяє керувати ними за допомогою ПК та надає віддалений доступ до них через Інтернет. Завдяки інтеграції інформаційних технологій у домашні умови, усі системи та прилади узгоджують виконання функцій між собою, порівнюючи задані програми та зовнішні показники.

Розумний дім створюється за допомогою професійного проектування та програмування компаніями, що займаються розробкою проектів smart-home. Програми, що вводяться до алгоритмів multi-room розумного дому, розраховані на певні потреби мешканців та ситуації, пов'язані із зміною середовища або безпекою. Особливістю smart-home є керування з пульта, на котрому людина може натиснути одну-єдину клавішу з метою створення певної обстановки. При цьому, сама система аналізує навколишню ситуацію та параметри усередині приміщення, та, керуючись власними висновками, виконує задані користувачем команди із відповідними налаштуваннями. Окрім цього, побутові прилади, встановлені у розумному будинку, можуть бути об'єднані у домашню Universal Plug'n'Play-мережу із виходом в Інтернет [4].

Основні сфери застосування розумного дому:

- системи контролю освітлення;
- автоматизований контроль стану системи: збір даних з різноманітних сенсорів для корекції стану системи (контроль температури, вологості, задимленості, витоку газу, води тощо) [5];
- системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря (HVAC, Heating, ventilation and air conditioning): дистанційне керування всіма пристроями-споживачами електроенергії через Інтернет за допомогою простого і зручного користувацького інтерфейсу [6];
- інтеграція побутових приладів зі Smart Grid, з метою, наприклад, використання електроенергії, генерованої сонячними панелями в середині дня, щоб запустити пральну машину [7];
- система безпеки, інтегрована з системою автоматизації будинку може надавати додаткові послуги, такі як дистанційний доступ до записів камер відеоспостереження через Інтернет, або централізований контроль всіх дверей і вікон [8].

Однак, не зважаючи на актуальність вирішуваних проблем та потенціальну вигоду від використання технологій розумного дому, дана технологія має ряд вагомих недоліків і ризиків. Головними серед них є:

- системи під'єдані до Інтернету є вразливими до стороннього доступу;

– технологія ще досі знаходиться на початкових стадіях формування.

Поширена ситуація, коли користувачі можуть інвестувати в системи, що закидаються виробниками. Так, наприклад, Google у 2014 році придбав компанію, що виробляла систему домашньої автоматизації Revolv Hub, інтегрував її з платформою Nest, а у 2016 році закрити усі сервери компанії [9].

Історично Smart Home системи в основному розповсюджувалися як повністю завершені рішення, де користувач повністю покладається на виробника в усіх аспектах: апаратна частина, протокол зв'язку, центральний сервер та користувацький інтерфейс. Лише нещодавно почали з'являтися системи з відкритим кодом, що можуть бути використані з пропрієтарним апаратним забезпеченням.

Існує широкий спектр спеціалізованих платформ та протоколів, що розроблені саме під побудову локальних мереж для Smart Home систем. Кожен з них, по суті, є окремою мовою. Кожна з цих мов по-різному спілкується з підключеними пристроями та керує ними для виконання певних функцій. Ці протоколи базуються на дротовому підключенні, використовують електромережу, гібридне бездротове підключення або класичне бездротове. На жаль, більшість з цих протоколів не є відкритими. Однак кожен з них має свій API. Короткий опис основних таких протоколів наведено у табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Спеціалізовані протоколи Smart Home

Протокол	Тип передачі	Швидкість передачі	Зауваження
KNX	PLC, RF, вита пара, Ethernet	9,6 кбіт/сек	Стандартизовано на міжнародному рівні (ISO/IEC), Канада (CSA-ISO), Європа (CENELEC/CEN), Китай (GB/T)
Universal Powerline Bus	PLC	480 біт/сек	Технологія 2-сторонньої комунікації, що дозволяє використовувати в якості середовища передачі сигналів існуючу електромережу

Протокол	Тип передачі	Швидкість передачі	Зауваження
Zigbee	RF	20–250 кбіт/сек	Профілі ZigBee засновані на специфікації IEEE 802.15.4, що описує радіо-мережі що працюють на частоті 2.4 ГГц та передають невеликі обсяги даних в будівлях на відстані до 100м
Z-Wave	RF	100 кбіт/сек	Протокол з низьким енергоспоживанням. В Пн. Америці використовується частота 908.42 МГц, інші використовують частоти до 1 ГГц
X10	PLC, RF	20 біт/сек	Система віддаленого контролю для ламп та побутових приладів розроблена на основі X10 Wireless Technology що використовує домашню електромережу для передачі керуючих сигналів

Бачимо, що існує велика кількість різних стандартів та специфікацій, створених саме для застосування у Smart Home. Головними недоліками усіх цих протоколів зв'язку відносно низький рівень сумісності між різними версіями, необхідність наявності шлюзу з мережею типу Wi-Fi для ручного керування системою користувачем [10]. Схематично типову схему інтеграції таких систем наведено на рис. 1.1.

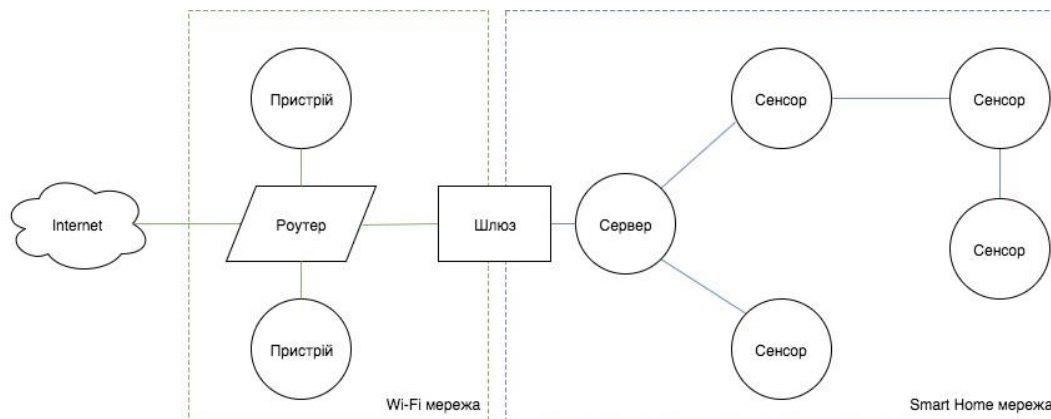


Рис. 1.1. Типова структура Smart Home системи

Крім описаних вище спеціалізованих протоколів іноді використовують такі загально розповсюджені технології, як Wi-Fi або Bluetooth. Їх використання вирішує проблему сумісності та ручного керування системою, спрощує архітектуру системи, проте ставить нові виклики безпеці, енергоспоживанню та надійності. Також важливим моментом є мережеві топології, що підтримуються даними протоколами, оскільки в умовах міської забудови або за умови наявності у будівлі товстих бетонних конструкцій, найбільш розповсюджена топологія “зірка” буде мати значні обмеження за радіусом дії.

Далі в роботі здійснюється детальний опис 3-ох найпопулярніших протоколів зв’язку, на основі яких на сьогоднішній день створюються більшість Smart Home систем: ZigBee, WiFi та Bluetooth, проводиться їх порівняльний аналіз.

1.2.1. Протокол ZigBee. ZigBee — бездротовий стандарт передачі даних. Один з найбільш популярних протоколів, використовуваних у системах Smart Home. Підтримується і розвивається однойменним альянсом ZigBeeTM, який був створений в 2002 році з метою об’єднання зусиль з розроблення найефективніших протоколів і забезпечення сумісності пристроїв різних виробників. В міру удосконалення стандарту, альянс публікує на своєму сайті специфікації стандарту, опис профілів програмного забезпечення та інші нормативні документи.

Мережі ZigBee є мережами з самоорганізуванням та самовідновленням, оскільки ZigBee пристрої при вмиканні живлення, завдяки вбудованому

програмному забезпеченню, вміють самі знаходити один одного й формувати мережу, а у разі виходу з ладу котрогось із вузлів можуть встановлювати нові маршрути для передачі повідомлень.

ZigBee – стандарт для набору високорівневих протоколів зв'язку, що використовують невеликі, малопотужні цифрові приймачі, заснований на стандарті IEEE 802.15.4-2006 для бездротових персональних мереж, таких як, наприклад, бездротові навушники, що з'єднані з мобільними телефонами за допомогою радіохвиль короткохвильового діапазону. Технологія визначається специфікацією ZigBee, яка розроблена з метою бути простішою та дешевшою, ніж інші персональні мережі, такі як Bluetooth. ZigBee призначений для мобільних пристроїв, де необхідна тривала робота від батарей і безпечність передачі даних у мережі.

Альянс ZigBee — є органом, який забезпечує і публікує стандарти ZigBee, він також публікує профілі додатків, що дозволяє OEM-виробникам створювати сумісні продукти. Поточний список профілів додатків, опублікованих, або вже знаходяться в роботі:

- Домашня автоматизація;
- Раціональне використання енергії (ZigBee Smart Energy 1.0/2.0);
- Автоматизація комерційного будівництва;
- Телекомунікаційні програми;
- Персональне та лікарняне спостереження; б) Дистанційне керування.

Відносини між IEEE 802.15.4 і ZigBee подібні до таких, що є між IEEE 802.11 і альянсом Wi-Fi. Специфікація ZigBee 1.0 була ратифікована 14 грудня 2004 і доступна для членів альянсу ZigBee. Порівняно недавно, 30 жовтня 2007 р., була розміщена специфікація ZigBee 2007. Про перший профіль програми — «Домашня автоматизація» ZigBee, було оголошено 2 листопада 2007. ZigBee працює в промислових, наукових і медичних (ISM-діапазон) радіодіапазонах: 868 МГц в Європі, 915 МГц у США та в Австралії, і 2.4 ГГц у більшості країн у світі (під більшістю юрисдикцій країн світу). Як правило, виробники чипів ZigBee, поєднують радіо- й мікроконтролер з розміром Flash-пам'яті від 60К до 128К. Радіомодуль також можна використовувати окремо з будь-яким процесором та

мікроконтролером. Як правило, виробники радіомодулів пропонують також набір програмного забезпечення ZigBee, хоча доступні й інші незалежні стеки. Оскільки ZigBee може активуватися (тобто переходити від режиму сну до активного) за 30 мілісекунд або менше, затримка відгуку пристрою може бути дуже низькою, особливо в порівнянні з Bluetooth, для якого затримка, що утворюється при переході від сплячого режиму до активного, звичайно досягає трьох секунд. Оскільки ZigBee більшу частину часу перебуває в сплячому режимі, рівень споживання енергії може бути дуже низьким, завдяки чому досягається тривала робота від батарей. Перший випуск стека зараз відомий під назвою ZigBee 2004. Другий випуск має назву ZigBee 2006, і, в основному, замінює структуру MSG / KVP, що використовується в ZigBee 2004 разом з «бібліотекою кластерів». Стек 2004 зараз більш-менш вийшов з ужитку. Реалізація ZigBee 2007 в наш час є поточною, вона містить два профілі стека, профіль стека № 1 (який називають просто ZigBee) для домашнього і дрібного комерційного використання, і профіль стека № 2 (який називають ZigBee Pro). ZigBee Pro пропонує більше функцій, таких як ширококомовлення, маршрутизацію за схемою «багато-до-одного» і високу безпеку з використанням симетричного ключа (SKKE), в той час як ZigBee (профіль стека № 1) займає менше місця в оперативній і Flash-пам'яті. Обидва профілі дозволяють розгорнути повномасштабну мережу з комірчастою топологією і працюють зі всіма профілями додатків ZigBee.

Існують три різних типи пристроїв ZigBee:

- Координатор ZigBee (ZC) — найвідповідальніший пристрій, який формує основну топологію дерева мережі і може зв'язуватися з іншими мережами. У кожній мережі має бути хоча б один координатор ZigBee, який повинен запустити мережу на початку. Він має зберігати інформацію про мережі, та виконувати функцію довіреного центра та сховища секретних паролів;
- Маршрутизатор ZigBee (ZR) — даний маршрутизатор може виступати як проміжний маршрутизатор, передаючи дані з інших пристроїв. Він також може запускати додатки;

– Кінцевий пристрій ZigBee (ZED) — його функціональна навантаженість дозволяє йому обмінюватися інформацією з вузлом вищого рівня (координатором або з маршрутизатором), але він не може передавати дані з інших пристроїв. Така функціональність дозволяє вузлу перебувати в сплячому стані левову частину часу, що дозволяє економити енергоресурс батареї. ZED потребує мінімальної кількості пам'яті, й тому може бути дешевшим у виробництві, аніж ZR чи ZC.

Приклад класичної Zig-Bee мережі з інтеграцією з дротовою мережею Ethernet показаний на рис. 1.2.

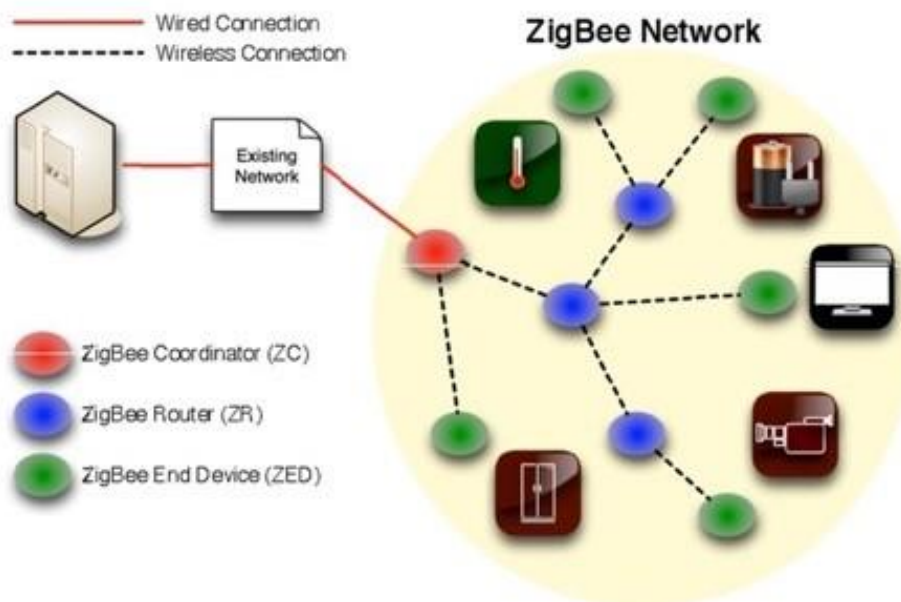


Рис. 1.2. Мережа ZigBee інтегрована з мережею Ethernet [11]

ZigBee 2007 повністю сумісний з пристроями ZigBee 2006. Пристрій ZigBee 2007 може підключатися і працювати з мережею ZigBee 2006, і навпаки. Але у зв'язку з наявністю відмінностей в опціях маршрутизації, пристрої ZigBee Pro можуть бути тільки кінцевими пристроями (ZEDs) мереж ZigBee 2006, і навпаки, пристрої ZigBee 2006 і ZigBee 2007 можуть бути тільки кінцевими пристроями в мережі ZigBee Pro. При цьому додатки, які запускаються на пристроях, працюють однаково, незалежно від реалізації профілю стека [11].

Підсумовуючи, сформулюємо основні переваги і недоліки технології ZigBee.

Переваги:

- низьке енергоспоживання;
- відносно великий радіус дії;
- швидкий вихід зі сплячого режиму (близько 3 мс);
- підтримка різних мережевих топологій, у тому числі мережевої, що здатна виконувати “self-healing” мережі у випадку відключення складових мережі.

Недоліки:

- відсутність ZigBee адаптерів в існуючих комп’ютерах, смартфонах і т.д.;
- необхідність встановлення вартісних адаптерів на сервері або створення шлюзу між ZigBee і Wi-Fi мережею;
- недостатньо високий рівень стандартизації та єдиної програмноапаратної платформи для розробки складних додатків;
- часто занадто мала швидкість передачі даних. Більша частина пакетів витрачається на передачу пакетів, що містять адресну інформацію, пакети синхронізації і т.д. Корисна швидкість передачі складає близько 30 кбіт/сек.

1.2.2. Wi-Fi. Wi-Fi – загальноживана назва для стандарту IEEE 802.11 передачі цифрових потоків даних по радіоканалах. У Smart Home дана технологія використовується рідше у порівнянні з ZigBee, проте має деякі переваги. Поточні реалізації Wi-Fi дозволяють отримати швидкість передачі даних понад 100 Мбіт/с, при цьому користувачі можуть переміщуватися між точками доступу на території покриття мережі Wi-Fi, використовуючи пристрої, оснащені клієнтськими приймально-передавальними пристроями Wi-Fi та отримувати доступ в Інтернет [12]. Структура звичайної Wi-Fi мережі з виходом до Інтернету показана на рис. 1.3.

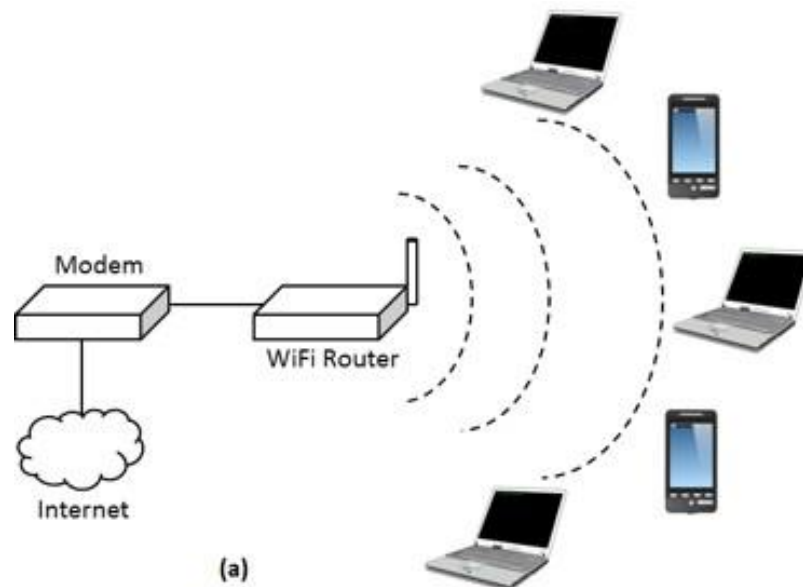


Рис. 1.3. Структурна схема звичайної Wi-Fi мережі [12]

Зазвичай схема Wi-Fi мережі містить не менш однієї точки доступу та може легко масштабуватись. Також можливо підключення двох клієнтів в режимі точка-точка (Ad-hoc), коли точка доступу не використовується, а клієнти з'єднуються за участю мережевих адаптерів «напрямку». Продовженням цього напрямку стала технологія Wi-Fi Direct.

Wi-Fi Direct дозволяє комп'ютерам і портативним гаджетам зв'язуватися один з одним безпосередньо за існуючим протоколом Wi-Fi без використання маршрутизаторів і точок доступу. Тобто з'єднання встановлюється так само просто, як через Bluetooth. Важливим моментом є те, що для організації прямого з'єднання досить, щоб тільки один з пристроїв відповідало стандарту Wi-Fi Direct. Іншими словами, до сертифікованої апаратури може бути підключено будь-яке сучасне обладнання з підтримкою Wi-Fi. Максимальна відстань передачі даних досягає 100 метрів. Організація Wi-Fi Alliance почала сертифікацію бездротових пристроїв відповідно до стандарту Wi-Fi Direct у жовтні 2010 [13]. Можливі типи з'єдань по протоколу Wi-Fi Direct показані на рис. 1.4.



Рис. 1.4. Типи з'єднань Wi-Fi Direct [13]

Точка доступу передає свій ідентифікатор мережі (SSID) з допомогою спеціальних сигнальних пакетів на швидкості 0,1 Мбіт/с кожні 100 мс. Тому 0,1 Мбіт/с — найменша швидкість передачі даних для Wi-Fi. Знаючи SSID мережі, клієнт може з'ясувати, чи можливо підключення до даної точки доступу. При потраплянні в зону дії двох точок доступу з ідентичними SSID приймач може вибирати між ними на основі даних про рівень сигналу. Стандарт Wi-Fi дає клієнту повну свободу при виборі критеріїв для з'єднання.

Наявність Wi-Fi-зон дозволяє користувачу підключитися до точки доступу, а також підтримувати з'єднання декількох комп'ютерів між собою. Дальність передавання інформації залежить від потужності передавача (яка в окремих моделях обладнання регулюється програмно), наявності та характеристики перешкод, типу антени.

Підсумовуючи, сформулюємо основні переваги і недоліки використання технології Wi-Fi у сфері Smart Home.

Переваги:

- Wi-Fi-пристрої широко поширені на ринку. Гарантована сумісність з усіма пристроями, що мають відповідний адаптер;

- можливість роботи пристроїв в Ad-hoc режимі та за стандартом Wi-Fi direct, що не вимагає наявності роутера та модема;
- високий рівень стандартизації. Сумісність між пристроями різних виробників; Недоліки:
 - вище енергоспоживання у порівнянні з такими технологіями як Bluetooth або ZigBee;
 - неможливість конфігурації mesh-топології без додаткових засобів, для цього використовують спеціальні вартісні повторювачі;
 - відносно велика вартість;
 - надлишкова, як для потреб Smart Home, швидкість передачі даних;
 - радіус дії та швидкість передачі залежить лише від потужності маршрутизатора або адаптера клієнта.

1.2.3. Bluetooth. Bluetooth – технологія бездротового зв'язку, створена у 1998 році групою компаній: Ericsson, IBM, Intel, Nokia, Toshiba. В Smart Home дана технологія використовується рідше за Wi-Fi та ZigBee, проте має переваги у вигляді низької вартості, зручної мережевої топології та великої швидкості передачі даних.

Нині розробки в області Bluetooth ведуться групою Bluetooth SIG (Special Interest Group), до якої входять також Lucent, Microsoft та інші компанії, чия діяльність пов'язана з мережевими технологіями. Основне призначення Bluetooth — забезпечення економного (з точки зору споживаного струму) і дешевого радіозв'язку між різноманітними типами електронних пристроїв, таких як мобільні телефони та аксесуари до них, портативні та настільні комп'ютери, принтери та інші. Причому, велике значення приділяється компактності електронних компонентів, що дає можливість застосовувати Bluetooth у малогабаритних пристроях розміром з наручний годинник.

Інтерфейс Bluetooth дає змогу передавати як голос (зі швидкістю 64 Кбіт/с), так і дані. Для передачі даних можуть бути використані асиметричний (721 Кбіт/с в одному напрямку і 57,6 Кбіт/с в іншому) та симетричний (432,6 Кбіт/с в обох напрямках) методи. Працюючи на частоті 2.4 ГГц, прийомопередавач (Bluetooth-

chip) дає змогу встановлювати зв'язок у межах 10 або 100 метрів. Різниця у відстані, безумовно, велика, однак з'єднання в межах 10 метрів дає змогу зберегти низьке енергоспоживання, компактний розмір і досить невисоку вартість компонентів. Так, малопотужний передавач споживає всього 0.3 мА в режимі standby і в середньому 30 мА під час обміну інформацією.

У стандарті Bluetooth передбачене шифрування даних, що передаються з використанням ключа ефективною довжини від 8 до 128 біт і можливістю вибору односторонньої або двосторонньої аутентифікації. Додатково, до шифрування на рівні протоколу, може бути використано шифрування на програмному рівні.

Технологія Bluetooth працює за принципом FHSS (Frequency-hopping spread spectrum). Коротко це можна пояснити так: передавач розбиває дані на пакети і передає їх за псевдовипадковим алгоритмом стрибкоподібної перебудови частоти (1600 разів в секунду), або шаблоном, складеному з 79 підчастот. «Зрозуміти» один одного можуть тільки ті пристрої, які налаштовані на один і той самий шаблон передачі — для сторонніх приладів передана інформація буде звичайним шумом. Основним структурним елементом мережі Bluetooth є так звана «пікомережа» (piconet) — сукупність від 2 до 8 пристроїв, що працюють на одному і тому ж шаблоні. Загальна схема пікомережі наведена на рис. 1.5.

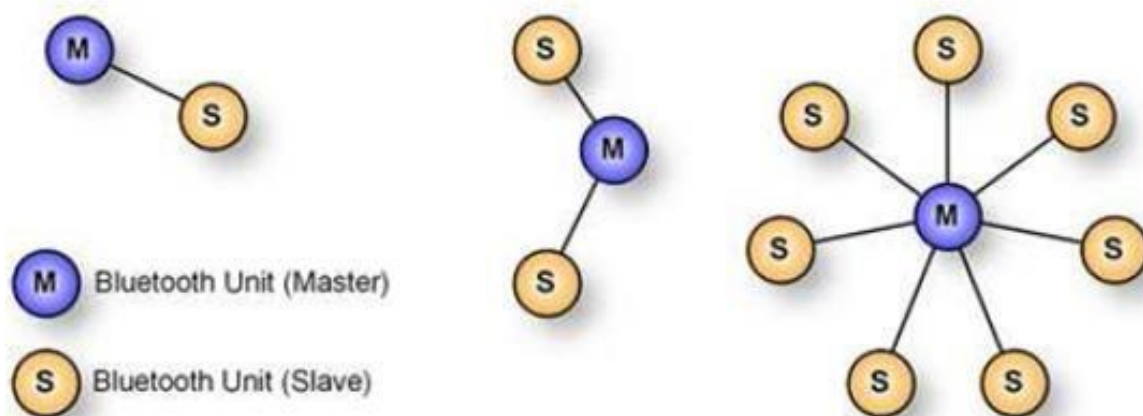


Рис. 1.5. Мережа Bluetooth Piconet [14]

У кожній пікомережі один пристрій працює як активний (master), а інші як пасивні (slave). Активний пристрій визначає шаблон, на якому працюватимуть усі

пасивні пристрої його пікомережі, і синхронізує її роботу. Стандарт Bluetooth передбачає з'єднання незалежних і навіть не синхронізованих між собою пікомереж (до 10) в так звану «scatternet». Для цього кожна пара пікомереж повинна мати як мінімум один спільний пристрій, який буде активним в одній і пасивним в іншій. Таким чином, у межах окремої scatternet з інтерфейсом Bluetooth може бути одночасно пов'язано максимум 71 пристрій, однак ніхто не обмежує застосування пристроїв-гейтів, які використовують той же Internet для більш далекого зв'язку. Загальна схема «scatternet» мережі наведена на рис. 1.6.

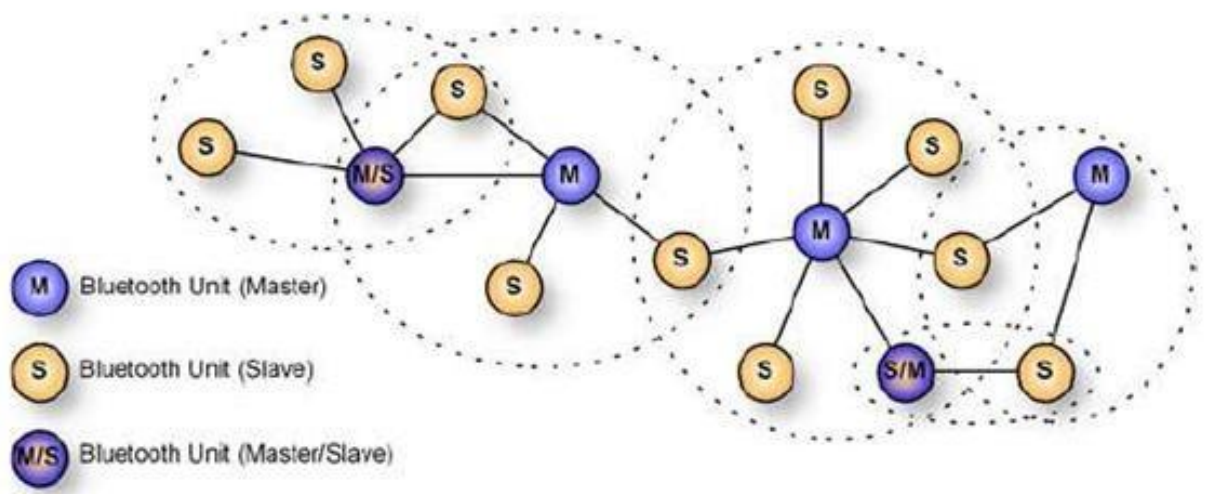


Рис. 1.6. Мережа Bluetooth Scatternet [14]

Ініціалізацією, щодо Bluetooth, прийнято називати процес встановлення зв'язку. Її можна розділити на три етапи:

- генерація ключа K_{init} ;
- генерація ключа зв'язку (він носить назву link key і позначається, як K_{ab});
- аутентифікація.

Перші два пункти входять в так звану процедуру парінга. Парінг - процес зв'язку двох (або більше) пристроїв з метою створення єдиної секретної величини K_{init} . Надалі до передаваних даних застосовується симетричне 128бітне AES шифрування з використанням цього ключа.

Підсумовуючи, сформулюємо основні переваги і недоліки технології Bluetooth.

Переваги:

- високий рівень стандартизації;
- надійна система захисту даних за замовчуванням;
- велике розмаїття модулів Bluetooth під різні задачі;
- невелика вартість;
- наявність адаптерів у більшості гаджетів;
- масштабована архітектура, заснована на принципі “scatternet”;

Недоліки:

- відносно велике енергоспоживання;
- невеликий радіус дії;
- відсутність mesh-топології;

1.2.4. Bluetooth Low Energy. Bluetooth з низьким енергоспоживанням або Bluetooth смарт - технологія цифрової бездротової передачі даних з наднизьким енергоспоживанням, заснована на недорогих мікросхемах в передавальних пристроях. У сфері Smart Home дана технологія знайшла використання лише кілька років тому і на 2017 рік є одним з найбільш перспективних напрямків розвитку IoT та Smart Home.

Інтеграція Bluetooth з низьким енергоспоживанням в специфікацію ядра завершена на початку 2010 року. Першим пристроєм, що включає в себе цю технологію, був iPhone 4S, випущений в жовтні 2011. Інші виробники представили пристрої з Bluetooth Smart Ready в 2012 році.

Споживаючи менше енергії, технологія Bluetooth з низьким енергоспоживанням запропонує тривалий забезпечення зв'язку і з'єднує маленькі пристрої типу датчиків і мобільні пристрої в межах персональних мереж (PAN) [14]. Процес з'єднання в Bluetooth LE зображено на рис. 1.7.

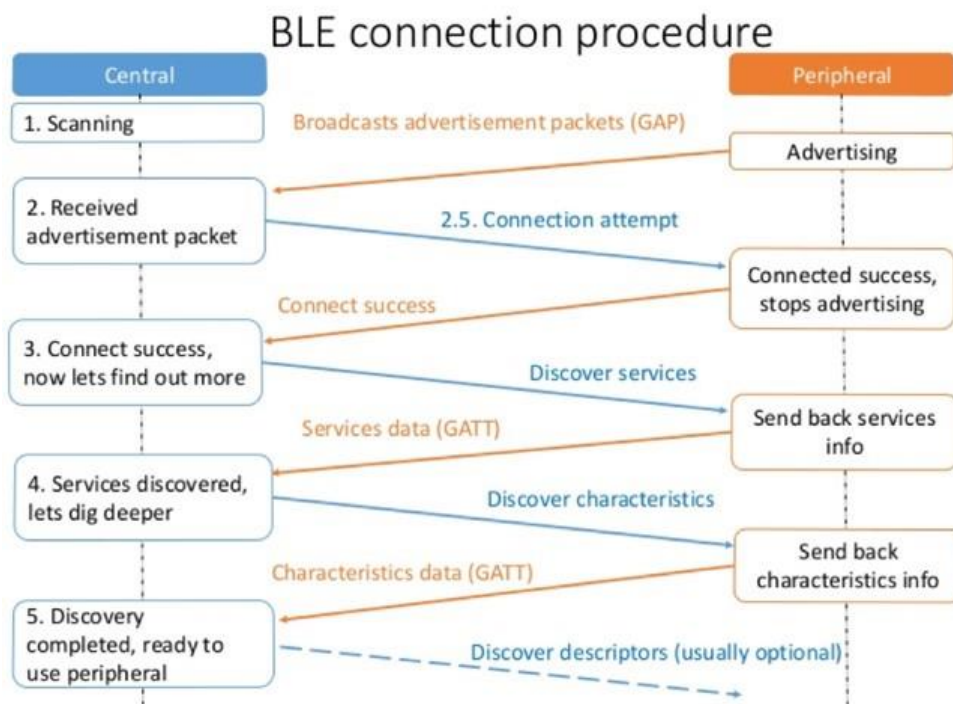


Рис. 1.7. Процес встановлення з'єднання Bluetooth [14]

Специфікація Bluetooth 4.0 (і більш пізні) фактично визначає дві бездротові технології: BR / EDR (класичний Bluetooth, що розвивається, починаючи з першої версії стандарту) і BLE (Bluetooth Low Energy).

Пристрої, в яких застосований BLE, можуть бути як дворежимні BR / EDR / BLE (називаються Bluetooth Smart Ready), сумісні з класичними Bluetooth-пристроями, так і однорежимні BLE (Bluetooth Smart) [15].

Особливості структури цих протоколів показані на рис. 1.8.

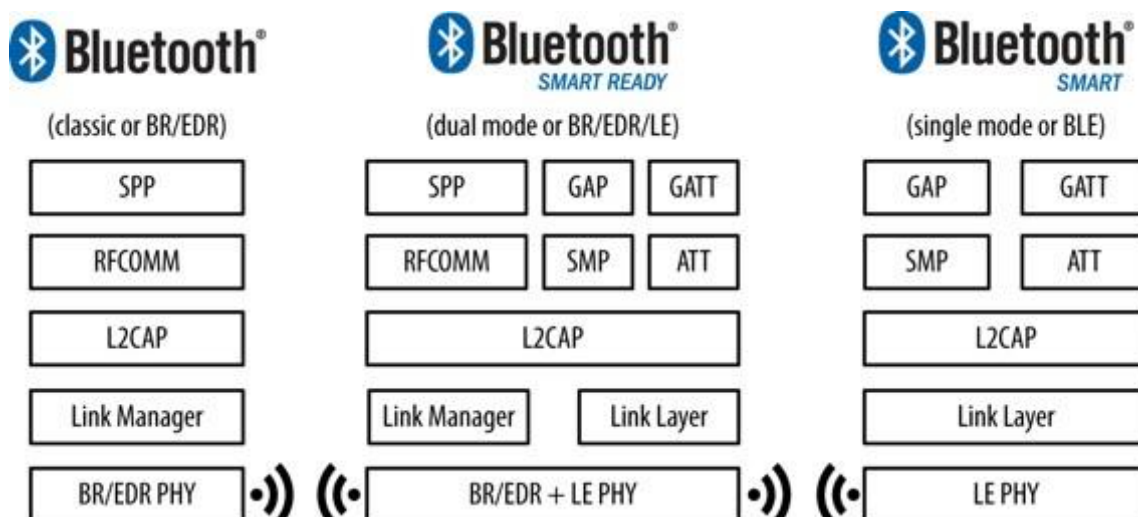


Рис. 1.8. Схема стандартів Bluetooth [14]

Основними блоками Bluetooth-пристроїв є:

- додаток - реалізує корисну для кінцевого користувача логіку роботи;
- головний пристрій, хост - надає верхні рівні стека протоколів

Bluetooth.

Містить наступні протоколи:

- GAP (Generic Access Profile) - профіль загального доступу;
- GATT (Generic Attribute Profile) - профіль загальних атрибутів;
- L2CAP (Logical Link Control and Adaptation Protocol) - протокол

логічного з'єднання і адаптації;

- ATT (Attribute Protocol) - протокол атрибутів;
- SM (Security Manager) - менеджер безпеки;
- HCI (Host Controller Interface) - інтерфейс хост - контролер, частина

на стороні хоста.

Контролер - займається нижніми рівнями Bluetooth. Містить протоколи:

- HCI - інтерфейс хост - контролер з боку контролера;
- LL (Link Layer) - рівень з'єднання;
- PHY - фізичний рівень.

Комерційні продукти зазвичай використовують один з наступних апаратних рішень:

- SoC - однокристальна система, що об'єднує в собі додаток, хост і контролер. Застосовується в компактних недорогих пристроях, таких як датчики;
- Рішення на двох мікросхемах, при якому додаток і хост з'єднані з контролером за допомогою UART, USB, SDIO. Така конфігурація може використовуватися, наприклад, в мобільних пристроях;
- Рішення на двох мікросхемах, в якому додаток з'єднується з пристроєм зв'язку (хост і контролер) за пропрієтарним протоколом.

Наприкінці 2016 року індустріальна група Bluetooth SIG затвердила характеристики нового стандарту Bluetooth 5. Дальність бездротового з'єднання збільшилася на цілих 400%, а швидкість передачі подвоїлася в порівнянні з Bluetooth минулого покоління. Оновлений стандарт також більш стабільний і відрізняється високим ступенем захищеності. Компанія заявила, що Bluetooth 5

націлений на носяться пристрої, індустріальну і домашню автоматизацію, а також корпоративні ринки. Основною і найбільш очікуваною новиною було впровадження підтримки mesh-топології, що дозволить значно збільшити розміри мережі, заснованої на Bluetooth Low Energy [16].

Підсумовуючи, сформулюємо основні переваги і недоліки технології Bluetooth LE.

Переваги:

- високий рівень стандартизації та сумісність між різними протоколами;
- низька вартість;
- ультранизьке енергоспоживання;
- швидкість передачі більше 1 мбіт/сек;
- продуктивність модуля може налаштовуватись в залежності від потреб (збільшення швидкості передачі за рахунок зменшення радіусу дії або навпаки);
- простота з'єднання;
- захищеність зв'язку;
- наявність уніфікованих API для роботи з периферією Bluetooth LE під більшість платформ: Android, iOS, desktop (Java, JS, Python, C++, C#, Ruby та інші);

Недоліки:

- підтримка mesh-топології з'явилася лише в останній версії 5.0 та продовжує перебувати на етапі активної розробки.

1.3. Висновки до розділу

Підсумовуючи, перед Wi-Fi та ZigBee технологіями Bluetooth LE має декілька вагомих переваг:

- можливість конфігурації модулів в залежності від потреб: (збільшення радіусу дії в 2 рази при максимальній швидкості 256 кбіт/сек, або в 4 рази при швидкості 128 кбіт/сек);

- високий рівень стандартизації;
- практично повна зворотна сумісність з попередніми версіями;
- наявність адаптерів у всіх сучасних смартфонах та ноутбуках;
- кількість вузлів у локальній мережі майже ніяк не обмежена (підключення може відбуватися лише у момент передачі даних).

Основні характеристики порівнюваних стандартів зв'язку показані на рис. 1.9.

	ZIGBEE	Bluetooth Low energy	Wi-Fi
Range	10-100 m	>60m (10m for Classic BT)	Depends on specification
Power	Low	Very Low (High for classic BT and medium for others)	High (variable for WiFi Direct)
Entries	254 (>64000 per network)	> 2 Billion > (Classic: 7)	Depends on no. of IP addresses
Latency	Low	3 ms (compared to 100ms in classic BT)	Variable
Self healing	Yes	-	Yes
Topologies	Mesh, Star and Cluster-tree	Star	Star, Point-to-Point
Data transmission rate	Up to 250Kbps	1Mbps (BT v4.0: 25Mbps)	11Mbps & 54Mbps (250 Mbps: WiFi Direct)
Bandwidth	2.4GHz, 915MHz & 868 MHz	2.4 GHz only (BT + HS: 6-9 GHz)	2.4, 3.6 & 5 GHz
Transmission technique	DSSS DS/FA?	Adaptive FHSS (Classic BT: FHSS)	DSSS, CCK & OFDM

Рис. 1.9. Порівняльна характеристика стандартів бездротового зв'язку[15]

Описані вище переваги обумовили вибір Bluetooth Low Energy у якості основи для побудови домашньої системи оптимізації енергоспоживання.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ТА ПОБУДОВА МОДЕЛІ КОМУНІКАЦІЇ ДЛЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИМИ ПРИСТРОЯМИ

2.1. Проектування архітектури інформаційної системи

Архітектура бездротових комунікацій зазвичай складається з датчика короткого діапазону, низької швидкості передачі даних та низької потужності, який використовується для періодичної передачі даних на віддалений концентратор (базову станцію), такий як мобільний телефон або пристрій, що відповідає додатку. В якості прикладів вкажемо прилади для контролю здоров'я та самопочуття, такі як FitBit [1] WiThings [2] та Nike [3]; аксесуари для мобільних телефонів та супутні пристрої, такі як годинник Pebble; а також різні продукти моніторингу та відображення [4]. Крім того, така архітектура застосовується до вузлів датчиків, які використовують енергію з навколишнього середовища, наприклад, радіочастотного зв'язку з вежі стільникового зв'язку. [5] Розробники бездротових пристроїв, перелічених вище, а також дослідники, які бажають отримати щось нове у цьому напрямку, мають безліч протоколів радіозв'язку на вибір. Деякі програми гарантують розробку замовленого протоколу, оптимізованого для мінімізації споживання струму, затримки, часу підключення тощо.

Однак за останнє десятиліття на ринку було створено декілька стандартних протоколів малої потужності, які відповідають багатьом із цих вимог. Популярні стандарти, такі як Bluetooth Low Energy (BLE), ZigBee та Ant також мають цілком реальну перевагу в тому, що споживчі пристрої, такі як мобільні телефони, все більше підтримують їх, забезпечуючи готову поставку відповідних пристроїв-концентраторів. Характер зв'язку між сенсорним вузлом і концентратором має великий вплив на споживану потужність, схема даної комунікація зазначена у рис. 2.1 [14]. На жаль, значна частина літератури, яка порівнює енергоспоживання різних радіостанцій, є або надмірно затеоретизованою та дає лише якісне уявлення про стан справ [6], або наводить узагальнені експериментальні дані [7], з

яких досить важко зробити практичні висновки щодо споживання електроенергії за заданим сценарієм. У цій роботі дано оцінку стандарту низької потужності (BLE). Як показано на рисунку 1, оцінка базується на сценарії циклічного сну, де періодично вузли датчика BLE передає пакет даних такого зчитування датчика на концентратор.

У даній роботі наведено експериментальні результати та запропоновано міру оптимізованого інтервалу сну, який врівноважує споживання енергії та швидкість передачі даних, що може бути корисним практикам, які повинні зробити вибір щодо того, які компоненти радіозв'язку та параметри використовувати в даній системі.

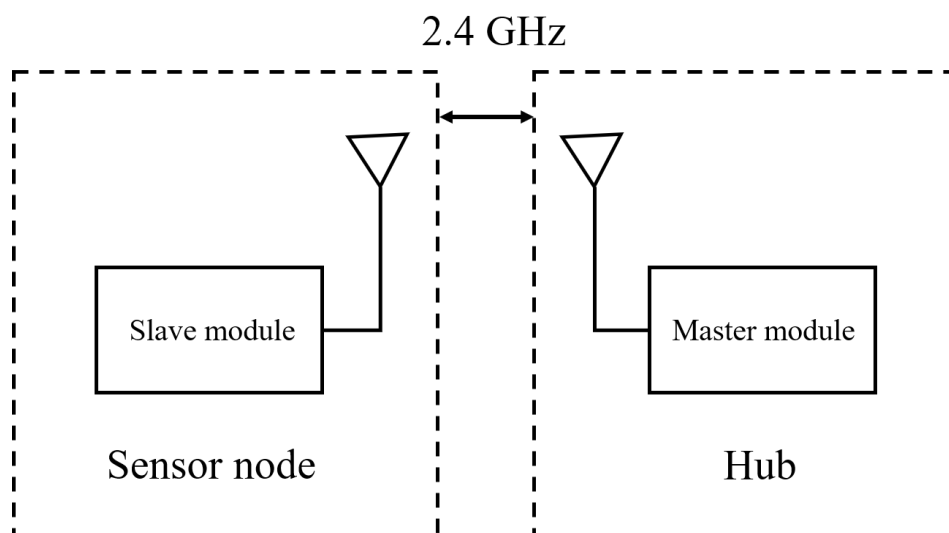


Рис.2.1. Сценарій циклічного сну

Система, запропонована в цій роботі, зображена на рис. 2.2 і складається з різних джерел енергії, запам'ятовуючих пристроїв, електричних приладів, блоку управління та відповідних засобів зв'язку. Цілком зрозуміло, що розумний дім здатний генерувати власну енергію завдяки відновлюваним джерелам енергії, таким як вітрогенератори чи сонячні фотоелектричні панелі, і накопичує цю енергію за допомогою батарей. Необхідно підкреслити, що методологія прогнозування відновлюваних джерел енергії тут не розглядається, оскільки вона не є основною метою цієї роботи. Однак корисно окремо виділити цю важливу можливість у проекті розглянутого розумного будинку.

Насправді, у взаємодії між ЕВС та накопичувальними пристроями ключову роль відіграє «зарядна станція», свого роду інвертор, який перетворює електроенергію постійного струму з відновлюваних джерел енергії або домашню батарею в змінний струм, що використовується домашні вогні, прилади та пристрої. В принципі, може бути використана навіть енергія від лінії високої напруги. Однак цілком зрозуміло, що в житлових та офісних будівлях високу напругу напругу напругу не використовують. З цієї причини для трансформації від високої до низької напруги використовуються трансформаторні станції, розташовані поза будинком.

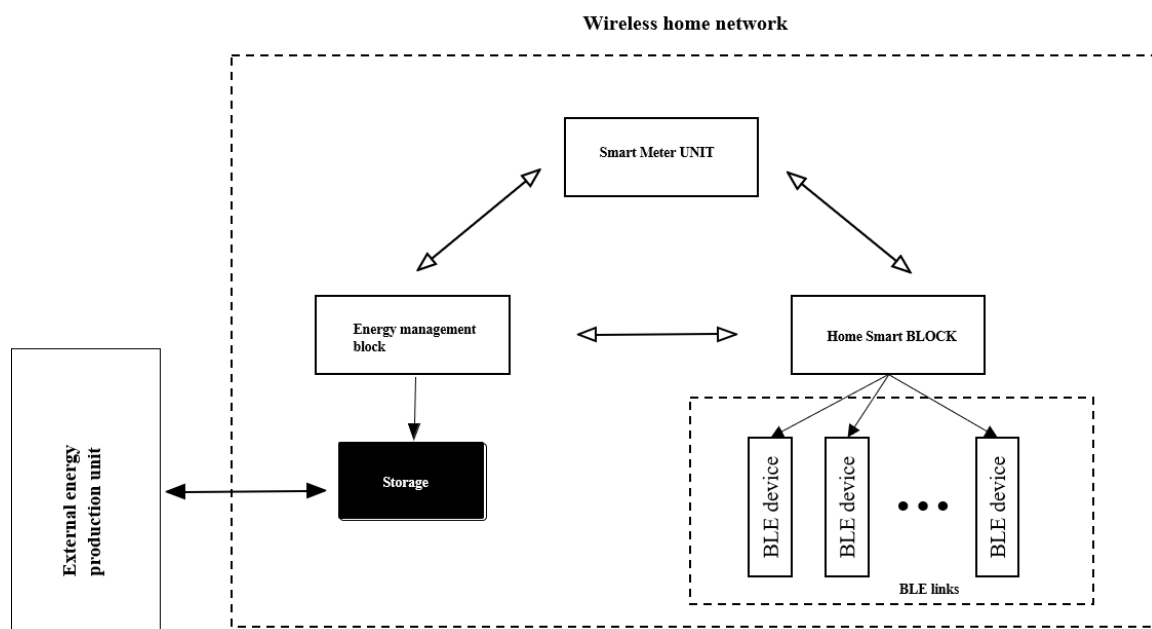


Рис. 2.2. Запропонована система управління енергією для розумних будинків

Запропоноване в цій роботі рішення побутового управління енергоефективністю спрямоване на зниження витрат на споживання електроенергії вдома, зменшення витрат на електроенергію споживача шляхом переміщення роботи приладів з годин пікового попиту на час звичного енергоспоживання. Цілком зрозуміло, що електроприлади, які входять до домашньої системи, можуть використовуватися в різні періоди часу щодня залежно, головним чином, від дня тижня. Але існують суттєві відмінності у часі користування приладами протягом дня, особливо між робочими днями та

вихідними. Наприклад, холодильник може бути активним протягом 25 хв кожні 50 хв через його принцип роботи, і аналогічно, кондиціонер може працювати 15 хвилин кожні півгодини лише в літні місяці.

Система, представлена в даній роботі, показана на рис.2.2, передбачає зв'язок між розумними приладами, центральним ЕМС та WN. Як можна бачити, центр прийняття рішень представлений ЄВС. Споживач може увімкнути будь-який прилад у будь-який момент дня, не враховуючи, що в даний момент може бути пікове енергоспоживання. Запропонований нечіткий алгоритм дозволяє включити прилад або запропонувати споживачеві час, який є більш відповідним для його запуску. Фактично, коли прилад увімкнено, він надсилає запит до ЄВС, який перевіряє наявну накопичену енергію в системі зберігання. Більше того, ЄВС спілкується також зі смарт-лічильником, щоб дізнатися про оновлені ціни в цьому часовому слоті. Коли ЕМУ отримує інформацію про кількість накопиченої енергії, він планує зручний час запуску пристрою відповідно до запропонованого алгоритму на нечіткій основі та повідомляє споживача. На цьому етапі споживач може вирішити, чи приймати графік, запропонований ЄВС, наприклад, часовий проміжок часу падає у години пік або рівень накопиченої енергії недостатній, або ігнорувати її, увімкнувши прилад.

Запропонований підхід не обмежується приладами, які працюють в основному автономно та періодично, наприклад, холодильники, шайби та ін. Насправді запропонований підхід є дійсним та дієвим на всіх побутових пристроях. Для прикладу, розглянемо випадок, де система може запропонувати за допомогою смарт-штекера режим очікування, коли користувач починає сушити волосся після прийому душу, під час підключення та включення фена, завдяки чому користувач може відхилити будь-яку пропозицію щодо планування, оскільки у нього є принципова необхідність використовувати фен в той самий момент; і навпаки -користувач може віддати перевагу залишатися з мокрим волоссям (або висушити його рушником), щоб перенести цикл приладу на години, коли ціни на електроенергію порівняно низькі. Інший висновок можна зробити, якщо вважати біжучий підключений прилад не феном, а, скажімо, пілососом чи праскою, для чого, наприклад, якщо споживач погодиться, можна відкласти його

використання, відповідно до часових термінів, запропонованих алгоритмом. Цим механізмом виконання часу прийняття або відхилення розкладу можна керувати за допомогою розумних штекерів. У цій роботі розумні перемикачі не будуть детально аналізуватися, оскільки головна мета – змодельовати та втілити системно підхід до управління енергією. Вкажемо, що на ринку існує певна множина пристроїв, які дозволяють реалізувати механізм взаємодії між побутовою технікою, який представлений у цій роботі.

2.1.1. Архітектура безпроводної мережі. Bluetooth LowEnergy [8] працює в діапазоні ISM 2,4 ГГц з лише 40 каналами, розміщеними з кроком 2 МГц. Він здатний передавати зі швидкістю 1 Мбіт / с за допомогою модуляції GFSK. Як і Bluetooth Classic, він використовує перестрибування частоти, але застосовує адаптивний стрибок частоти та має меншу швидкість. BLE використовує три з 40 каналів для розповсюдження сигналу (мовлення), що дозволяє виявити пристрій. Після виявлення та підключення пристрою решта 37 каналів використовуються для передачі даних. У пікомережі Bluetooth Classic кожен головний пристрій встановлює послідовність стрибків частоти і може мати до семи підлеглих з'єднань. У BLE немає такого обмеження, і насправді, теоретично, до головного вузла можуть бути підключені сотні пристроїв-"рабів". Відносно короткі відстані передачі між електричними приладами та обмежений обсяг даних, що передаються за певний проміжок часу, можуть розглядатися як інші важливі фактори у процесі вибору протоколу BLE. Корисно зауважити, що дальність радіо BLE може бути оптимізована відповідно до програми. Більшість Bluetooth-пристроїв, представлених сьогодні на ринку, включають базовий 30-футовий (або 10-метровий) діапазон радіо Bluetooth Classic, однак специфікація не обмежується. Завдяки BLE, виробники можуть вибрати оптимізацію дальності до 200 футів (близько 67 метрів) і більше, особливо в домашніх сенсорних додатках, де існує необхідність більшого діапазону.

Запропонована архітектура мережі, показана на рис. 2.3, складається з декількох незалежних бездротових комірок (WC), якими керує головний пристрій BLE, який також виконує функції EMU та інтегрує модуль інтелектуального

вимірювача. Весь WN складається з усіх бездротових комірок, в яких знаходяться польові пристрої (FD), які є пристроями Bluetooth LowEnergy, що займаються конкретним завданням, або пов'язані з побутовою технікою за допомогою розумних штепсельних вилок. Незавжди зробити висновок, що в запропонованій мережевій архітектурі деякі бездротові комірки поведуться як бездротові сенсорні мережі (WSN), оскільки вони можуть постійно контролювати навколишнє середовище з меншими зусиллями людини та мають низьку вартість і низьку потужність. Фактично, за допомогою бездротового зв'язку головний вузол приймає та обробляє дані, виявлені FD, розміщеними всередині WC. Він також дозволяє надсилати команди або системні команди до FD-вузлів. Крім того, бездротові зв'язки дозволяють спілкуватися між мобільними пристроями (такими як смартфони чи планшети) та WC. Як наслідок, люди можуть аутентифікувати себе всередині системи домашньої автоматизації та згодом стежити за даними, виявленими вузлами датчиків, та за потреби надсилати команди.

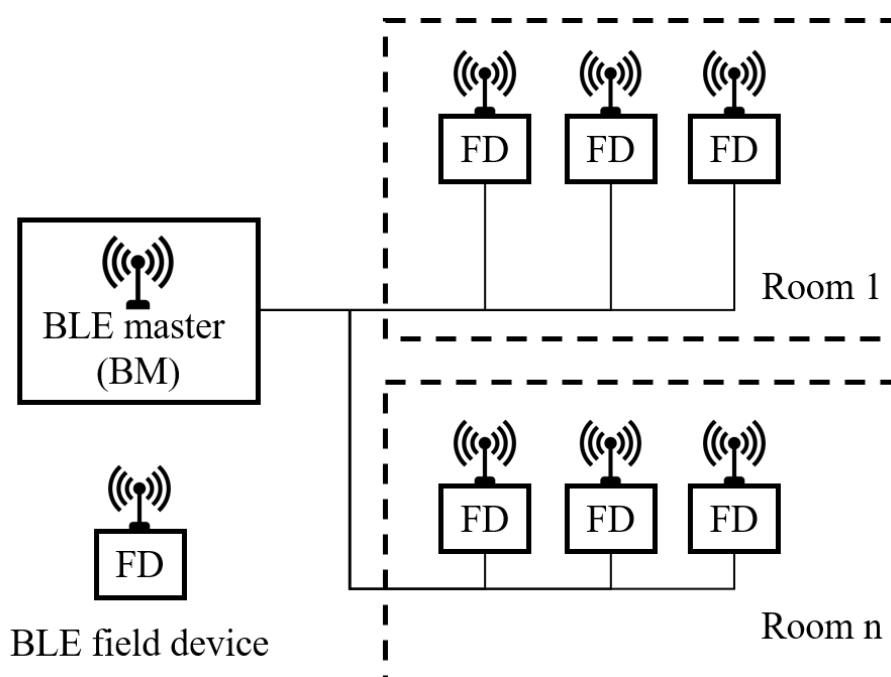


Рис.2.3. Запропонована топологія бездротової мережі на базі BLE

Розглядаючи рис 2.3, корисно оцінити ефекти блокування між BLE-майстром та "підлеглими", через стіни чи перешкоди в приміщеннях. Завдяки змінній модуляції, BLE має приблизно на 3 dB кращий бюджет зв'язку, ніж класичний Bluetooth. Таким чином, блок BLE може запропонувати діапазон 200–

300 м на лінії майданчика без необхідності додаткового підсилювача потужності. В аспектах надійності та надійності важливо мати відповідне розміщення декількох пристроїв, щоб подолати тимчасові перешкод. Однак домашні датчики та пускачі часто потребують діапазону 20–50 м, при цьому не потрібно було б використовувати підсилювачі потужності. Навпаки, враховуючи, що дальність радіо BLE може бути оптимізована відповідно до програми, виробники BLE можуть вибрати оптимізацію дальності, оскільки немає обмеження, встановленого специфікацією BLE.

Пропонована WN передбачає різноманітні випадки використання; з цієї причини нижче наведено можливий перелік застосувань:

- розумна енергія: відтінки вікон, ОВК, центральне опалення тощо можуть контролюватися залежно від інформації, зібраної кількома типами датчиків, які відстежують параметри, такі як температура, вологість, освітлення та присутність користувачів; як наслідок - таким чином можна уникнути зайвої перевитрати енергії.

- розумні лічильники: їх можна використовувати для виявлення піків використання та оповіщення побутових пристроїв, які можуть їх викликати.

- управління освітленням: світло також можна активувати у відповідь на команду з дистанційного керування; окрім того, їх можна вмикати автоматично, коли датчики присутності та освітленості виявляють, що люди перебувають у погано освітленій кімнаті.

- безпека: кілька датчиків, наприклад, детектори диму, датчики розбиття скла та датчики руху, можуть бути встановлені з метою виявлення можливих нештатних ситуацій, які викликають відповідні дії у відповідь.

- дистанційне управління: інфрачервона технологія використовується для бездротового зв'язку між дистанційним керуванням та пристроями, такими як телевізори, обладнання Hi-Fi, а також системи опалення, вентиляції та кондиціонування; однак це вимагає як прямого, так і короткого зв'язку. Тому радіочастотна технологія, заснована на BLE, може подолати ці обмеження, і вона може бути інтегрована в архітектуру домашньої мережі.

2.2. Вибір апаратного забезпечення

2.2.1. Вимоги до пристрою. Пристрій, що розробляється, в першу чергу має на меті керування потоками електроенергії, що споживається самим пристроєм та приладами, до яких він підключений.

Функціонально-технічні вимоги до пристрою:

- пристрій може живитися від стандартної мережі (220 В, 50 Гц);
- для підключення до системного сервера на пристрої повинен бути встановлений модуль Bluetooth LE.
- пристрій повинен мати мікроконтролер, який дозволяє працювати з модулем Bluetooth LE, вимірювати аналогові значення технологічних параметрів (струм, напруга та температура) та перетворювати їх у 10-бітний двійковий код, генеруючи сигнали для включення або вимкнення електричного пристрою;
- Пристрій повинен мати зовнішній оптичний інтерфейс, щоб увімкнути або вимкнути живлення.

На основі вхідних вимог пристрій може бути реалізований за структурною схемою, яка наведена на рис. 2.4.



Рис. 2.4. Структурна схема пристрою

2.2.2. BLE модуль Microchip RN4020. Модуль Microchip OEM RN4020 - це одне з функціональних рішень Bluetooth Smart на ринку. Після ознайомлення з характеристиками та посібником користувача доволі просто розпочати проект з базовими послугами / характеристиками Bluetooth. Для того, щоб допомогти користувачам більш повно використати наявний потенціал цього пристрою, обговоримо тут більш детально перелік розширених функцій модуля RN4020.

На відміну від профілю послідовного порту (SPP) у Bluetooth Classic, технологія Bluetooth з низьким рівнем енергії (BTLE) не визначає загальнодоступний профіль для передачі даних як рішення для заміни кабелю. Microchip визначає власне рішення для потокового передачі даних Microchip Low Energy Profile (MLDP). Під час використання MLDP для передачі даних між двома модулями RN4020 він поводить себе як "чорний ящик", що працює прямо з "коробки". Однак якщо одним кінцем зв'язку не є RN4020, то розроблюваний пристрій повинен мати більше деталей щодо реалізації MLDP.

Модуль низької енергії Bluetooth Microchip RN4020 - це високо інтегроване рішення для забезпечення малопотужних рішень Bluetooth 4.1. Розширений інтерфейс команд пропонує одне з найшвидших з відомих на ринку рішень у передачі даних. Модуль RN4020 відповідає специфікації Bluetooth версії 4.1. Модуль інтегрує RF, контролер базової смуги та процесор командного API, що робить його повноцінним рішенням Bluetooth LowEnergy. RN4020 можна використовувати з мікроконтролером високої обчислювальної спроможності для інтелектуальних додатків, побудованих на базі технології BLE. У простих сенсорних програмах можливості внутрішнього сценарію RN4020 дозволяють реалізовувати основні функції без необхідності використання зовнішнього MCU або інструментів розробки програмного забезпечення.



Рис. 2.5. Модуль Microchip RN4020

Модуль радіочастотного зв'язку з низькою енергією RN4020 Bluetooth інтегрує базову смугу радіозв'язку Bluetooth 4.1, MCU, цифровий аналоговий введення / виведення, бортовий стек та API команд ASCII. На рисунку 2.5 показаний вид модуля зверху. Розріз модуля показаний на рис. 2.6, а опис представлено у таблицях 2.1 та 2.2. На рис 2.7 перераховані всі ключові компоненти модуля.

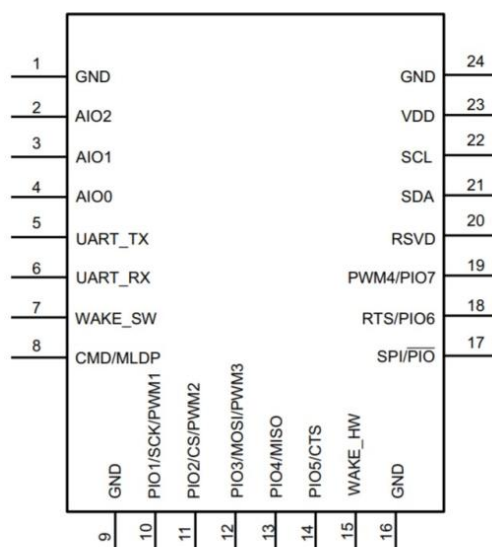


Рис. 2.6. Структурна схема модуля Microchip RN4020

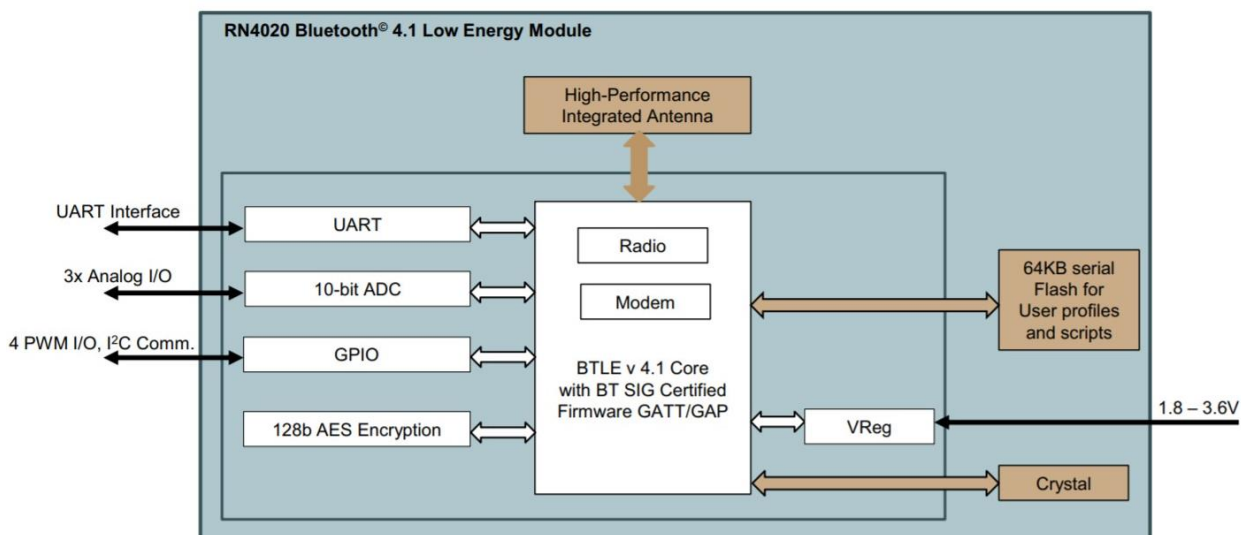


Рис. 2.7. Функціональна схема модуля Microchip RN4020

Таблиця 2.1

Головні технічні характеристики модуля RN4020

Технічні характеристики	Опис
Стандарт	Bluetooth 4.1
Діапазон частот	2.4 ~ 2.48 GHz
Метод модуляції	GFSK
Максимальна швидкість передачі даних	1 Mbps
Антенa	PCB
Інтерфейс	UART, PIO, AIO, SPI
Діапазон роботи	100 meters ⁽¹⁾
Чутливість	-92.5 dBm at 0.1% BER
RF TX потужність	-19.0 dBm to +7.5 dBm
Температура (робоча)	-30°C to +85°C
Температура (зберігання)	-40°C to +85°C
Вологість	10% ~ 90% non-condensing

Поточне споживання

Режим	Типовий струм при 3В
Спокійний	<900 nA
Глибокий сон	<5.0 μ A
Idle	<1.5 mA
TX/RX active	16 mA

На рис. 2.8 показаний інтерфейс між мікроконтролером PIC та модулем RN4020.

Мінімальний інтерфейс складається з ліній UART та WAKE_HW. Це дозволяє мікроконтролеру спілкуватися з модулем RN4020 за допомогою API команд ASCII.

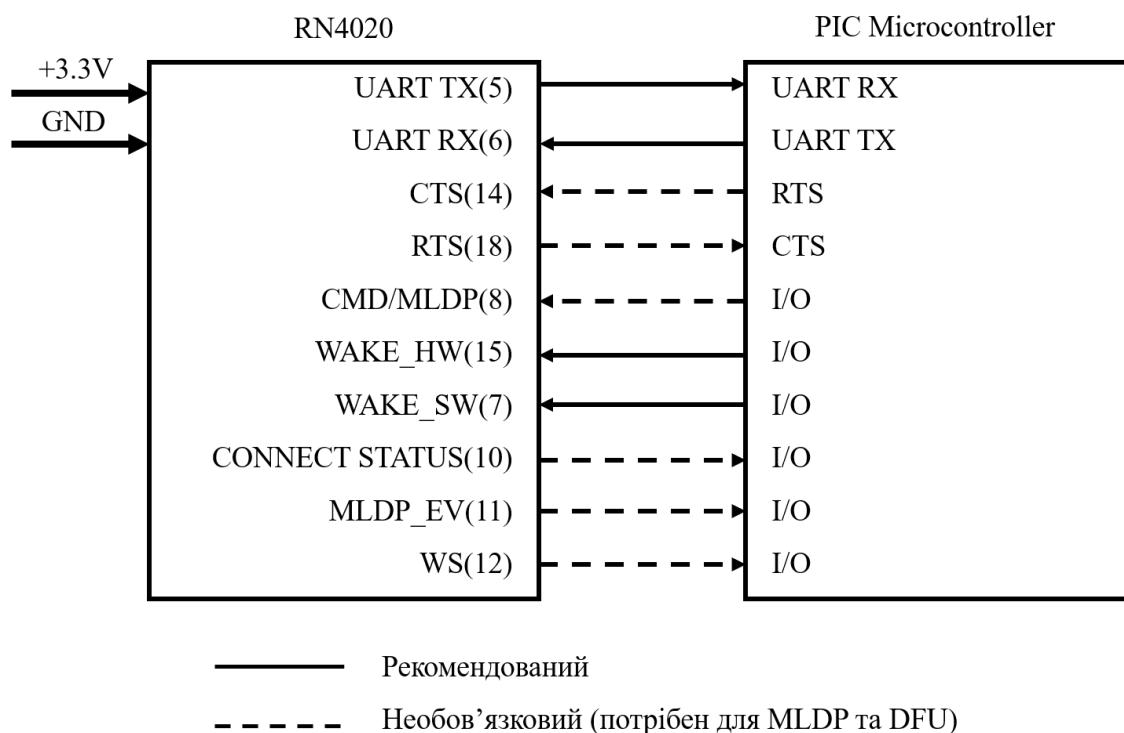


Рис. 2.8. Опис інтерфейсу модуля RN4020

2.2.3. Мікроконтролер Microchip DSPIC33FJ16. Для реалізації необхідного функціоналу був вибраний мікроконтролер компанії Microchip DSPIC33FJ16. Даний контролер дозволяє реалізувати прилад у схемі з одним процесором максимально використовуючи всі переваги сучасних сигнальних процесорів.

На рис. 2.9 наведена схема мікроконтролера DSPIC33FJ16MC102. Даний контролер споживає значно менше енергії, ніж існуючі аналоги, а тому він якнайкраще підходить для вирішення проблеми з оптимізацією споживання електроенергії.

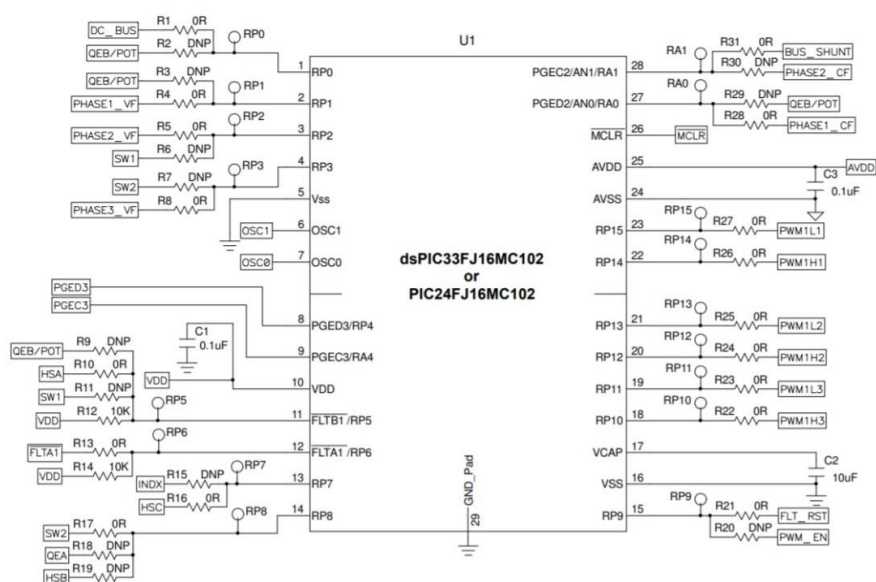


Рис. 2.9. Схема мікроконтролера DSPIC33FJ16MC102

16-бітне сімейство мікроконтролерів та цифрових сигнальних мікроконтролерів Microchip DSPIC33FJ16MC102 забезпечує продуктивність периферійних пристроїв разом із стандартним програмним забезпеченням та інструментами розробки ПЗ. Даний контролер містить 16 регістрів, кожен з яких може зберігати певні дані, адресні зсуви та самі адреси. Сам регістр являє собою Software Stack Pointer (SSP), який обслуговує переривання та виклики. На рис. 2.10 зазначено схему входів/виходів даного контролера та їх позначення.

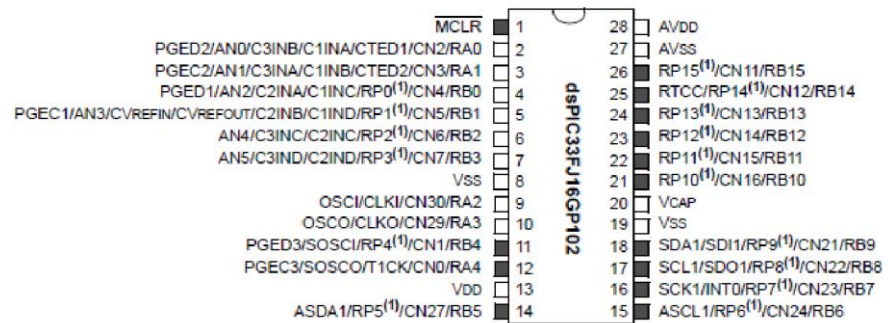


Рис. 2.10. Структурна схема мікроконтролера DSPIC33FJ16MC102

2.3. Розробка апаратної частини пристрою

2.3.1. Розробка електричної схеми пристрою. Дану схему, яка зображена на рис. 2.11, було спроектовано відповідно до базової архітектури пристрою (структурної схеми), зазначеної на рис. 2.4. Також даний прилад включає в себе:

- симетричний оптодіод (MOC3023) для керування навантаженням;
- трансформаторну розв'язку;
- вентильний двигун, який виступає як елемент навантаження.

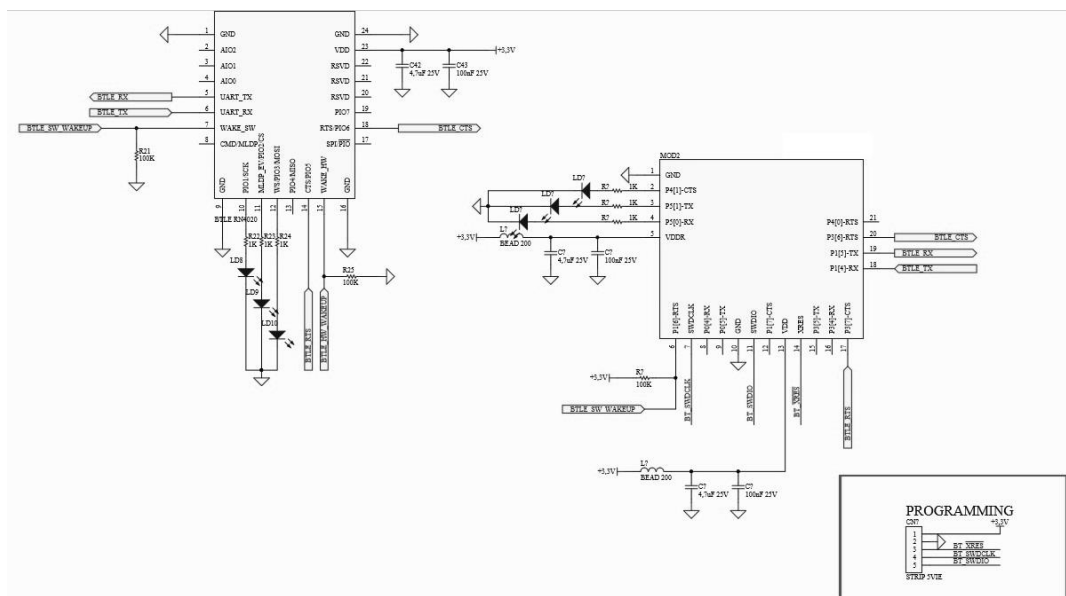


Рис. 2.11. Електрична схема з'єднань модулю RN4020 з мікроконтролером DSPIC33FJ16MC102

На підставі розробленої електричної схеми було спроектовано друковану плату засобами програми PCAD, вигляд проекту даної плати зображено на рис. 2.12.

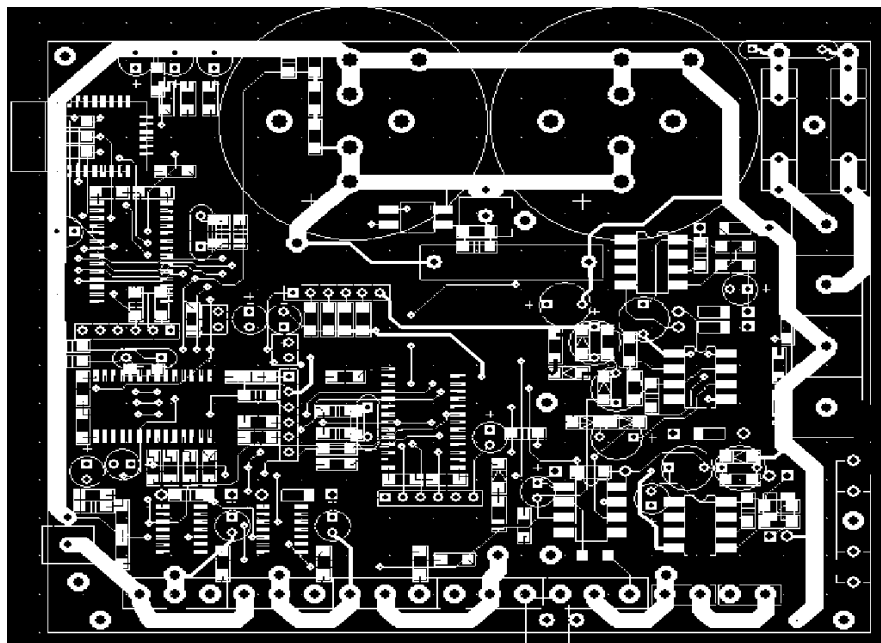


Рис. 2.12. Схема друкованої плати пристрою на базі BLE модуля RN4020

2.4. Висновки до розділу

В даному розділі були детально проаналізовані технічні можливості мережевої комунікації між пристроями, побудованими на базі технології BluetoothLowEnergy та вибрано оптимальний шлях вирішення поставленої задачі.

Розроблено концепцію мережевої комунікації та архітектуру пристрою для оптимізації енергоспоживання у розумному будинку, його функціональну та електричну схеми.

Проведено дослідження існуючого на ринку апаратного забезпечення, на основі якого прийнято рішення щодо використання BLE модуля RN4020 та мікроконтролера DSPIC33FJ16MC102 у зв'язку з їх оптимальними характеристиками енергоспоживання та функціональності, здійснено аналіз їх технічних можливостей.

На основі отриманих даних щодо системних вимог та функціоналу розробки з використанням спеціалізованих засобів спроектовано сам пристрій та друковану плату до нього для керування електроспоживанням у будівлі.

РОЗДІЛ 3

ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

3.1. Вибір технології та інструментарію

Для реалізації поставленої задачі були вибрані наступні інструменти:

- середовище розробки MPLAB X IDE;
- програматор PICkit3.

3.1.1. MPLAB X IDE. MPLAB – це безкоштовне інтегроване середовище розробки для розробки вбудованих додатків на мікроконтролерах PIC та dsPIC і поставляється технологією Microchip. Дана IDE розробляється на платформі NetBeans. MPLAB та MPLAB X підтримують управління проектами, редагування коду, налагодження та програмування мікроконтролерів 8-бітових PIC та AVR мікрочіпів Microchip, 16-бітових мікроконтролерів PIC24 та dsPIC, а також 32-бітових SAM (ARM) та PIC32 (MIPS) мікроконтролерів.

Середовище MPLAB призначене для роботи з сертифікованими MPLAB пристроями, такими як MPLAB ICD 3 та MPLAB REAL ICE, для програмування та налагодження мікроконтролерів PIC за допомогою персонального комп'ютера. Програми розроблені на базі PICKit також підтримуються MPLAB. Також це середовище має підтримку автоматичного генерування коду за допомогою конфігуратора коду MPLAB та плагінів MPLAB Harmony Configurator.

На базі вбудованих мовних інструментів для embedded-систем застосовується "крос-асемблер" або "крос-компілятор". Ці інструменти відрізняються від типових компіляторів тим, що вони працюють на комп'ютері, але генерують код для роботи на іншому мікропроцесорі (або мікроконтролері), приклад компіляції зображено на рис. 3.1.

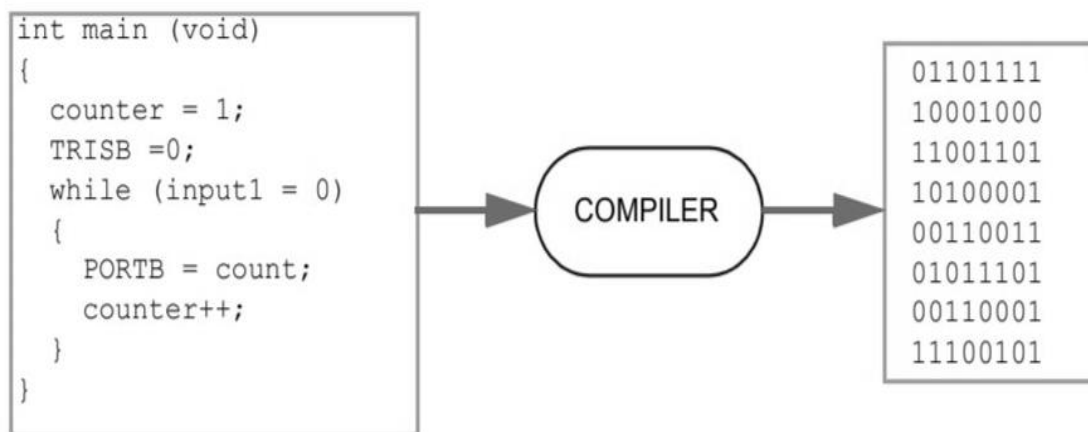


Рис 3.1. Компіляція коду джерела у машинні інструкції[12]

3.1.2. PICkit3. Даний відладчик/програматор PICkit 3, схема якого зображена на рис. 3.2 - це простий, недорогий відладчик в ланцюзі, який керується ПК, що працює на платформі Windows з середовищем розробки MPLAB.

PICkit 3 In-circuit відладчик/програматор - це налагоджувальна система, яка використовується для розробки апаратного та програмного забезпечення з мікроконтролерами Microchip PIC (MCU) та цифровими контролерами цифрових сигналів dsPIC (DSC), які базуються на In-Circuit Serial Programming (ICSP) та вдосконаленому міжпровідному послідовному програмуванні 2-провідних послідовних інтерфейсів.

Особливості PICkit 3:

- Повна швидкість підтримки USB за допомогою стандартних драйверів Windows;
- виконання в режимі реального часу;
- процесори, що працюють на максимальних швидкостях;
- вбудований монітор перенапруги/короткого замикання;
- низька напруга до 5 В (діапазон 1,8-5 В);
- діагностичні світлодіоди (живлення, активність, стан);
- зчитування та запис програми та даних у пам'ять мікроконтролера;
- стирання всіх типів пам'яті (EEPROM, ідентифікатор, конфігурація та програма) з верифікацією;

– периферійна затримка на точці розриву.

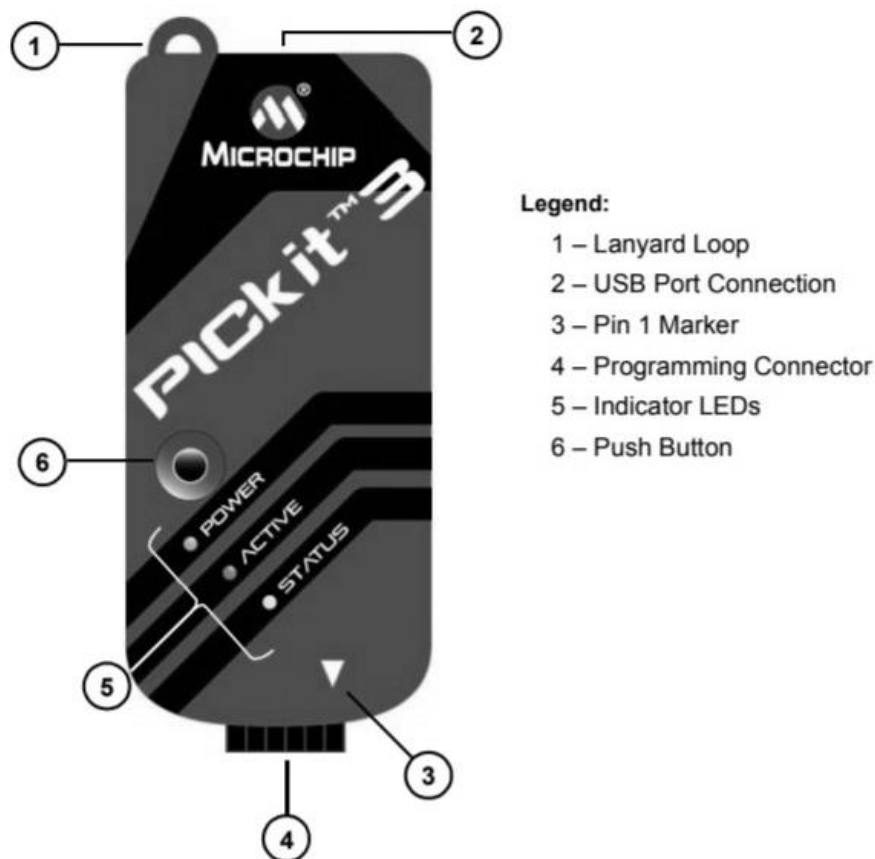


Рис 3.2. Схема відладчика/програматора PICkit3[15]

Для програмного комплексу апаратної частини вибрано мову програмування С.

Мова програмування С - найшвидша у світі високорівнева мова програмування.

Для мови С характерні лаконічність, стандартний набір конструкцій управління потоком виконання, структур даних і великий набір операцій.

Оскільки вона є найпопулярнішою мовою для створення системного програмного забезпечення та прикладних програм доцільність її використання у вирішенні поставленої задачі не викликає жодних сумнівів і не потребує подальшого обґрунтування.

3.2. Розробка програмного забезпечення пристрою

3.2.1. Fuzzy-based алгоритм. Запропонований fuzzy-based алгоритм відстежує та контролює електроприлади в розумному будинку, плануючи зручний час для них. Для того, щоб реалізувати рентабельну операцію, алгоритм управління займається гарантуванням співвідношення попиту та пропозиції, враховуючи нинішню ціну електроенергії та стан системи зберігання енергії. Блок-схема запропонованого алгоритму НЕМ показана на рис 3.3.

Початкова точка представлена моментом часу, в який споживач вмикає прилад (T_{start}). В цей час в ЕРС надсилається відповідний сигнал, щоб повідомити про цю операцію. Згодом ЕРС взаємодіє як зі смарт-лічильником, так і із системою зберігання, щоб знати про ціни на TOU. Як наслідок цього, ЕРС в змозі знати відповідні ціни споживання енергії в той самий момент, а потім може легко перевірити, чи падає поточний час у пікові години. На наступному кроці ЕРС перевіряє, чи час запуску приладу (T_{start}) не перевищує години піку споживання. Якщо так, ЕМУ дозволяє приладу запуснитися негайно; в іншому випадку алгоритм переходить до наступного кроку, оскільки T_{start} знаходиться в години пік. Враховуючи, що навіть резервні пристрої відіграють розумну роль у витратах енергії [29], на наступному кроці ЕРС перевіряє всі пристрої в режимі очікування та вмикає їх усі, незалежно від їх запитів увімкнути.

Згодом ЕРС здійснює зв'язок із локальною системою зберігання енергії, щоб дізнатись про місцеву або накопичену енергію. Як наслідок, якщо в системі зберігання пристрою достатньо енергії, вона запускається негайно, без будь-якої затримки. Навпаки, алгоритм переходить до наступного кроку, де проводиться порівняння між показниками потужності. Насправді, враховуючи, що в запропонованій схемі встановлено порогове значення потужності (P_{thr}), ЕМУ оцінює показник потужності i -го приладу (P_{app}), і для кожного запиту приладу його потужність порівнюється з пороговим значенням (P_{thr}). Якщо $P_{app} \leq P_{thr}$, то прилад можна запустити негайно; в іншому випадку алгоритм переходить до наступного кроку.

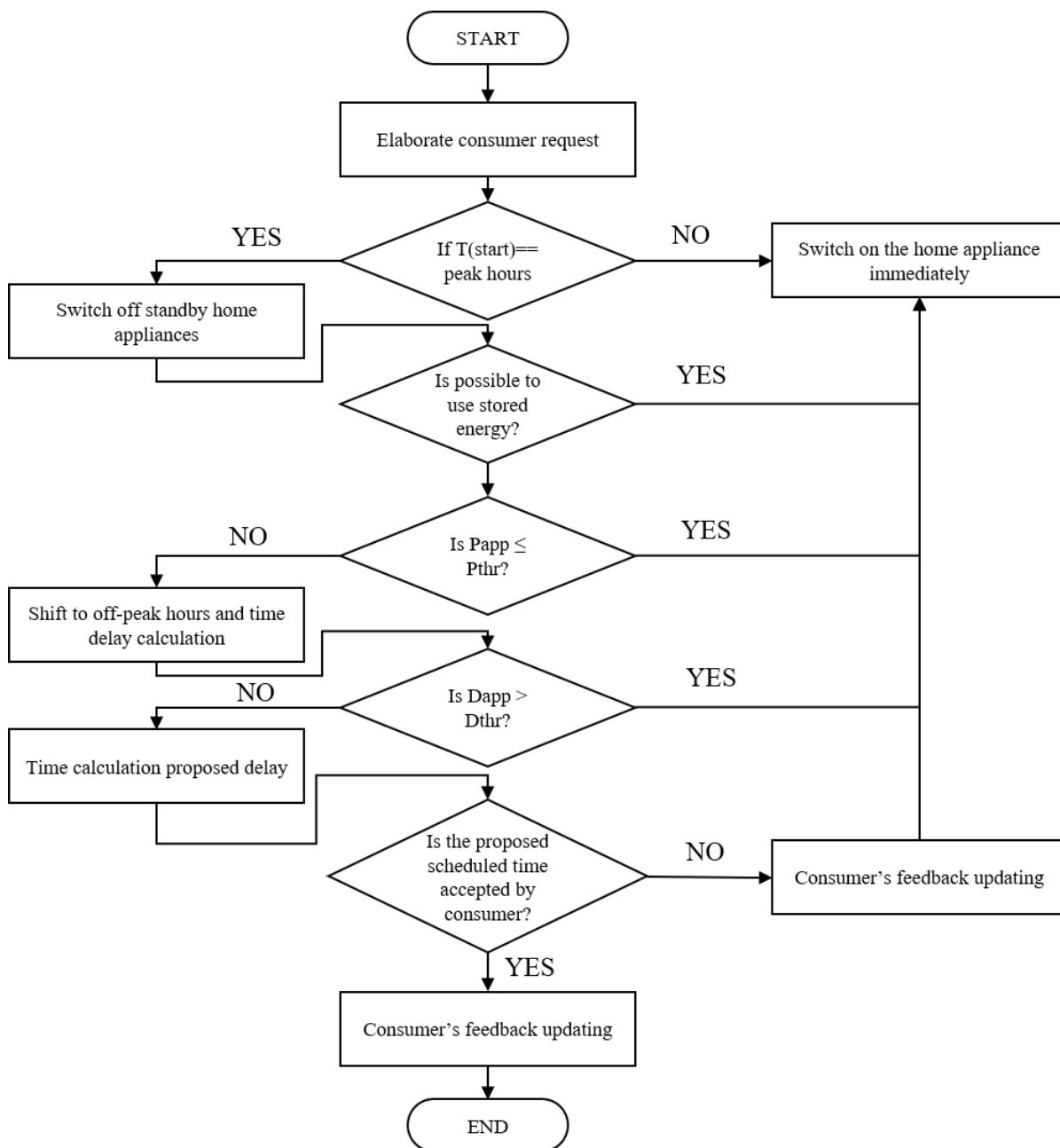


Рис. 3.3. Блок-схема алгоритму управління енергією у розумному будинку

У цьому випадку робота приладу зміщується з пікової години на не пікову. В результаті затримка (D_{app}), що дорівнює різниці запланованого часу, запропонованого ЕМУ, і часу початку запиту, вводиться в експлуатацію циклу роботи приладу завдяки техніці перемикавання навантаження. Необхідно зауважити, що ця затримка може бути обернено пропорційною бажаному споживачам рівня комфорту. Насправді, великі затримки можуть значно знизити їх задоволеність. З цієї причини в запропонованій схемі було враховано порогове значення затримки (D_{thr}). Кожен пристрій має своє порогове значення затримки.

Фактично на наступному кроці алгоритму проводиться порівняння між затримками. Якщо $D_{app} > D_{thr}$, прилад можна запустити негайно. Алгоритм рухається вперед на наступному кроці, якщо попередня умова не виконується. Як наслідок, цикл приладів зміщується на години, коли ціни на електроенергію порівняно низькі. Потім EMU обчислює затримку циклу роботи приладу та надсилає його до приладу, щоб дати зрозуміти, який буде його час початку. Запланований час (затримка) обчислюється від різниці між часом запуску пристрою, запланованим EMU, та часом запуску запиту приладом. Згодом запланований час та зворотний зв'язок, попередньо наданий споживачем, що виводить оновлене значення запланованого часу. Потім це значення повертається в прилад, і клієнт отримує сповіщення.

На наступному кроці споживач може відмовити або прийняти графік, запропонований EMU. Насправді у споживача може виникнути необхідність користуватися приладом у той час, тому він відкидає графік, поданий EMU, який, можливо, вводить певну затримку, і запускає прилад, хоча це в години пік. В обох випадках EMU повідомляє систему зберігання та розумний лічильник про рішення споживача. Очевидно, що планування, прийняте споживачем, вносить затримку, яка, безумовно, нижча за максимальний поріг затримки пристрою.

Загальне рішення, яке представлено в даній роботі базується на роботі Fuzy logic controller (FLC), яке зображено на рис. 3.4. Хоча подання є простим і загальним, воно чітко показує вхідні параметри FLC, а також те, що повертається як вихід. Запропонована система передбачає невеликий обмін даними, оскільки дані, що підлягають передачі контролеру, - це розрахована запланована затримка та значення зворотного зв'язку споживача, що стосується розглянутого пристрою. Ці входи використовуються для оновлення значення запланованої затримки, поверненої як вихід FLC з урахуванням зворотного зв'язку, наданого споживачем. Цей факт тягне за собою менші обчислювальні витрати, ніж, наприклад, інші підходи, засновані на більш складних FLC, які паралельно використовують різні контролери (наприклад, контролери у мережевому кластері) або інші підходи, які розглядають кілька параметрів як вхід до контролера. Ці властивості запропонованого FLC не тільки дозволяють реалізувати рішення, представлене в

цій роботі, на апаратному забезпеченні з низькими витратами, але також, як очікується, будуть корисними з точки зору скорочення часу обробки даних та менших часових вказівок для подальших логічних операцій у контролері.

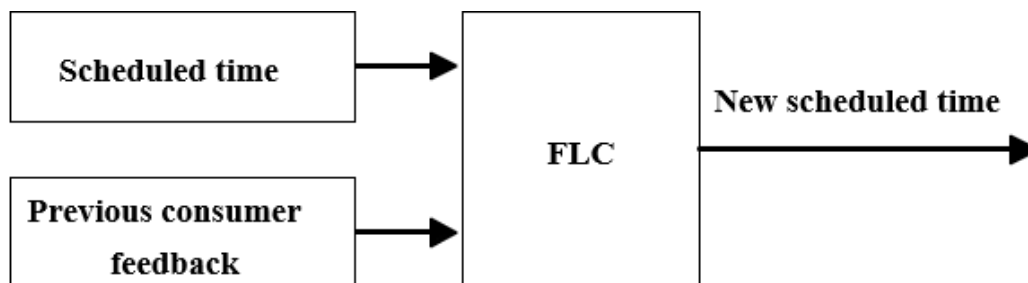


Рис. 3.4. Логічна схема роботи FLC

FLC базується на функціях членства (MFs) у мережі, які визначають, як кожна точка у вхідному просторі відображається на значення членства у мережі (або ступінь членства) між нулем і одиницею. Вхідний простір іноді називають “universe of discourse” [24]. MF може мати різні форми; однак у цій роботі були розглянуті трикутні MF. Розглядаючи загальну змінну x , що містить діапазон значень від мінімального до максимального значення, яке може приймати сама змінна, кожна функція членства може бути представлена загальною функцією членства у трикутній формі [21] таким чином:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & \text{if } x \leq a \\ \frac{x - a}{m - a}, & \text{if } a \leq x \leq m \\ \frac{\theta - x}{b - m}, & \text{if } m < x < b \end{cases} \quad (3.1)$$

де a – граничний нижній ліміт;

b – верхня межа;

m – значення в межах $a < m < b$

На рис. 3.5 зображено загальний MF трикутної форми.

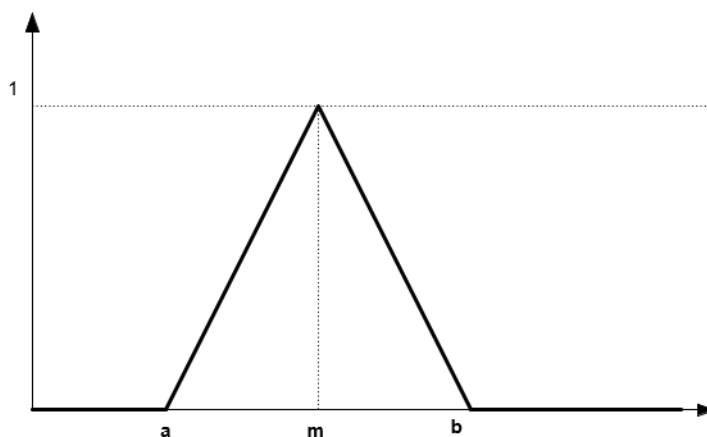


Рис. 3.5. Родова функція членства у трикутній формі.

Запропонований FLC враховує три функції членства (низький, середній, високий) за запланований час, як для вхідної змінної, так і для вихідної. Ці функції розмивають чіткі входи, діапазони яких залежать від типу приладу. Насправді, кожен прилад має різні значення максимально допустимої затримки. Наприклад, розглядаючи загальний прилад з максимально допустимою затримкою 10 год, трикутні функції належності запланованого часу зображені на рис. 3.6, де ступінь належності представлена нормалізованими значеннями $[0,1]$.

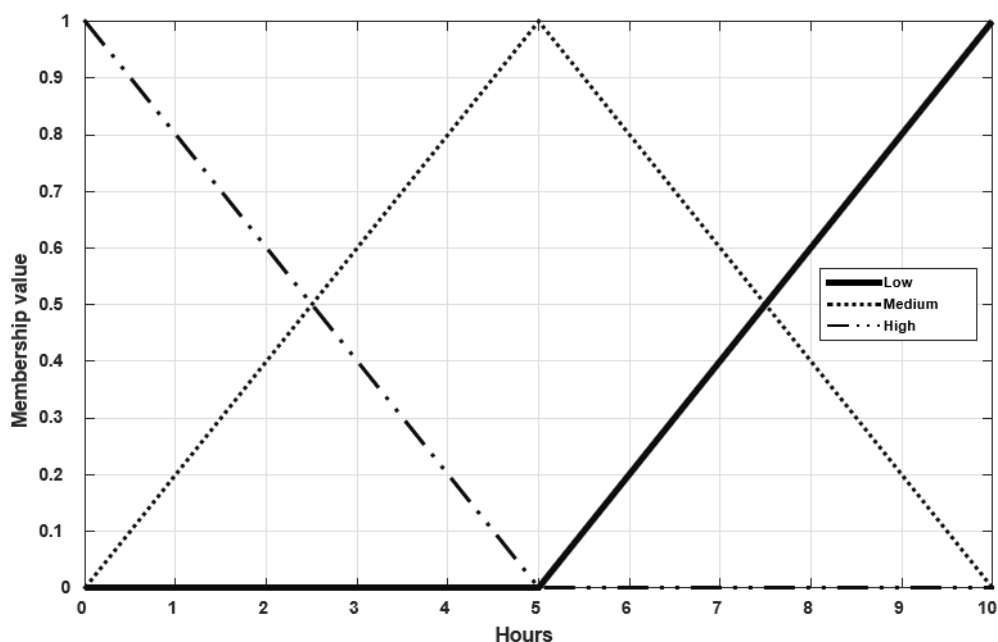


Рис. 3.6. Функції трикутного членства для запланованого часу вхідних та вихідних параметрів для FLC.

Щодо зворотного зв'язку, що надається споживачем, неможливо отримати числове значення. Насправді, споживач може прийняти або відмовити від запропонованого алгоритмом розкладу. З цієї причини для визначення значення зворотного зв'язку споживачів для використання в якості вхідного параметра FLC використовуються правила виводу, наведені в таблиці 3.1. Наприклад, враховуючи правило зазначеного у формулі 3.1, якщо споживче рішення – “Accepted”, а запланована затримка – “High”, то значення зворотного зв'язку буде “High”. Значення зворотного зв'язку оновлюється щоразу, коли споживач приймає рішення, і його використовуватимуть алгоритм та FLC пізніше, коли той самий прилад буде повторно використаний.

Таблиця 3.1

Правила висновків щодо зворотного зв'язку споживачів

Правило	Рішення споживача	Запланований час	Значення зворотного зв'язку
1	Асепт	Low	Low
2	Асепт	Medium	Medium
3	Асепт	High	High
4	Deny	Low	Medium
5	Deny	Medium	High
6	Deny	High	High

Нарешті, як показано в таблиці 3.2, вихідне значення визначається за допомогою дев'яти нечітких правил, заснованих на операторі IF-THEN класичних мов програмування. Наприклад, враховуючи правило 7, якщо запланований час високий і відгуки споживачів низькі, то новий запланований час буде середнім. FLC повинен перетворити свої внутрішні нечіткі вихідні змінні в чіткі значення через процес дефузіфікації, щоб фактична система могла використовувати ці змінні. Дефузіфікацію можна проводити декількома способами. У цій роботі було обрано метод центральної області (COA) [23]. У цьому методі спочатку оцінюється центроїд кожної функції членства для кожного правила. Кінцевий

вихід потім обчислюється як середнє значення для індивідуального центроїда, зважене значеннями членства, наступним чином:

$$new_scheduled_time = \frac{\sum_{i=1}^n Out_i * C_i}{\sum_{i=1}^n C_i}$$

де Out_i – результат бази правил;

i та C_i – центр функції вихідного членства.

Таблиця 3.2

Правила висновку щодо нової запланованої затримки

Правило	Попередній графік часу	Зворотній зв'язок споживачів	Наступний запланований час
1	Low	Low	Low
2	Low	Medium	Low
3	Low	High	Medium
4	Medium	Low	Medium
5	Medium	Medium	Medium
6	Medium	High	High
7	High	Low	Medium
8	High	Medium	High
9	High	High	High

3.2.2. Програмна реалізація Fuzzy-based алгоритму. Програмний продукт для апаратного забезпечення складається з декількох файлів та пакетів відповідно до їх призначення, як зазначено на рис. 3.7

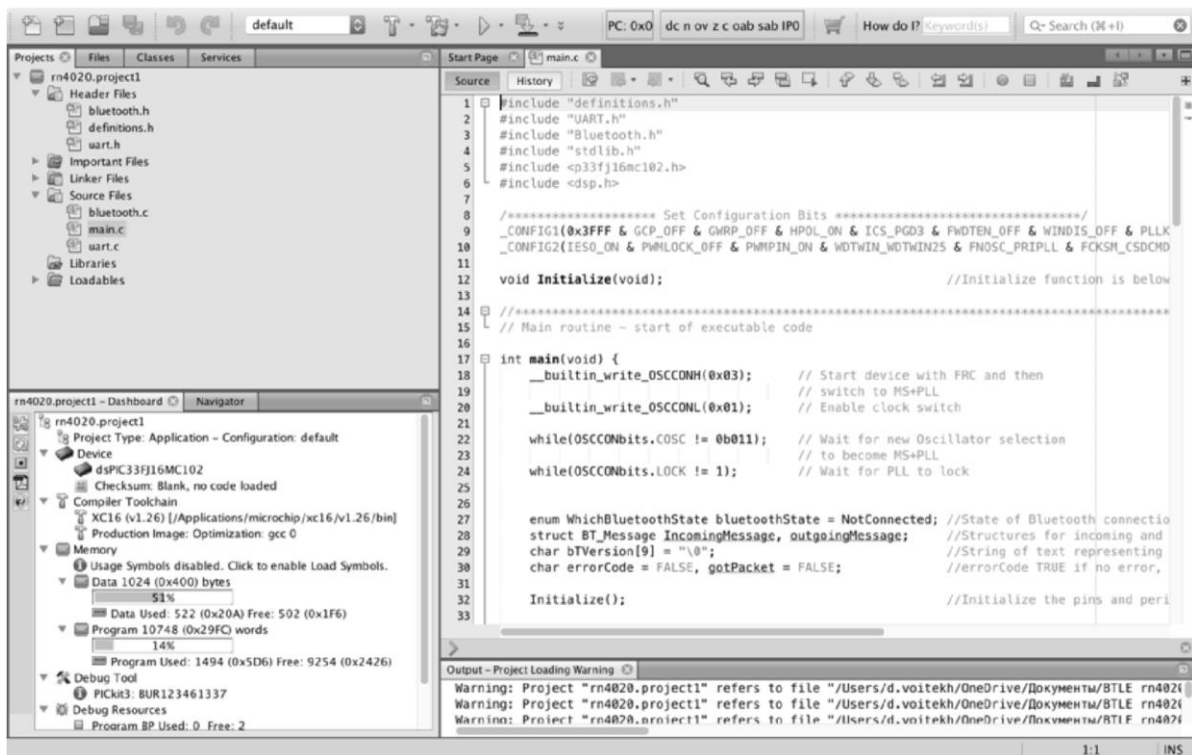


Рис. 3.7. Програмний продукт у середовищі розробки MPLAB

Далі представлено опис реалізованих бібліотек та методів програми.

Бібліотека «definitions.h». Дана функціональна програмна одиниця виконує ініціалізацію портів, змінних на визначається розмір буферів, як наведено на рис. 3.8.

```
#define BLE_CONNECTED PORTBbits.RB1
//Bluetooth module is connected to central

#define SIZE_RxBuffer 256
//UART_RX buffer size in bytes

#define SIZE_TxBuffer 256
//UART_TX buffer size in bytes

enum WhichBluetoothState {NotConnected, Connected};

struct BT_Message //form of message
{
    char Command;
    char Data;
};
```

Рис. 3.8. Лістинг ініціалізації змінних у «definitions.h»

Логіка комунікації та обміну даними реалізована у файлі «bluetooth.c»

Далі на рис. 3.9 наведено функції, яка ініціалізує BLE модуль з певним набором команд.

```
char BT_SetupModule()
{
    BT_SendCommand("sf,1\r");
    //reset module settings

    BT_SendCommand("ss,30000000\r");
    BT_SendCommand("sr,32000000\r");
    BT_SendCommand("sn, Ener1 \r");
    //set name

    BT_SendCommand("r,1\r");
    //reload module to enable changes return TRUE
}
```

Рис. 3.9. Лістинг функції ініціалізації Bluetooth модуля

Далі на рис. 3.10 наведено логіку комунікації між мікроконтролером та модулем RN4020 через UART інтерфейс.

```
char BT_SendPacket(struct BT_Message *MessageOut)
{
    WriteTxBuffer(BT_SOF_1);
    WriteTxBuffer(BT_SOF_2);
    WriteTxBuffer((int)MessageOut->Command);
    WriteTxBuffer((int)MessageOut->Data);

    //Load carriage return
    WriteTxBuffer('\r');

    //Load line feed
    WriteTxBuffer('\n');

    //Start the transmission
    UART_TxStart();
    return TRUE;
}
```

Рис. 3.10. Лістинг функції комунікації мікроконтролера та модуля RN4020

Далі на рис. 3.11 наведено логіку отримання повідомлень від модуля RN4020.

```

char BT_ReceivePacket(struct BT_Message *Message)
{
    char messageChar;
    if(IsNewRxDta())
    {
        messageChar = ReadRxBuffer();
        if(messageChar == '\n')
        {
            return TRUE;
        }
    }
    return FALSE;
}

```

Рис. 3.11. Лістинг функції отримання повідомлень від модуля RN4020

Старт програми відбувається у головному методі main() у файлі «main.c». Робота самої програми відбувається безпосередньо у нескінченному циклі, який постійно виконує перевірку вхідних повідомлень до модуля та динамічно керує навантаженням, фрагмент даної логіки наведено на рис. 3.12.

```

if(blueetoothState == Connected)
{
    sendADCvalues();
    gotPacket =BT_ReceivePacket(&IncomingMessage);
    if(gotPacket == TRUE)
    {
        if(IncomingMessage.Command == SWITCH)
        {
            TRIAC_1 = (TRIAC_1 + 1) % 2;
        }
    }
}

```

Рис. 3.12. Лістинг фрагменту функції main()

3.3. Розробка програмного комплексу клієнт-серверної частини моніторингу і управління інформаційної системи.

Система для управління і моніторингу підключених до мережі пристроїв має серверну архітектуру і складається з:

– BLE серверу, який керує SmartSwitch пристроями у мережі згідно з мережевим протоколом Bluetooth Low Energy, динамічно виконує обробку інформації, яка поступає із «Slave» нод мережі.

– Web-серверу, який акумулює дані отримані з BLE серверу і на підставі алгоритму оптимізації споживання електроенергії відправляє відповідний керуючий сигнал, постачає зовнішнє API для мануального керування та діагностики пристроїв користувачем.

Архітектурна діаграма описаної системи представлена на рис. 3.13



Рис. 3.13. DFD діаграма системи оптимізації енергоспоживання

Далі на рис. 3.14 наведено деталізовану схему внутрішньої програмної архітектури ситеми оптимізації енергоспоживання. Комунікація в даній системі відбувається за протоколом WebSocket. Інтерфейс користувача представлений у вигляді web-додатку, де керування і діагностика відбувається за допомогою web-браузера.

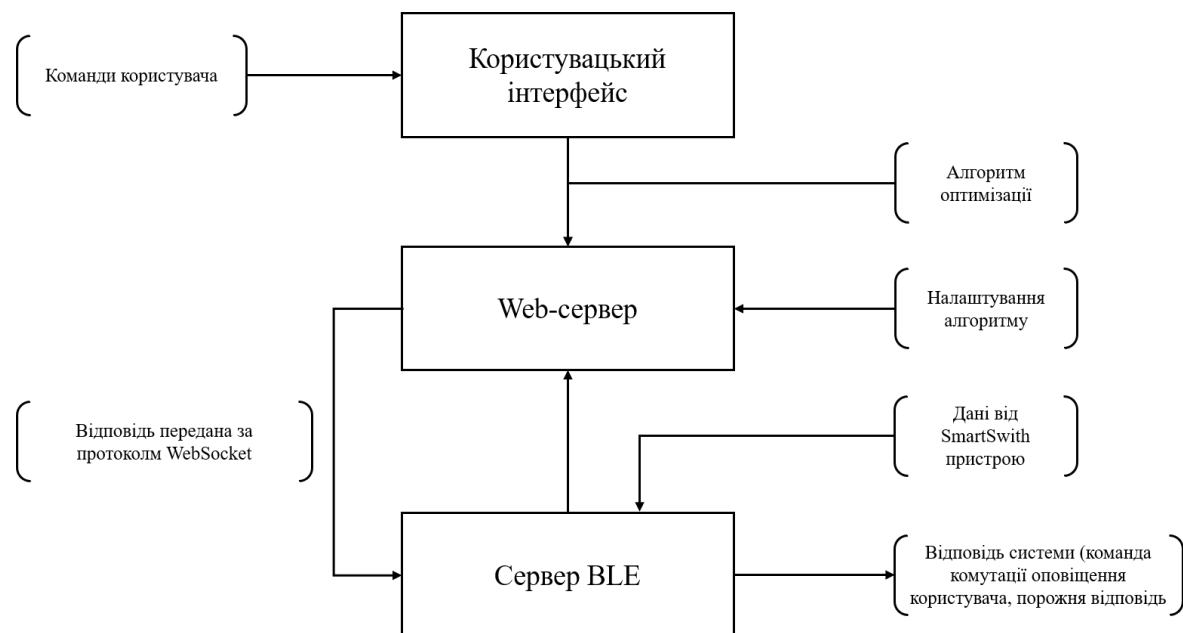


Рис. 3.14. Схема архітектури внутрішньої програмної комунікації

Для реалізації даної архітектури внутрішнього програмного комплексу були вибрані наступні технології:

- Noble – бібліотека для комунікації з BLE пристроями
- ExpressJS – являє собою структуру веб-додатків для Node.js, що випускається як безкоштовне та відкрите програмне забезпечення під ліцензією MIT. Він призначений для створення веб-додатків та API.
- SocketIO – бібліотека JavaScript для веб-додатків у реальному часі. Вона дає змогу в режимі реального часу здійснювати двосторонній зв'язок між веб-клієнтами та серверами. Вона має дві частини: бібліотеку на базі клієнта, яка працює в браузері, і бібліотеку на сервері для Node.js.
- Pg-promise – бібліотека яка надає інтерфейс для комунікації між СУБД PostgreSQL
- Redis – це проект in-memoгу структури даних, що реалізує розподілену базу даних із значенням ключів у пам'яті з необов'язковою міцністю. В даному проекті використовується як кеш даних.
- VueJS – являє собою модуль JavaScript з відкритим кодом для створення інтерфейсів користувача та односторінкових програм.

– PostgreSQL – це безкоштовна та відкрита система управління реляційними базами даних (RDBMS), що підкреслює розширюваність та відповідність технічним стандартам.

Визначення активних BLE пристроїв у мережі були використані стандартні методи бібліотеки Noble, лістинг функції сканування зображено на рис. 3.15.

Підключення та виявлення нових пристроїв обробляються колбеком (callback) discover, де і відбувається вся необхідна взаємодія з пристроєм під час підключення та синхронізації даних як показано на рис. 3.16 у лістингу даного колбеку.

```
noble.on('stateChange', function(state)
  {
    if (state === 'poweredOn')
    {
      noble.startScanning();
    } else
    {
      noble.stopScanning();
    }
  }
);
```

Рис. 3.15. Лістинг функції сканування активних BLE пристроїв

```
noble.on('discover', function(peripheral)
  {
    console
      .log('peripheral:', peripheral.advertisement.localName);
  }
);
```

Рис. 3.16. Лістинг колбеку підключення нового BLE пристрою

Далі реалізовано логіку відключення активного BLE пристрою як показано у лістингу програми на рис. 3.17.

```
peripheral.disconnect(
  function(error) {
    console.log('disconnected from peripheral: ',
      peripheral.uuid);
  });
```

Рис. 3.17. Лістинг функції відключення активного пристрою від мережі

Після цього було реалізовано синхронізацію BLE сервісів (рис. 3.18)

```
peripheral.discoverServices(null, function(error, services)
{
    console.log('discovered the following services:',
services);
});
```

Рис. 3.18 Лістинг функції синхронізації BLE сервісів

Зчитування та підписка на нові дані представлено у наступних методах read() та on() відповідно (рис. 3.19)

```
characteristic.read(
    function(error, data)
    {
        console.log(data.toString('utf8'));
    }
);
characteristic.on('data',
    function(data, isNotification)
    {
        console.log(data.toString('utf8'));
    }
);
```

Рис. 3.19. Лістинг функцій зчитування та підписки на нові дані

Сценарій роботи BLE сервера виглядає наступним чином:

1. Створюється нове з'єднання за протоколом WebSocket до web-сервера;
2. Далі відбувається перевірка та зчитування даних ідентифікації пристрою з Redis кешу, які серіалізовані у JSON форматі (рис. 3.20), де uuid – унікальний ідентифікатор пристрою (Universally Unique Identifier), id – ідентифікатор пристрою у БД (PostgreSQL);

```
smart_dispatcher:<device.uuid>: {
    id: device.id
}
```

Рис. 3.20. Лістинг кешованих даних ідентифікатора пристрою

3. У разі наявності пристрою у мережі за даним ідентифікатором – встановлюється з'єднання з ним;

4. Потім відбувається активація пристрою (передається відповідний сигнал 16-кового коду 0x01 методом write);

5. Після встановлення з'єднання з пристроєм відбувається синхронізація метаданих пристрою у форматі як показано на рис. 3.21, де `device_id` – ідентифікатор у БД, `current`, `temp` та `voltage` – відповідні значення мікроконтролера;

```
{
    device_id: 1,
    current: 67,
    voltage: 110,
    temp: 20
}
```

Рис. 3.21. Лістинг метаданих за BLE пристрою

6. На підставі отриманих даних алгоритм або користувач приймає рішення щодо споживання електроенергії і відправляє відповідне повідомлення (рис. 3.22) в якому зазначається параметр `switch` – відповідне рішення щодо комутації BLE пристрою, де значення `true` – пристрій переводиться в активний статус, а `false` – пасивний.

```
{
    switch: true/false,
    uuid: device.uuid
}
```

Рис. 3.22. Лістинг керуючої команди пристрою

3.3.1. Реалізація бази даних. Схема БД складається з двох таблиць:

- `Devices`, де зберігаються поточні дані щодо пристрою;
- `Logs`, яка відповідає за збереження журналу станів пристрою.

ER діаграма залежностей сутностей представлена на рис. 3.23.

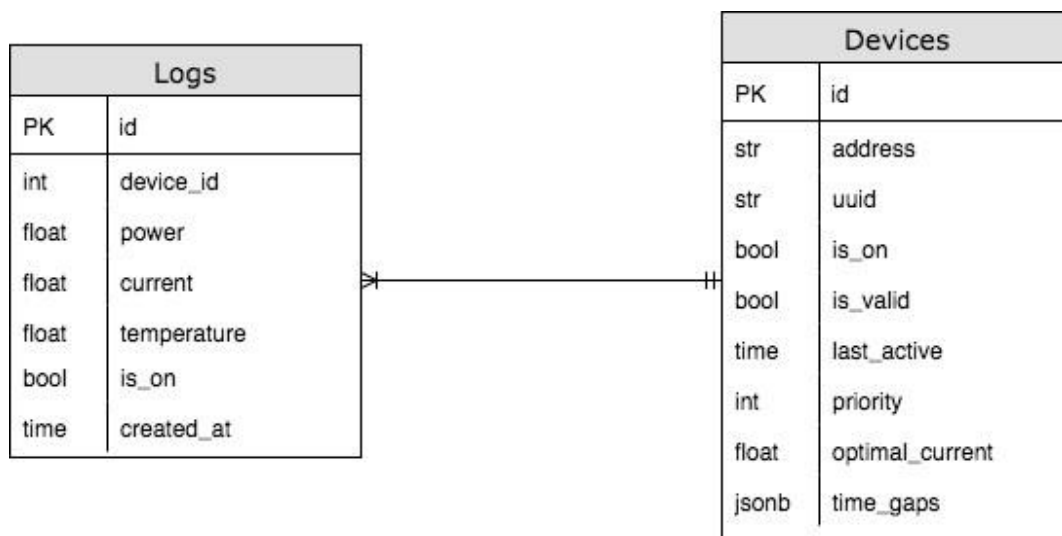


Рис. 3.23. ER діаграма залежностей сутностей у БД

3.3.2. Реалізація користувацького інтерфейсу. Конфігурація системи представлена у вигляді «мапи» яка являю собою «key, value» структурою, вона кешується у Redis і зберігається на протязі роботи додатку і видаляється при перезавантаженні системи.

Список відповідних конфігурацій:

- AUTO_MODE:Boolean. Визначає режим роботи при якому система буде керувати пристроями автоматично при значенні true та мануально при значенні false відповідно;
- POWER:Float. Конфігурація максимально допустимої потужності BLE пристрою у Вт;
- TEMPERATURE:Float. Конфігурація максимально допустимої температури BLE пристрою у градусах Цельсія. При перевищенні заданого бар'єру, пристрій автоматично вимикається.

Конфігурування пристрою відбувається за допомогою користувацького інтерфейсу розробленого з використанням JavaScript бібліотеки Vue.js, приклад якого показано на рис. 3.24.

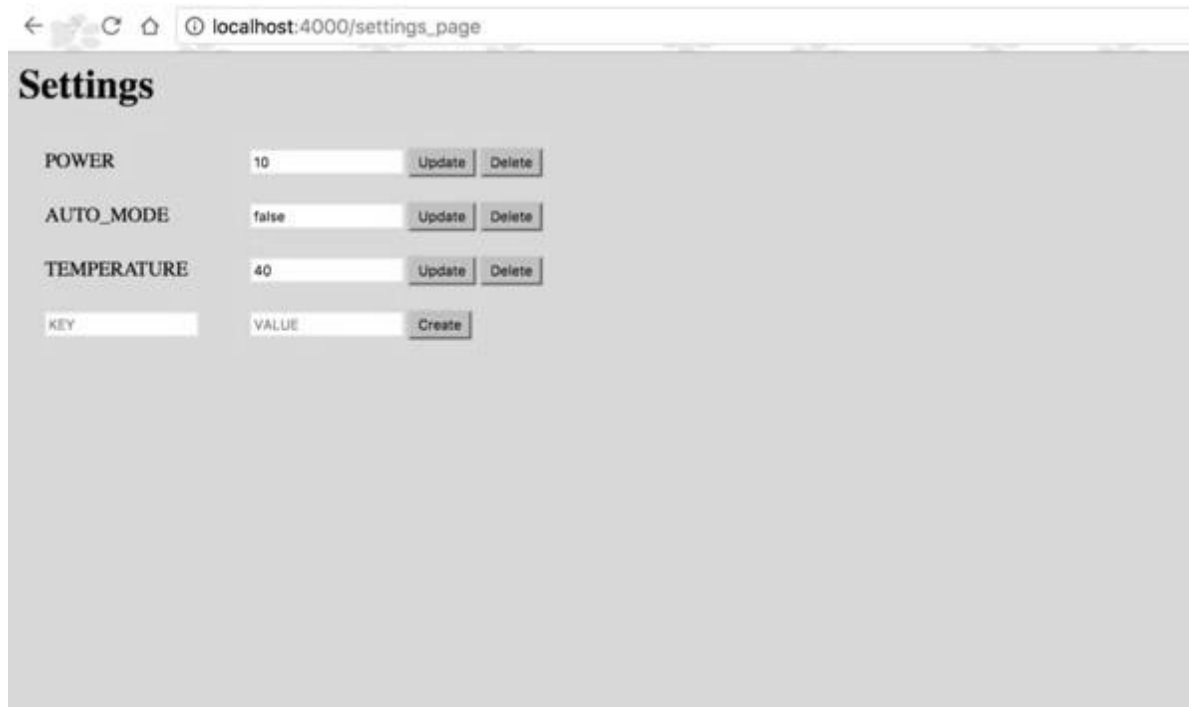


Рис. 3.24. UI управління конфігураціями системи

При підключенні нового пристрою до системи вони всі відображаються на головній сторінці, як показано на рис. 3.25.

Id	Address	Uuid	Current Power	Last Active	Priority	Time gaps	Optimal current	Is valid	Is on	Switch
1	00:1e:c0:1b:09:be	97cc5aa99a4246fb2b9e38e5213f391	0.0000	2017-05-22T09:35:56.832Z	1	[["08:20:00", "22:00:00"]]	0.08	true	false	Switch
2	00:1e:c0:45:ef:a0	8ee98577583e45e781362b38b116d2e1	0.0000	2017-05-22T09:35:58.582Z	2	[["09:20:00", "20:15:00"]]	0.08	true	false	Switch

Рис. 3.25. UI головної сторінки керування пристроями системи

Також реалізовано графічний інтерфейс для відстеження метрик системи за певний проміжок часу, що дозволяє розрахувати ефективність роботи того чи іншого пристрою мережі, його пікові навантаження (рис. 3.26).

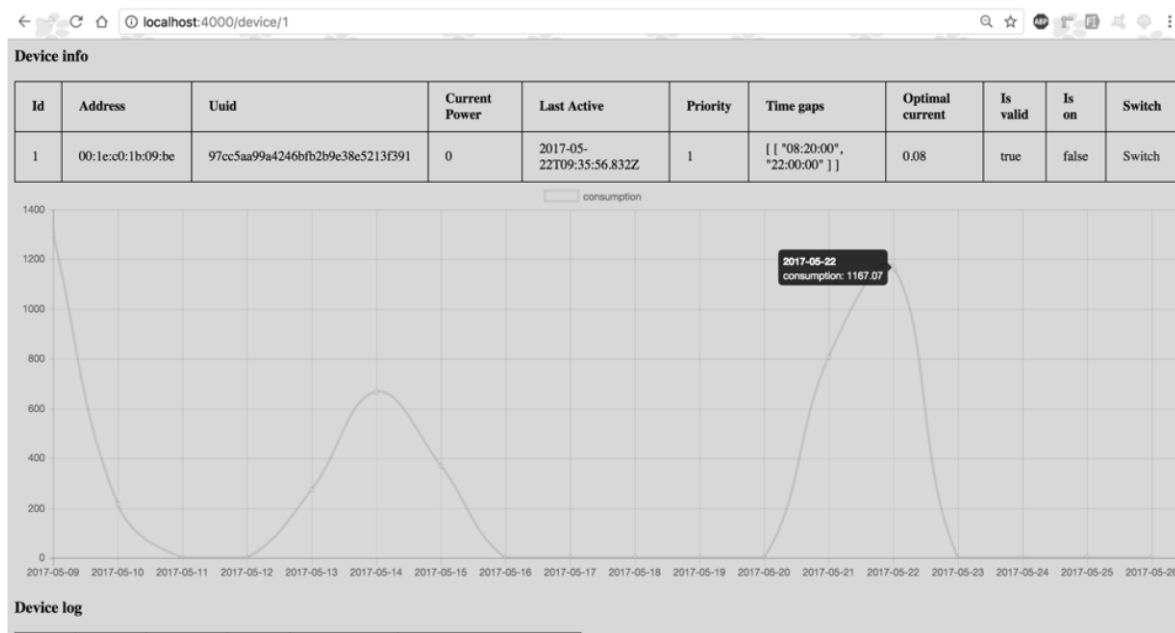


Рис. 3.26. UI поточного статусу пристрою

Запуск системи відбувається за допомогою команди «npm start». В прикладі показано запуск системи на локальному сервері під ОС MacOS (рис. 3.27), але це не обмежує її в розгортанні на інших серверах, так як система є кросплатформеною, а тому не має обмежень щодо операційних систем.

```
connected to device with uuid 97cc5aa99a4246bfb2b9e38e5213f391
connected to device with uuid 8ee98577583e45e781362b38b116d2c1
{ switch: true, uuid: '8ee98577583e45e781362b38b116d2c1' }
{ switch: true, uuid: '8ee98577583e45e781362b38b116d2c1' }
{ switch: true, uuid: '97cc5aa99a4246bfb2b9e38e5213f391' }
{ switch: true, uuid: '97cc5aa99a4246bfb2b9e38e5213f391' }
{ switch: false, uuid: '8ee98577583e45e781362b38b116d2c1' }
{ switch: false, uuid: '8ee98577583e45e781362b38b116d2c1' }
{ switch: false, uuid: '97cc5aa99a4246bfb2b9e38e5213f391' }
{ switch: false, uuid: '97cc5aa99a4246bfb2b9e38e5213f391' }
{ switch: false, uuid: '8ee98577583e45e781362b38b116d2c1' }
{ switch: false, uuid: '8ee98577583e45e781362b38b116d2c1' }
{ switch: false, uuid: '97cc5aa99a4246bfb2b9e38e5213f391' }
{ switch: false, uuid: '97cc5aa99a4246bfb2b9e38e5213f391' }
{ switch: false, uuid: '8ee98577583e45e781362b38b116d2c1' }
{ switch: false, uuid: '8ee98577583e45e781362b38b116d2c1' }
{ switch: false, uuid: '97cc5aa99a4246bfb2b9e38e5213f391' }
{ switch: false, uuid: '97cc5aa99a4246bfb2b9e38e5213f391' }
{ switch: false, uuid: '8ee98577583e45e781362b38b116d2c1' }
{ switch: false, uuid: '8ee98577583e45e781362b38b116d2c1' }
```

Рис. 3.27. Запуск системи

3.4. Висновки до розділу.

В даному розділі були розглянуті, проаналізовані та вибрані необхідні технології для реалізації програмного продукту для мережевої системи з BLE пристроїв на базі модуля RN4020.

Розроблено алгоритм оптимізації споживання електроенергії.

На підставі fuzzy-based алгоритму реалізовано програмне забезпечення для апаратної частини пристрою. Описані базові методи роботи та функціональність.

Спроектовано схему залежності сутностей бази даних на базі PostgreSQL для зберігання даних та журналу подій системи.

Створено web-сервер для керування та конфігурування мережі та користувацький інтерфейс для відображення поточної статистики по системі для спрощення діагностики.

Таким чином розробка програмної частини програмно-апаратного комплексу для діагностики та керування електроенергією була завершена і відповідає всім поставленим задачам і вимогам.

РОЗДІЛ 4

ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

4.1. Визначення стадій технологічного процесу та загальної тривалості проведення НДР

Економічне обґрунтування дипломної роботи магістра є суттю даного розділу, оскільки, дозволяє встановити доцільність проведення науково-дослідних робіт і економічно обґрунтувати доцільність застосування тих чи інших засобів.

Метою дипломної роботи магістра є побудова системи оптимізації енергоспоживання для розумного будинку на основі протоколу зв'язку Bluetooth Low Energy.

Як відомо, розробка надійної і ефективної системи вимагає значних затрат часу. Слід зауважити, що затрати часу залежать від кваліфікації розробника і його можливостей. Розробник повинен у достатній мірі володіти навиками програмування, вміти адекватно застосовувати математичний апарат, бути добре обізнаним з об'єктом дослідження.

Розробку даної системи можна поділити на такі етапи:

- 1) постановка задачі;
- 2) збір інформації по тематиці роботи;
- 3) аналіз методів реалізації систем енергоспоживання для розумного будинку;
- 4) проектування архітектури системи;
- 5) розробка пристрою;
- 6) розробка алгоритму роботи інформаційної системи;
- 7) розробка програмного забезпечення;
- 8) тестування розробленого програмного забезпечення;
- 9) написання і оформлення документації.

Для оцінки тривалості виконання окремих робіт використовують нормативи часу або попередній досвід. До таких нормативів відносять тривалість написання операцій (команд), які в деяких підприємствах становлять: для одної операції - 0,5-1,6 год та 8 годин для п'яти операцій (тривалість зміни).

У разі їх відсутності звертаються до експертних оцінок по встановленню тривалості кожного етапу (стадії):

при трьох оцінках:

$$T_{ec} = (t_{min} + 4t_{н.й} + t_{max}) / 6, \quad (4.1)$$

при двох оцінках:

$$T_{ec} = (3t_{min} + 2t_{max}) / 5, \quad (4.2)$$

де T_{ec} – очікуване (середнє) значення тривалості виконання етапу (стадії); t_{min} , $t_{н.й}$, t_{max} – відповідно мінімальна, найбільш імовірна і максимальна оцінки тривалості виконання етапу (стадії).

Для визначення загальної тривалості проведення НДР (розробки програмного продукту) доцільно дані витрат часу на виконання окремих стадій (етапів) звести у таблицю 4.1.

Витрати часу наукового керівника на виконання окремих стадій (етапів) при недостатній кількості інформації доцільно приймати в межах 5% сумарних витрат часу інженерів на виконання цих стадій (етапів).

Таблиця 4.1

Основні етапи і час їх виконання у НДР

№ з/п	Етап	Середній час виконання етапу, год	
		інженер	керівник
1	2	3	4
1	постановка задачі	3	3
2	збір інформації по тематиці роботи	13	5
3	аналіз методів реалізації систем енергоспоживання для розумного будинку	13	5

№ з/п	Етап	Середній час виконання етапу, год	
		інженер	керівник
4	проектування архітектури системи	21	8
5	розробка пристрою	13	3
6	розробка алгоритму роботи інформаційної системи	89	21
7	розробка програмного забезпечення	13	3
8	тестування розробленого програмного забезпечення	8	3
9	написання і оформлення документації	21	5
	разом	194	56

4.2. Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи

Відповідно до Закону України «Про оплату праці» заробітна плата – це «винагорода, обчислена, як правило, у грошовому виразі, яку власник або уповноважений ним орган виплачує працівникові за виконану ним роботу».

Розмір заробітної плати залежить від складності та умов виконуваної роботи, професійно-ділових якостей працівника, результатів його праці та господарської діяльності підприємства. Заробітна плата складається з основної та додаткової оплати праці.

Основна заробітна плата нараховується на виконану роботу за тарифними ставками, відрядними розцінками чи посадовими окладами і не залежить від результатів господарської діяльності підприємства.

Додаткова заробітна плата – це складова заробітної плати працівників, до якої включають витрати на оплату праці, не пов'язані з виплатами за фактично відпрацьований час. Нараховують додаткову заробітну плату залежно від досягнутих і запланованих показників, умов виробництва, кваліфікації виконавців. Джерелом додаткової оплати праці є фонд матеріального стимулювання, який створюється за рахунок прибутку.

Основна з/п складається із прямої з/п і доплати, яка при укрупнених розрахунках становить 25% – 35% від прямої з/п. При розрахунку з/п кількість робочих днів в місяці слід приймати – 21 дні/міс., що відповідає 168 год./міс. Розмір місячних окладів керівника та інженерів слід приймати згідно існуючих на даний час норм. Основна заробітна плата розраховується за формулою:

$$Z_{осн} = T_c \cdot K_z, \quad (4.3)$$

де T_c – тарифна ставка, грн.;

K_z - кількість відпрацьованих годин.

Посадові оклади (тарифні ставки) за розрядами Єдиної тарифної сітки визначаються шляхом множення окладу (ставки) працівника 1 тарифного розряду на відповідний тарифний коефіцієнт. У разі коли посадовий оклад (тарифна ставка) визначені у гривнях з копійками, цифри до 0,5 відкидаються, від 0,5 і вище - заокруглюються до однієї гривні. У 2018 році посадові оклади (тарифні ставки) розраховуються згідно з Законом України «Про Державний бюджет України на 2019 рік».

Мінімальна зарплата в 2019 р. складає 4173 грн., в погодинному розмірі 25,13 грн., приймемо 80 грн. для інженера, для керівника – 130 грн.

Тарифні ставки: керівник проекту – 160 грн./год., інженер – 100,0 грн./год.

Основна заробітна плата становитиме:

$$Z_{осн} = T_{осн} \cdot K_{ГОД} \quad (4.4)$$

Керівник проекту:

$$Z_{осн} = 160 \cdot 56 = 8\,960 \text{ грн.}$$

Інженер:

$$Z_{осн} = 100 \cdot 194 = 19\,400 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата становить 10 – 15% від суми основної заробітної плати:

$$Z_{дод} = Z_{осн} \cdot K_{додл}, \quad (4.5)$$

де $K_{додл}$ – коефіцієнт додаткових виплат працівникам 0,1.

Керівник проекту:

$$Z_{дод} = 8\,960 \cdot 0.15 = 1\,344 \text{ грн.}$$

Інженер:

$$Z_{дод} = 19\,400 \cdot 0.15 = 2\,910 \text{ грн.}$$

Звідси загальні витрати на оплату праці ($B_{оп}$) визначаються за формулою (4.6) і становлять:

$$B_{оп} = Z_{осн} + Z_{дод} \quad (4.6)$$

Керівник проекту:

$$B_{оп} = 8\,960 + 1\,344 = 10\,304 \text{ грн.}$$

Інженер:

$$B_{оп} = 19\,400 + 2\,910 = 22\,310 \text{ грн.}$$

Таким чином загальна сума становить 32 614 грн. Крім того, слід визначити відрахування на соціальні заходи:

- податок на доходи фізичних осіб: 18%;
- військовий збір 1,5%;
- єдиний внесок 22%.

У сумі зазначені відрахування становлять 41,5%. Отже, загальна сума відрахувань на соціальні заходи становитиме:

$$B_{С.з.} = \text{ФОП} \cdot 0,415 \quad (4.7)$$

$$B_{С.з.} = 32\,614 \cdot 0,415 = 13\,534,81 \text{ грн.,}$$

де ФОП – фонд оплати праці, грн.

Проведені розрахунки витрат на оплату праці зведемо у наступну табл. 4.2.

Таблиця 4.2

Зведені розрахунки витрат на оплату праці

№ п/п	Категорія працівників	Основна заробітна плата, грн.			Додаткова заробітна плата, грн.	Нарах. на ФОП, грн.	Всього витрати на оплату праці, грн. 8=5+6+7
		Тарифна ставка, грн.	К-сть відпрацьов. год.	Фактично нарах. з/пл., грн.			
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Керівник проекту	160	56	8 960	1 344	4 276,16	14 580,16
2.	Інженер	100	194	19 400	2 910	9 258,65	31 568,65
Разом				28 360	4 254	13 534,81	46 148,81

4.3. Розрахунок витрат на електроенергію

Затрати на електроенергію 1-ці обладнання визначаються за формулою:

$$Z_E = W \cdot T \cdot S, \quad (4.8)$$

де W – необхідна потужність, кВт;

T – кількість годин роботи обладнання;

S – вартість кіловат-години електроенергії.

Вартість роздрібного тарифу на електричну енергію ВАТ «Тернопільобленерго», що відпускається для споживачів 2 класу напруги становить 241,548 коп./кВт.год.

Потужність комп'ютера – 400 Вт з підключеним маршрутизатором, кількість годин роботи обладнання згідно таблиці 4.1 – 250 годин.

$$Z_E = 0,4 \cdot 250 \cdot 2,4155 = 241,55 \text{ грн.}$$

4.4. Розрахунок витрат на матеріали

Результати розрахунку затрат на матеріали зводяться в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3

Визначення величини затрат на матеріал

Найменування матеріальних ресурсів	Одиниця виміру	Норма витрат	Ціна за одиницю, грн	Затрати матеріалів, грн	Транспортно-заготівельні витрати, грн	Загальна сума витрат на матеріали, грн
Папір А4-80	пачка	1	100	100	–	100
Ватман	шт.	10	10	100	–	100
Чорнила для принтера	шт.	1	80	80	–	80
Разом						280

4.5. Розрахунок суми амортизаційних відрахувань

Характерною особливістю застосування основних фондів у процесі виробництва є їх відновлення. Для відновлення засобів праці у натуральному виразі необхідне їх відшкодування у вартісній формі, яке здійснюється шляхом амортизації.

Амортизація – це процес перенесення вартості основних фондів на вартість новоствореної продукції з метою їх повного відновлення.

Комп'ютери та оргтехніка належать до четвертої групи основних фондів. Для цієї групи річна норма амортизації дорівнює 60 % (квартальна – 15 %).

Для визначення амортизаційних відрахувань застосовуємо формулу:

$$A = \frac{B_B \cdot H_A}{100} \quad (4.9)$$

де A – амортизаційні відрахування за звітний період, грн.,

B_B – балансова вартість комп'ютера, на початок звітного періоду, грн.,

H_A – норма амортизації, %.

$$A = \frac{24\,000 \cdot 15\%}{100\%} = 3\,600$$

4.6 Обчислення накладних витрат

Накладні витрати пов'язані з обслуговуванням виробництва, утриманням апарату управління підприємства (фірми) та створення необхідних умов праці.

Накладні витрати можуть становити 20% від суми основної та додаткової заробітної плати працівників:

$$H_B = V_{\text{о.п.}} \cdot 0,2 \quad (4.10)$$

$$H_B = 32\,614 \cdot 0,2 = 6\,522,8 \text{ грн.}$$

4.7. Складання кошторису витрат та визначення собівартості НДР

Результати проведених вище розрахунків зведемо у табл. 4.4. Собівартість (C_B) НДР розрахуємо за формулою:

$$C_B = B_{O.П.} + B_{C.з.} + Z_E + Z_B + T_B + A + H_B \quad (4.11)$$

$$C_B = 32\,614 + 13\,534,81 + 241,55 + 280 + 3\,600 + 6\,522,8 = 56\,793,16 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.4

Кошторис витрат на НДР

Зміст витрат	Сума, грн.	В % до загальної суми
1	2	3
Витрати на оплату праці (основну і додаткову заробітну плату)	32 614	57,4
Відрахування на соціальні заходи	13 534,81	23,85
Матеріальні витрати	280	0,49
Витрати на електроенергію	241,55	0,43
Амортизаційні відрахування	3 600	6,35
Накладні витрати	6 522,8	11,48
Собівартість	56 793,16	100

4.8. Розрахунок ціни НДР

Ціну НДР можна визначити за формулою:

$$Ц = \frac{C_B \cdot (1 + P_{рен}) + K \cdot B_{н.і.}}{K}, \quad (4.12)$$

де $P_{рен.}$ – рівень рентабельності, 30 %;

K – кількість замовлень;

$B_{i.н.}$ – вартість носія інформації, грн.

$$\text{Ц} = \frac{56\,793,16 \cdot (1 + 0,3) + 1 \cdot 150}{1} = 73\,981,1 \text{ грн.}$$

Таким чином ціна рівна 56 863,11 грн.

Визначимо величину прибутку:

$$П = \text{Ц} - C_v \quad (4.13)$$

Згідно формули (4.13) отримаємо 17 187,94 грн.

4.9 Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень

Ефективність виробництва – це узагальнене і повне відображення кінцевих результатів використання робочої сили, засобів та предметів праці на підприємстві за певний проміжок часу.

Економічна ефективність (E_p) полягає у відношенні результату виробництва до затрачених ресурсів:

$$E_p = П / C_v, \quad (4.14)$$

де $П$ – прибуток;

C_v – собівартість.

$$E_p = 17\,187,94 / 56\,793,16 = 0,303$$

Поряд із економічною ефективністю розраховують термін окупності капітальних вкладень (T_p):

$$T_P = E_P \quad (4.15)$$

$$T_P = 1 / 0,303 = 3,3 \text{ р.}$$

Про доцільність розробки програми можна сказати при врахуванні наступних критеріїв:

Таблиця 4.5

Техніко-економічні показники НДР

№ п/п	Показник	Значення
1	Собівартість, грн	56 793,16
2	Плановий прибуток, грн	17 187,94
3	Ціна, грн	73 981,1
4	Економічна ефективність	0,3
5	Термін окупності, рік	3,3

У результаті проведення розрахунків можна зробити висновок: розробка матиме оптимальну економічну ефективність 0,3 і термін окупності становитиме 3,3 року.

Варто зазначити, що дані розрахунки носять номінальний характер і основна їх мета оцінити приблизну вартість дослідження та створення даного продукту. Номінальний характер розрахунків зумовлений тим, що даний програмний продукт має дослідницьке призначення.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Охорона праці

Перед дослідженням та виконанням робіт щодо розробки системи оптимізації енергоспоживання для розумного будинку на основі технології Bluetooth LE було проведено аналіз умов праці у виробничому приміщенні з метою мінімізації та уникнення небезпечних та шкідливих факторів на об'єкті дослідження.

До основних шкідливих і небезпечних факторів, що впливають на людей, зайнятих на виробництві радіоелектронної апаратури (РЕА), можна віднести:

- недостатню освітленість робочої зони (умови освітленості виробничих приміщень повинні відповідати нормам, зазначеним у ДБН В.2.5-28:20018);
- підвищені рівні електромагнітних випромінювань (рівні випромінювань і полів повинні відповідати ГОСТ 12.2.006-87);
- небезпеку ураження електричним струмом;
- незадовільні параметри мікроклімату робочої зони у виробничих приміщеннях (параметри мікроклімату повинні відповідати нормам, зазначеним у ГОСТ 12.1.005-88 і ДСН 3.3.6.042-99);
- вміст у повітрі робочої зони шкідливих речовин різного характеру впливу в концентраціях, що перевищують гранично допустимі (гранично-допустима концентрація (ГДК) шкідливих речовин у повітрі робочої зони повинна відповідати нормам, зазначеним у ГОСТ 12.1.005-88 і ГОСТ 12.1.007-76);
- підвищений рівень шуму на робочому місці (припустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях) повинен відповідати санітарним нормам допустимих рівнів шуму на робочих місцях ДСН 3.3.6.037-99;

– підвищену напруженість електричного поля промислової частоти на робочому місці (напруженість електричних полів промислової частоти на робочих місцях повинна відповідати нормам, зазначеним у ГОСТ 12.1.002-84);

– вплив шкідливих факторів впливу моніторів ПК (ДСанПіН 3.3.2.007-98).

Робоче приміщення відповідно до НПАОП 40.1-1.32-01 та НАПБ Б 03.002-2007 з вибухонебезпечності відноситься до категорії "В".

Відповідно до ПУЕ-86 клас робочої зони приміщення з пожежної безпеки П-ІІ а.

Можливими причинами виникнення пожежі в даному приміщенні є:

- коротке замикання проводки;
- використання побутових електроприладів;
- недотримання умов протипожежної безпеки.

У зв'язку з цим відповідно до ПУЕ-86 було передбачено такі заходи з пожежної безпеки:

- ретельна ізоляція всіх струмоведучих провідників до робочих місць;
- періодичний огляд та перевірка ізоляції;
- суворе дотримання норм протипожежної безпеки на робочому місці.

Приміщення обладнане двома пожежними датчиками типу ДТЛ, сигнал від яких надходить на станцію пожежної сигналізації (площа, що захищається, $2 \times 15 = 30 \text{ м}^2$).

Відстань між датчиками становить 4 м відповідно до ДБН В.1.1-7-2002 та СНіП 2.09.02-85.

Така кількість датчиків відповідає нормам розміщення згідно з ДБН В.1.1-7-2002, тому що площа, яка захищається датчиком ДТЛ, становить 15 м^2 , два датчики захищають площу приміщення 30 м^2 , а площа приміщення лабораторії становить $19,4 \text{ м}^2$.

Приміщення обладнане такими елементами пожежогасіння:

- вогнегасник ОУБ-3 – 1 шт.
- вогнегасник ОП-1 "Момент" – 1 шт.

У приміщенні виконуються усі вимоги з пожежної безпеки відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2004 "Правила пожежної безпеки в Україні".

У приміщенні також наявний план евакуації на випадок виникнення пожежі. Час евакуації відповідає вимозі ДБН В.1.1-7-2002, а максимальне віддалення робочих місць від евакуаційних виходів відповідає СНіП 2.09.02-85.

Приміщення, де проводилось дослідження методів та засобів оптимізації енергоспоживання для розумного будинку, забезпечує оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості й рухливості повітря відповідно до ДСанПІН 3.3.2.007-98. Рівні електромагнітного випромінювання та магнітних полів регламентовані нормами та не перевищують допустимі рівні. Рівні звукового тиску, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях, відповідають вимогам згідно з ДСН 3.3.6.037-99.

Для забезпечення нормованих рівнів шуму у приміщенні використовуються шумопоглинаючі засоби. Значення характеристик вібрації на робочому місці не перевищує допустимі рівні відповідно до ДСанПІН 3.3.2.007-98.

Все обладнання, яке використовувалося під час дослідження методів та засобів оптимізації енергоспоживання для розумного будинку було сертифіковане для використання на території України

Таким чином у даному підрозділі розглянуто вимоги до охорони праці користувачів ЕОМ при розробці системи оптимізації енергоспоживання для розумного будинку на основі технології Bluetooth Low Energy.

5.2. Заходи щодо попередження утворенню осередків ураження і зон забруднення при виробничих аваріях і катастрофах на підприємствах атомної та хімічної промисловості.

5.2.1. Попередження аварій на підприємствах атомної промисловості. За умов безаварійної роботи атомних станцій (АС) атомна енергетика – на теперішній час є найбільш економічне й екологічно чисте виробництво енергії, і альтернативи їй у найближчому майбутньому не передбачається. Радіоактивні речовини широко використовуються також і в інших галузях економіки, у медицині й військовій справі. Разом з тим, розширення сфери застосування джерел радіоактивності призводить до збільшення ризику виникнення аварій з викидом радіоактивних речовин і забрудненням навколишнього середовища. У результаті таких аварій можуть виникати великі зони радіоактивного забруднення місцевості й відбуватися опромінення персоналу радіаційно-небезпечних об'єктів (РНО) та населення, що буде характеризувати ситуацію, що створюється, як надзвичайну. Подібні аварії будуть мати характер радіаційних.

Найнебезпечнішими за наслідками є аварії на АЕС з викидом до атмосфери радіоактивних речовин, внаслідок яких має місце довгострокове радіоактивне забруднення місцевості на величезних площах.

Сьогодні практично ніхто не застрахований від впливу наслідків аварії чи будь-якої іншої аварії на об'єктах атомної промисловості. Навіть сотні і тисячі кілометрів від АЕС не можуть бути гарантією безпеки. Аварія на ЧАЕС стала прикладом того, що будь-які аварії на атомних станціях не можуть бути локальними. Наслідки аварії на ЧАЕС вийшли за межі однієї держави і наочно продемонстрували необхідність міжнародної співпраці в ядерній енергетиці.

Потенційними джерелами радіаційних аварій є радіаційно-небезпечні об'єкти (РНО): АЕС, підприємства ядерного паливного циклу, атомні енергетичні установки виробничого і дослідного призначення. До радіаційних аварій відносять також аварії транспортних засобів і космічних апаратів з ядерними установками або вантажем радіоактивних речовин на борту, аварії при промислових або випробувальних ядерних вибухах.

Говорячи про небезпеку радіаційно-небезпечних об'єктів, слід зазначити, що в цей час загально визнаним є твердження фахівців, про те, що атомна енергетика та промисловість є одними з найбільш «чистих» галузей виробництва. Порівняльний аналіз безпеки різних об'єктів показує, що ризик смертельних

уражень, наприклад, від викидів АЕС за нормальної їхньої роботи у 400 разів менше, ніж від викидів шкідливих речовин, джерелами яких є теплові електростанції (ТЕС).

Разом з тим не тільки в Україні, але й у світі проблема забезпечення радіаційної безпеки сьогодні є досить актуальною, що обумовлено значною кількістю різних джерел іонізуючих випромінювань, що використовуються як з мирними, так і військовими цілями, а отже, необхідністю захисту персоналу підприємств і організацій і також населення від їхнього шкідливого впливу, особливо від наслідків радіаційних аварій.

Потенційна небезпека експлуатації радіаційно небезпечних об'єктів полягає в можливості виникнення «критичності» і, відповідно, самопідтримуючої ланцюгової реакції при аварійних ситуаціях, а також при переробці, зберіганні та транспортуванні ядерних матеріалів. Основний показник ступеня їх потенційної небезпеки, за інших рівних умов (надійність технологічних процесів, якість професійної підготовки фахівців тощо), – це загальна кількість радіоактивних речовин, які знаходяться в об'єкті.

До типових радіаційно небезпечних об'єктів відносяться:

- атомні станції;
- підприємства з видобування та переробки уранових руд;
- підприємства з виготовлення ядерного палива;
- підприємства з переробки відпрацьованого ядерного палива і

захоронення радіоактивних відходів (у загальному вигляді всі вони можуть бути названі підприємствами ядерного паливного циклу – ПЯПЦ). Головними місцями накопичення радіоактивних відходів є атомні станції, на яких здійснюється їх первинна переробка та тимчасове зберігання. На АЕС не існує повного циклу первинної переробки відходів відповідно до вимог норм, правил та стандартів з ядерної та радіаційної безпеки, що призводить до нераціонального використання сховищ та збільшує ризик радіаційних аварій. У 30-кілометровій зоні Чорнобильської АЕС у тимчасових, не пристосованих для зберігання сховищах зберігається велика кількість радіоактивних відходів, серед яких є відходи ядерної енергетики. Головним джерелом небезпеки у 30-кілометровій зоні

Чорнобильської АЕС залишається об'єкт «Укриття», в якому зосереджено небезпечні радіоактивні речовини та ядерні матеріали, радіоактивність яких становить близько 20 млн Кюрі;

- науково-дослідні та проектні організації, які мають дослідні реактори, критичні збірки та стенди;
- ядерні енергетичні установки на морських та космічних судах і апаратах;
- стаціонарні військові об'єкти для зберігання ядерних боєприпасів і ракетні старти, а також транспорт, що перевозить радіоактивні матеріали;
- джерела іонізуючого випромінювання (далі - ДІВ) у багатьох сферах господарства і наукової діяльності. На сьогодні в Україні існує близько 8 тисяч підприємств та організацій, які використовують понад 100 тисяч ДІВ.

До радіаційно-небезпечних об'єктів відносяться також підприємства, які використовують у невеликих кількостях радіоактивні речовини та вироби на їх основі в тому числі прилади, апарати і установки, що не становлять ядерної небезпеки.

Крім техногенних (штучних) джерел радіоактивності існують і джерела радіоактивності природного походження. За геологічними та геохімічними природними особливостями Україна належить до держав з високим рівнем опромінення радоном. Середньозважена індивідуальна ефективна доза опромінення населення радоном-222 дорівнює 3,8 мЗв/рік.

Середня сумарна індивідуальна ефективна доза опромінення населення від джерел радіоактивності природного походження (насамперед, ^{222}Rn і ^{220}Rn у приміщеннях та вміст ^{238}U і ^{226}Ra у питній воді з джерел підземного водопостачання становить 4,86 мЗв/рік.

З перерахованих вище радіаційно небезпечних об'єктів найнебезпечнішим джерелом потенційної радіаційної небезпеки для персоналу, населення і оточуючого середовища є працюючі ядерні реактори. Це обумовлено накопиченням (чим потужніший реактор, тим більша кількість продуктів поділу накопичується в ньому за однаковий період роботи; їх сумарна активність залежить також від часу роботи реактора в період між його зупинками на чергову

(планову) профілактику) і можливим викидом продуктів поділу ядерного палива вказаних об'єктів, а також інших джерел радіаційної небезпеки (сховищ відпрацьованого ядерного палива, транспортних та перевантажуючих контейнерів для транспортування ядерного палива і радіоактивних відходів, сховищ радіоактивних відходів тощо).

Величину накопиченої в реакторі активності можна розрахувати теоретично. Наприклад, у аварійному реакторі Чорнобильської АЕС накопичена на день аварії активність складала близько 5500 МКі.

Унаслідок ланцюгової реакції поділу виділяється теплова енергія. Для її відведення через активну зону реактора прокачується рідка або газоподібна речовина – теплоносії. На сучасних АЕС у якості теплоносія в реакторах на повільних нейтронах використовується очищена та знесолена вода, а в реакторах на швидких нейтронах – рідкий метал натрій.

Потім теплова енергія перетворюється на механічну енергію обертання турбіни, далі - на електричну. Вона може бути також використана для підігріву води з комунальних чи виробничих мережах теплопостачання.

Замкнений контур, по якому циркулює теплоносії, називається контуром теплоносія, або першим контуром АС. Другим замкненим колом АС є контур так званого робочого тіла. Робоче тіло – це звичайна очищена вода, якій через парогенератор теплоносії передає тепло з реактора, і вона у вигляді пари високого тиску обертає турбіну генератора, що виробляє електроенергію.

Під час роботи атомних станцій з "вигоранням" твелів у реакторах накопичується велика кількість радіоактивних продуктів поділу з різними періодами напіврозпаду: від короткоживучих – кілька годин або діб (аргон-41, йод-131) до довгоживучих – тисячі та мільйони років (плутоній-239, уран-235).

Радіоактивні продукти розпаду, що знаходяться в активній зоні реактора, є основними джерелами іонізуючих випромінювань. Їх активність може сягати багатьох мільярдів Кюрі. Поза активною зоною реактора джерелами випромінювання на АС є переважно трубопроводи до устаткування контуру теплоносія.

Для забезпечення надійної роботи АС і радіаційної безпеки персоналу та населення проектами передбачаються відповідні системи безпеки.

Під системами безпеки АС розуміють системи, призначені для запобігання аваріям та обмеження їх наслідків. За характером виконуваних ними функцій розрізняють:

- захисні;
- локалізуючі;
- керівні;
- забезпечувальні системи (елементи) безпеки.

Захисні системи (елементи) безпеки призначені запобігати (обмежувати) пошкодженням ядерного палива, оболонок тепловидільних елементів, контуру теплоносія і аваріям, що викликані порушенням контролю та управління поділу в активній зоні реактора, а також порушенням відведення тепла з реактора. До захисних відносяться системи аварійного захисту реактора (система бар'євих стержнів - поглиначів нейтронів, які опускаються в активну зону для управління ходом ланцюгової реакції і зупинки реактора) й аварійного охолодження.

Локалізуючі системи (елементи) безпеки мають запобігати чи обмежувати розповсюдження радіоактивних речовин, що виділяються під час аварій, усередині станцій і вихід їх до оточуючого середовища. Для цього контур теплоносія розміщується в герметичних приміщеннях або повністю, або таким чином, щоб на випадок проектної аварії забезпечувалася локалізація радіоактивних речовин, що виділяються, в межах герметичних приміщень.

Керівні системи (елементи) безпеки призначені для ініціювання дій захисних і локалізуючих систем безпеки, здійснення контролю та керування ними у процесі виконання заданих функцій.

Забезпечувальні системи (елементи) безпеки призначені для постачання всіх систем безпеки енергією, робочим середовищем і створення необхідних умов для їх функціонування. Найважливішими складовими систем безпеки є дизель-генератори, які автоматично запускаються при знеструмленні АС у аварійній ситуації.

Безпека населення та оточуючого середовища забезпечуються включенням до проекту АС бар'єрів безпеки – незалежних одна від одної перешкод на шляху іонізуючих випромінювань від палива до навколишнього середовища. Наприклад, АС з водо-водяним енергетичним реактором мають п'ять таких бар'єрів:

- оболонка таблетки ядерного палива утримує більшу частину активності, що утворюється;
- герметичні оболонки твелів здатні протистояти тиску продуктів поділу, які накопичуються;
- корпус реактора, виготовлений зі сталі завтовшки кілька десятків міліметрів;
- бетонна шахта гермоприміщення реактора, що має прошарки з поглинаючих матеріалів;
- захисний корпус станції.

На деяких атомних станціях страхувальний та зовнішній захисний корпуси також є додатковими бар'єрами.

Унаслідок послаблення іонізуючих випромінювань бар'єрами безпеки опромінення населення, що проживає неподалік від АЕС з реакторами типу ВВЕР при її безаварійній роботі, показник не перевищує 2 мЗв (0,2 бера) на рік – не вищий за нормальний фон.

5.2.2. Попередження аварій на підприємствах хімічної промисловості. Сучасний розвиток хімічної промисловості, призвів до підвищення ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру. Тому впровадження системи заходів, спрямованих на зниження ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій (НС), підвищення ступеню захищеності працівників хімічно небезпечних об'єктів та населення великих промислових центрів від наслідків надзвичайних ситуацій, мінімізацію негативної дії факторів небезпек та контроль за дотриманням відповідних норм, правил передбачених чинним законодавством та іншими нормативними актами, є необхідною мірою, щодо попередження аварій та катастроф на хімічних промисловостях.

Заходи щодо зменшення ризику виникнення аварій на хімічно небезпечних об'єктах поділяються на однотипні блоки:

а) комплекс заходів організаційно-виробничого спрямування стосується загальних питань організації виробництва для забезпечення високого рівня безпеки;

б) комплекс заходів інженерно-технічного спрямування включає питання інженерно-технічного забезпечення необхідного рівня безпеки;

в) комплекс заходів медико-організаційного спрямування передбачає забезпечення негайної і довготривалої медичної допомоги потерпілим в результаті можливої надзвичайної ситуації. Сюди відносяться:

- визначення основних типів уражень працівників та населення з метою забезпечення необхідного рівня кваліфікації медичного персоналу;

- створення необхідних запасів медичних препаратів і відповідної медичної техніки, а в деяких випадках засобів індивідуального захисту;

- створення мобілізаційних осередків медичних бригад постійної готовності першої черги Державної служби медицини катастроф та опрацювання навичок роботи в екстремальних умовах;

- використання медичних технологій лікувально-евакуаційного забезпечення потерпілих працівників хімічно небезпечного об'єкту при надзвичайній ситуації;

- визначення основних і тимчасових місць подальшого лікування потерпілих та евакуйованих.

г) комплекс заходів інформаційного характеру розглядає питання максимально швидкого отримання та передачі об'єктивної інформації про розвиток надзвичайної ситуації та впливу її наслідків на оточуюче середовище передбачає:

- створення надійних систем екстреного оповіщення та постійного інформування працівників підприємств та населення про стан небезпечного об'єкту та розвитку можливих негативних подій на ньому;

- створення надійних дублюючих систем різних видів зв'язку всередині і ззовні хімічно небезпечних об'єктів (ХНО);

- забезпечення потреб працюючих ХНО і населення в об'єктивній інформації про можливі надзвичайні ситуації;
- розповсюдження планів та сценаріїв поведінки заходів на хімічно небезпечному об'єкті та проведення єдиним комплексом. Одиничність проведення заходів і їх «випадковість» повністю виключаються.

Універсальність розроблених заходів розуміється у можливості їх використання при виникненні різноманітних надзвичайних ситуацій техногенного характеру на хімічно небезпечних об'єктах. Специфічність полягає в певних структурних особливостях комплексів заходів в залежності від конкретних умов впровадження.

Відповідність вказаним вимогам є головною умовою ефективності розроблених заходів в процесі зниження ймовірності виникнення НС на та мінімізація медико-санітарних втрат серед працюючих.

Одним з найбільш важливих завдань попередження НС, які повинні забезпечити безпечне мешкання населення, є створення і підтримка мережі спостереження і лабораторного контролю (МСЛК). До 1994 року загальне керівництво МСЛК здійснювалось на основі наказу Начальника Цивільної оборони СРСР № 012 від 1987 року.

На даний час моніторинг довкілля у місцях проживання і відпочинку населення здійснюють наступні міністерства та комітети: Мінекобезпеки, МНС, Мінагропром, Держкомлісгосп, Держкомгідромет, Держводгосп, Держкомгеологія, Держкомзем, Держбуд, МОЗ - (у місцях проживання і відпочинку населення) – атмосферного повітря (вміст шкідливих хімічних речовин); поверхневих вод суші і питної води (хімічні, бактеріологічні, радіологічні, вірусологічні визначення); морських вод (хімічні, бактеріологічні, радіологічні, вірусологічні визначення тощо); фізичних факторів (шум, електромагнітні поля, радіація, вібрація тощо).

Суб'єкти системи моніторингу забезпечують вдосконалення підпорядкованих їм мереж спостережень за станом довкілля, уніфікацію методик спостережень і лабораторних аналізів, приладів і систем контролю. Цьому будуть сприяти створення і використання банків даних для їх багатоцільового,

організаційного, методологічного і метрологічного забезпечення, об'єднанні складових частин та уніфікованих компонентів цієї системи.

Мінекобезпеки разом з МНС за погодженням з іншими суб'єктами системи моніторингу встановлює спеціальні регламенти спостереження за екологічними об'єктами, критерії визначення і втручання у разі виникнення або загрози виникнення екологічних, техногенних та інших НС.

Центральні та місцеві органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування, підприємства, установи, організації та громадяни повинні негайно інформувати Мінекобезпеки, МНС та їх органи на місцях про виникнення або загрозу виникнення НС екологічного, техногенного або іншого походження.

Попередження про виникнення або загрозу виникнення небезпечних природних явищ, які можуть викликати НС техногенного походження (аварії на потенційно небезпечних та хімічно небезпечних об'єктах), оцінення їх розвитку і можливих наслідків покладається на:

- Держкомгідромет - метеорологічні, гідрологічні та геліофізичні явища на суші і на морі;
- Держкомгеології - екзогенні та ендегенні геологічні процеси;
- Центральні та місцеві органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування, підприємства, установи, організації, громадяни, які володіють об'єктивною інформацією про виникнення або загрозу виникнення небезпечних природних явищ, повинні негайно надавати її органам МНС і Мінекобезпеки.

Більш реальну, детальну і повну характеристику ХНО регіону допомагає дати Постанова Кабінету Міністрів України від 11 липня 2002 року № 956 «Про ідентифікацію та декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки», яка затвердила «Нормативи порогових мас небезпечних речовин для ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки» та «Порядок ідентифікації та обліку об'єктів підвищеної небезпеки», а також «Порядок декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки».

5.3. Застосування допустимих доз опромінення та рівнів радіаційного забруднення для безпечного проживання населення та функціонування суб'єктів господарювання.

Норми радіаційної безпеки застосовуються для забезпечення безпеки людини у всіх умовах впливу на нього іонізуючого випромінювання штучного або природного походження.

Норми поширюються на такі види впливу іонізуючого випромінювання на людину:

- в умовах нормальної експлуатації техногенних джерел випромінювання;
- в результаті радіаційної аварії;
- від природних джерел випромінювання;
- при медичному опроміненні.

Вимоги щодо забезпечення радіаційної безпеки сформульовані для кожного виду опромінення. Сумарна доза від усіх видів опромінення використовується для оцінки радіаційної обстановки і очікуваних медичних наслідків, а також для обґрунтування захисних заходів і оцінки їх ефективності.

Вимоги не поширюються на джерела випромінювання, що створюють при будь-яких умовах поводження з ними:

- індивідуальну річну ефективну дозу не більше 10 мкЗв;
- індивідуальну річну еквівалентну дозу в шкірі не більше 50 мЗв і в кришталику не більше 15 мЗв;
- колективну ефективну річну дозу не більше 1 люд.-Зв, або коли при колективній дозі більше 1 люд.-Зв оцінка за принципом оптимізації показує недоцільність зниження колективної дози.

Вимоги не поширюються також на космічне випромінювання на поверхні Землі і внутрішнє опромінення людини, створюване природним калієм, на які практично неможливо впливати.

Перелік і порядок звільнення джерел іонізуючого випромінювання від радіаційного контролю встановлюється санітарними правилами.

Головною метою радіаційної безпеки є охорона здоров'я населення, включаючи персонал, від шкідливого впливу іонізуючого випромінювання шляхом дотримання основних принципів і норм радіаційної безпеки без необґрунтованих обмежень корисної діяльності при використанні випромінювання в різних галузях держави, в науці та медицині.

Іонізуюча радіація при впливі на організм людини може викликати два види ефектів, які клінічною медициною відносяться до хвороб: детерміновані порогові ефекти (променева хвороба, променевої дерматит, променева катаракта, променеве безпліддя, аномалії в розвитку плоду і ін.) І стохастичні (ймовірні) безпорогові ефекти (злоякісні пухлини, лейкози, спадкові хвороби).

Норми радіаційної безпеки відносяться тільки до іонізуючого випромінювання. У Нормах враховано, що іонізуюче випромінювання є одним з багатьох джерел ризику для здоров'я людини, і що ризики, пов'язані з впливом випромінювання, не повинні співвідноситися тільки з вигодами від його використання, але їх слід зіставляти і з ризиками нерадіаційного походження.

Для забезпечення радіаційної безпеки при нормальній експлуатації джерел випромінювання необхідно керуватися наступними основними принципами:

- неперевищення допустимих меж індивідуальних доз опромінення громадян від усіх джерел випромінювання (принцип нормування);
- заборона всіх видів діяльності по використанню джерел випромінювання, при яких отримана для людини і суспільства користь не перевищує ризик можливої шкоди, заподіяної додатковим опроміненням (принцип обґрунтування);
- підтримання на можливо низькому і досяжному рівні з урахуванням економічних і соціальних факторів індивідуальних доз опромінення і числа опромінюваних осіб при використанні будь-якого джерела випромінювання (принцип оптимізації).

Нормальні умови експлуатації джерел випромінювання встановлюються такі категорії осіб, що опромінюються:

- персонал (групи А і Б);

– все населення, включаючи осіб з персоналу, поза сферою і умов їх виробничої діяльності.

Для категорій осіб, що опромінюються встановлюються три класи нормативів:

- основні межі доз (ПД), наведені в таблиці 4.1;
- допустимі рівні монофакторного впливу (для одного радіонукліда, шляхи надходження або одного виду зовнішнього опромінення), що є похідними від основних меж доз: межі річного надходження (ПГП), допустимі середньорічні об'ємні активності (ДОВА), середньорічні питомі активності (ДУА) та інші;
- контрольні рівні (دوزи, рівні, активності, щільності потоків та ін.). Їх значення повинні враховувати досягнутий в організації рівень радіаційної безпеки та забезпечувати умови, при яких радіаційний вплив буде нижче допустимого.

Основні межі доз опромінення не включають в себе дози від природного і медичного опромінення, а також дози внаслідок радіаційних аварій. На ці види опромінення встановлюються спеціальні обмеження.

Ефективна доза для персоналу не повинна перевищувати за період трудової діяльності (50 років) - 1000 мЗв, а для населення за період життя (70 років) - 70 мЗв

При одночасному впливі на людину джерел зовнішнього і внутрішнього опромінення річна ефективна доза не повинна перевищувати меж доз, встановлених в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Основні межі доз

Нормовані величини	Межі доз	
	Персонал (група А)	Населення
Ефективна доза	20 мЗв на рік в середньому за будь-які послідовні 5 років, але не більше 50 мЗв на рік	1 мЗв на рік в середньому за будь-які послідовні 5 років, але не більше 5 мЗв на рік

Нормовані величини	Межі доз	
	Персонал (група А)	Населення
Еквівалентна доза за рік в кришталіку ока *** шкірі **** кистях і стопах	150 мЗв	15 мЗв
Еквівалентна доза за рік в кришталіку ока *** шкірі **** кистях і стопах	500 мЗв	50 мЗв
Еквівалентна доза за рік в кришталіку ока *** шкірі **** кистях і стопах	500 мЗв	50 мЗв

У стандартних умовах монофакторного надходження радіонуклідів, річне надходження радіонуклідів через органи дихання і середньорічна об'ємна активність їх вдиhaє повітрі не повинні перевищувати числових значень ПГП і ДОА, де межі доз взяті рівними 20 мЗв на рік для персоналу та 1 мЗв на рік для населення.

Для персоналу групи А значення ПГП і ДОА дочірніх продуктів ізотопів радону (^{222}Rn і ^{220}Rn) - ^{218}Po (RaA); ^{214}Pb (RaB); ^{214}Bi (RaC); ^{212}Pb (ThB); ^{212}Bi (ThC) в одиницях еквівалентної рівноважної активності складають:

$$\text{ПГП: } 0,10 \text{ P RaA} + 0,52 \text{ P RaB} + 0,38 \text{ P RaC} = 3,0 \text{ МБк}$$

$$0,91 \text{ P ThB} + 0,09 \text{ P ThC} = 0,68 \text{ МБк}$$

$$\text{ДОА: } 0,10 \text{ A RaA} + 0,52 \text{ A RaB} + 0,38 \text{ A RaC} = 1200 \text{ Бк / м}^3$$

$$0,91 \text{ A ThB} + 0,09 \text{ A ThC} = 270 \text{ Бк / м}^3,$$

де P_i і A_i - річні надходження і середньорічні об'ємні активності в зоні дихання відповідних дочірніх продуктів ізотопів радону.

Для жінок у віці до 45 років, які працюють з джерелами випромінювання, вводяться додаткові обмеження: еквівалентна доза на поверхні нижньої частини області живота не повинна перевищувати 1 мЗв на місяць, а надходження радіонуклідів в організм за рік не повинно бути більше 1/20 межі річного надходження для персоналу. У цих умовах еквівалентна доза опромінення плода за 2 місяці невиявленої вагітності не перевищить 1 мЗв.

Для студентів і учнів старше 16 років, що проходять професійне навчання з використанням джерел випромінювання, річні дози не повинні перевищувати значень, встановлених для персоналу групи Б.

Ефективна доза опромінення природними джерелами випромінювання всіх працівників, включаючи персонал, не повинна перевищувати 5 мЗв на рік в виробничих умовах (будь-які професії і виробництва).

Середні значення радіаційних чинників протягом року, відповідні при монофакторному впливі ефективній дозі 5 мЗв за рік при тривалості роботи 2000 ч/рік, середньої швидкості дихання 1,2 м³/ год і радіоактивній рівновазі радіонуклідів уранового і торієвого рядів у виробничій пилу, складають:

- потужність ефективної дози гамма-випромінювання на робочому місці - 2,5 мкЗв / ч;
- ЕРОАР_п в повітрі зони дихання - 310 Бк / м³;
- ЕРОАТ_п, в повітрі зони дихання - 68 Бк / м³;
- питома активність у виробничому пилу урану-238, що знаходиться в радіоактивному рівновазі з членами свого ряду - 40 / f кБк / кг, де f - середньорічна загальна запиленість повітря в зоні дихання, мг / м³;
- питома активність у виробничому пилу торію-232, що знаходиться в радіоактивному рівновазі з членами свого ряду, - 27 / f, кБк / кг.

Вплив космічних випромінювань на екіпажі літаків нормується як природне опромінення у виробничих умовах.

Радіаційна безпека населення досягається шляхом обмеження впливу від усіх основних видів опромінення. Можливості регулювання різних видів опромінення істотно розрізняються, тому регламентація їх здійснюється окремо з застосуванням різних методологічних підходів і технічних способів.

. Відносно всіх джерел опромінення населення слід вживати заходів як щодо зниження дози опромінення в окремих осіб, так і по зменшенню числа осіб, що піддаються опроміненню, відповідно до принципу оптимізації.

Річна доза опромінення населення не повинна перевищувати основні межі доз (табл. 4.1). Зазначені межі доз відносяться до середньої дози критичної групи населення, що розглядається як сума доз зовнішнього опромінення за поточний рік і очікуваної дози до 70 років внаслідок надходження радіонуклідів в організм за поточний рік.

Для обмеження опромінення населення окремими техногенними джерелами випромінювань федеральним органом держсанепіднагляду для них встановлюються квоти (частки) межі річної дози, але так, щоб сума квот не перевищувала меж доз, зазначених в таблиці 4.1.

Опромінення населення техногенними джерелами випромінювання обмежується шляхом забезпечення збереженості джерел випромінювання, контролю технологічних процесів і обмеження викиду (скидання) радіонуклідів в навколишнє середовище, а також іншими заходами на стадії проектування, експлуатації та припинення використання джерел випромінювання.

На підставі значень ПГП радіонуклідів через органи травлення, відповідних межі дози 1 мЗв за рік і квот від цієї межі, може бути розрахована для конкретних умов допустима питома активність основних харчових продуктів з урахуванням їх розподілу за компонентами раціону і в питній воді, а також з урахуванням надходження радіонукліда через органи дихання і зовнішнього опромінення.

Допустиме значення ефективної дози, обумовленої сумарним впливом природних джерел випромінювання, для населення не встановлюється. Зниження опромінення населення досягається шляхом встановлення системи обмежень на опромінення населення від окремих природних джерел випромінювання.

При проектуванні нових будівель житлового та громадського призначення повинно бути передбачено, щоб середньорічна еквівалентна рівноважна об'ємна активність дочірніх продуктів ізотопів радону і торону в повітрі приміщень $EPOAR_n + 4,6 \times EPOAT_n$ не перевищувала 100 Бк / м³, а потужність ефективної

доза гамма-випромінювання не перевищувала потужність дози на відкритій місцевості більш ніж на 0,2 мкЗв / год.

У будинках, що експлуатуються середньорічна еквівалентна рівноважна об'ємна активність дочірніх продуктів ізотопів радону і торону в повітрі житлових приміщень не повинна перевищувати 200 Бк/ м³. При більш високих значеннях об'ємної активності повинні проводитися захисні заходи, спрямовані на зниження надходження радону, в повітря приміщень і поліпшення вентиляції приміщень.

Таким чином у даному розділі було розглянуто та описано заходи щодо попередження утворенню осередків ураження і зон забруднення при виробничих аваріях і катастрофах на підприємствах атомної та хімічної промисловості та допустимі дози опромінення та рівні радіаційного забруднення для безпечного проживання населення та функціонування суб'єктів господарювання.

РОЗДІЛ 6

ЕКОЛОГІЯ

На сьогоднішній день важко переоцінити важливість і роль екології як в житті цілого суспільства, так і окремо в житті кожної людини. Одним з головних сучасних практичних напрямків діяльності екології є створення таких технологій, які в найменшій мірі впливають на навколишнє середовище. Технології, що володіють цією властивістю, називаються екологічними.

З розвитком технічного рівня цивілізації вплив техногенних факторів на природне середовище існування постійно зростала. Причому цей вплив, як правило, мав руйнівний, негативний характер. Коли зміни досягли таких масштабів, що стали впливати вже на життя людської спільноти, вивчення екології вийшло для людства в ряд першочергових завдань.

В даму розділі розкривається питання використання альтернативних джерел енергії не тільки в світі, а й в Україні. Висвітлюються найбільш розповсюджені види альтернативних джерел енергії в Україні, доцільність їх використання, переваги та проблеми їх запровадження. Також розглянуто питання дисперсійного аналізу який є сукупністю статистичних методів, призначених для перевірки певних гіпотез про зв'язок між ознакою та досліджуваними факторами, які не мають кількісного опису, а також для встановлення ступеня впливу факторів та їх взаємодії [19].

6.1. Отримання енергії за рахунок альтернативних джерел

В теперішній час можна спостерігати значний інтерес вчених різних країн до дослідження та використання альтернативних джерел енергії. Насамперед це пов'язано з великою необхідністю охорони навколишнього середовища. Рушійною силою цього процесу являються виникаючі зміни в енергетичній політиці країн із структурою перебудови паливно–енергетичного комплексу, пов'язаною з екологічним станом, який виникає в наш час як перехід на

енергозберігаючі та ресурсозберігаючі технології в енергетиці, так і в промисловості та житловому комплексі.

До альтернативних джерел енергії належать (див.рис 6.1) – відновлювані джерела енергії, до яких належать енергія сонячна, вітрова, геотермальна, гідротермальна, аеротермальна, енергія хвиль та припливів, гідроенергія, енергія біомаси, газу з органічних відходів, газу каналізаційно–очисних станцій, біогазів, та вторинні енергетичні ресурси, до яких належать доменний та коксівний газ, газ метан, дегазації вугільних родовищ, перетворення скидного енергопотенціалу технологічних процесів.

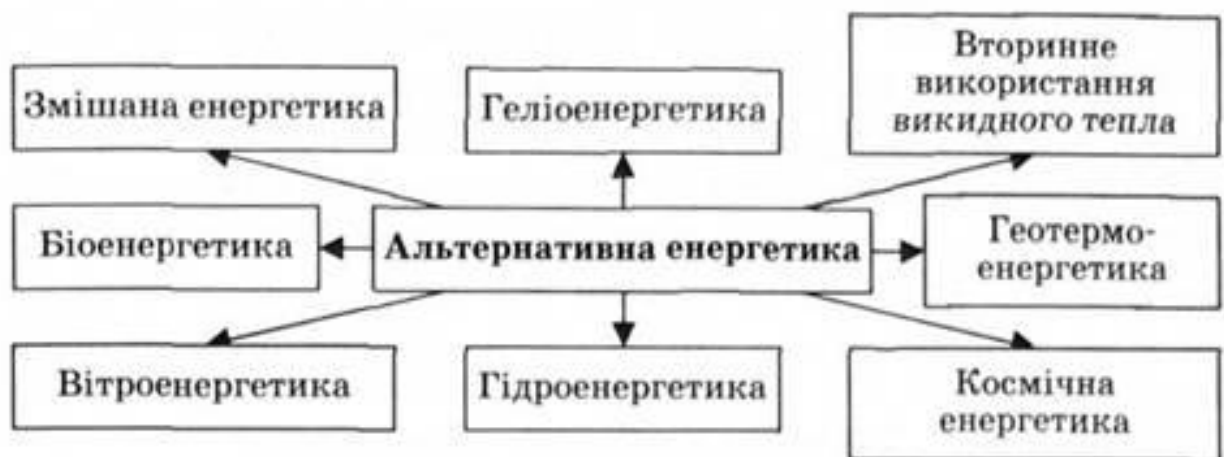


Рис. 6.1. Альтернативні джерела енергії

Альтернативна енергетика – сфера енергетики, що забезпечує вироблення електричної, теплової та механічної енергії з альтернативних джерел енергії.

Використання альтернативних джерел енергії має особливості, зокрема зумовлені природними умовами, а саме:

- залежністю від атмосферних та інших умов довкілля;
- наявністю водних ресурсів малих річок, необхідних для роботи гідроенергетичного обладнання;
- наявністю біомаси, кількість якої залежить від обсягів щорічних урожаїв;
- наявністю геотермальних джерел та свердловин, придатних для виробництва та використання геотермальної енергії;

- наявністю теплових викидів, обсяги яких залежать від функціонування підприємств промисловості;
- періодичністю природних циклів, внаслідок чого виникає незбалансованість виробництва енергії;
- необхідністю узгодження та збалансування періодичності передачі обсягів енергії, виробленої з альтернативних джерел, зокрема передачі електричної енергії в об'єднану енергетичну систему України.

Майбутнє світової екології – за альтернативними джерелами енергії, бо вони майже безплатні (природні вітри, енергія Сонця, земного тепла), безпечні і не пов'язані із шкідливими викидами.

Перевагою альтернативних джерел є – автономність, відсутність необхідності передавати енергію на великі відстані, що супроводжується її великими втратами та забрудненням довкілля, наприклад електромагнітним при транспортуванні електроенергії високої напруги. Проблема альтернативних джерел енергії особливо актуальна на фоні повідомлень про те, що запаси нафти, газу будуть вичерпані через 30–50 років, вугілля – через 200–300 років.

Широкомасштабне впровадження альтернативних джерел енергії зробити суттєвий крок у зменшенні енергетичної залежності. Розвиток та використання альтернативних та відновлювальних джерел енергії (вітрової і сонячної енергії, біопалива, тощо) є вагомим фактором для зміцнення енергетичної безпеки та зменшення негативного техногенного впливу на навколишнє природне середовище. Важливість розвитку альтернативної енергетики є очевидною, адже вона відіграє вирішальну роль у зменшенні парникових викидів, зниженні негативного впливу на довкілля, підвищує безпеку енергопостачання, допомагає зменшити залежність від імпорту енергії [40].

6.2. Методика дослідження джерел забруднення промислових підприємств.

Екологічна безпека є невід'ємним елементом стійкого відтворного розвитку суспільства, який реалізується в довготривалих інтересах людей і забезпечує

сприятливі умови для існування і розвитку, як людського суспільства, так і всього рослинного і тваринного світу.

Фундаментом системи екологічної безпеки можуть служити тільки адекватні організаційно-правові, соціально-політичні, господарські механізми управління екологічною безпекою, які базуються на достовірних кількісних даних, результатах математичного моделювання й прогнозування, сучасних інформаційних технологіях, що дозволяють протидіяти антропогенній і природній деструкції біосфери.

Концепція визначає національну безпеку України як стан захищеності життєво важливих інтересів особистості або суспільства і держави від внутрішніх і зовнішніх факторів погрози. У ній відзначається, що забезпечення екологічно безпечних умов життєдіяльності суспільства є пріоритетним національним інтересом України [1].

Забезпечення екологічної безпеки на потенційно небезпечних об'єктах вимагає технічного переоснащення виробництва з впровадженням новітніх ресурсо- та енергозберігаючих технологій, посилення нагляду за неухильним виконанням вимог промислової безпеки на потенційно небезпечних об'єктах та удосконалення законодавства з питань екологічної безпеки.

Серед мір, спрямованих на забезпечення екологічної безпеки, важливе місце займають правові заборони, екологічне ліцензування, екологічна стандартизація, сертифікація й експертиза, екологічний моніторинг і аудит, екологічне планування і прогнозування, нормування, лімітування і страхування.

Забезпечення екологічної безпеки є не тільки необхідною умовою для забезпечення права громадян України на безпечне для життя та здоров'я довкілля, гарантованого статтею 50 Конституції України, але і невід'ємною умовою для просування держави на шляху інтеграції до європейської спільноти.

Забезпечення екологічної безпеки на потенційно небезпечних об'єктах вимагає технічного переоснащення виробництва з впровадженням новітніх ресурсо- та енергозберігаючих технологій, посилення нагляду за неухильним виконанням вимог промислової безпеки та удосконалення законодавства з питань екологічної безпеки.

Розробка нових методичних підходів щодо комплексної оцінки впливу промислового підприємства на стан навколишнього природного середовища є дуже актуальною задачею підвищення рівня екологічної безпеки.

Таким чином, в Україні надзвичайно актуальним є розробка нових підходів до оцінки рівня екологічної небезпеки промислових підприємств з метою прийняття науково-обґрунтованих управлінських рішень щодо мінімізації антропогенного навантаження на стан навколишнього природного середовища.

В роботі [8] представлена методика визначення показника екологічної безпеки підприємства, яка складається з декількох етапів:

- комплексна оцінка ступеню забрудненості території впливу промислового підприємства, що інтегрує показники забруднення атмосферного повітря, поверхневих вод і ґрунтів;
- комплексна оцінка впливу промислового підприємства на стан навколишнього природного середовища, яка складається з показників впливу скиду стічних вод на поверхневі водні об'єкти, викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря та промислових відходів на стан довкілля.

Показник екологічної безпеки підприємства визначається як середньо геометрична величина показника забрудненості території і показника впливу промислового підприємства на навколишнє природне середовище [8].

Але практичне застосування цієї методики потребує її удосконалення.

Таким чином, при визначенні показника впливу скиду стічних вод на стан поверхневих вод враховується клас небезпеки забруднюючих речовин, які потрапляють до водних об'єктів, а також ступінь надійності очисних споруд, що впливає на можливість виникнення надзвичайних ситуацій.

Інтенсивність негативного впливу промислових відходів на навколишнє природне середовище залежить від типу та розміру об'єктів розміщення відходів і визначається за даними табл. 6.1. Коефіцієнт впливу розміщення промислових відходів на стан довкілля приймається за максимальним значенням параметрів, наведених в табл. 6.1 [8].

Показники впливу розміщення промислових відходів

Показники впливу розміщення промислових відходів	Високий ступень впливу $s^V = 1,5$	Середній ступень впливу $s^V = 1,25$	Низький ступінь впливу
Тип об'єкту розміщення відходів	Несанкціоновані місця розміщення відходів; котловани, кар'єри, вироблені шахти, штольні, підземні порожнини; нагромадження відходів на промисловому майданчику	Санкціоновані смітники; відвали, терикони; шламонакопичувачі. Розміщення на тривалий строк на об'єктах, розташованих на території підприємств	Полігони знешкодженню й похованню промислових і побутових відходів; штучні збірники, бункери, контейнери та ін.
Площа зберігання відходів, га	Більше 5	1-5	Менше 1
Обсяг сховища відходів, м ³	Більше 250000	10000 - 250000	Менше 10000
Рельєф місцевості	Височина	Рівна територія, пологий схил	Пониження рельєфу

При розміщенні промислових відходів необхідно вживати заходи по захисту атмосферного повітря, підземних вод, ґрунтів та поверхневих вод з врахуванням природної захищеності компонентів навколишнього природного середовища та умов розташування промислового підприємства і споруджень по зберіганню відходів.

Нажаль, відсоток утилізації промислових і побутових відходів на промислових підприємствах України дуже низький. На більшості підприємств відходи зберігаються на території промислових майданчиків або вивозяться на сміттєзвалища. Застосування запропонованої мети спрямовано на підвищення екологічної безпеки поводження з промисловими відходами.

Запропонована методика може застосовуватись при визначенні рівня екологічної небезпеки промислових підприємств на державному, регіональному та місцевому рівнях.

Запропонований підхід до визначення екологічної безпеки підприємства враховує ступінь виконання екологічних нормативів і стандартів, ефективність природоохоронних заходів, зношеність технологічного обладнання, особливості розташування промислового майданчика і сучасний стан навколишнього природного середовища. Цей методичний підхід може бути використаний не тільки для визначення екологічної безпеки промислового підприємства, але також для підприємств житлово – комунального і сільського господарств з метою прийняття управлінських рішень щодо зменшення негативного антропогенного навантаження на стан навколишнього природного середовища.

ВИСНОВКИ

У ході виконання даного дипломного проекту було досліджено та побудовано систему оптимізації енергоспоживання для розумного будинку на основі технології Bluetooth Low Energy.

Було сформульовано основні вимоги до системи, досліджено існуючі підходи до вирішення схожих задач та виокремлено шляхи їх покращення.

Запропоновано та реалізовано архітектуру системи, що збирає дані про стан електроприладів, на їх основі дозволяє автоматизовано приймати рішення про їх включення або відключення з метою балансування навантаження внутрішньої електромережі, попередження несправностей та мінімізації фінансових витрат на електроенергію.

Система є дешевою, надійною та легкою для розгортання завдяки мінімізації кількості необхідного обладнання – вимагається лише наявність комп'ютера з вбудованим або зовнішнім адаптером Bluetooth 4.0 або вище.

Розроблена система повністю задовольняє усім поставленим вимогам та завданню дипломного проекту.

В якості елементів системи було спроектовано та розроблено на основі сімейства мікросхем Microchip два діючі макетні зразки пристроїв моніторингу і контролю електроприладів, що також відповідають усім поставленим вимогам.

Спроекований інтерфейс приладу “мікроконтролер-модуль Bluetooth LE” є універсальним і може бути використаний для розробки будь-яких приладів, для яких необхідна можливість їх моніторингу та керування з мінімальними енерговитратами за допомогою смартфона або комп'ютера (побутові прилади, промислове устаткування, інвертори відновлюваних джерел живлення тощо).

В подальшому планується вдосконалювати алгоритм розробленої системи шляхом впровадження технологій аналізу даних, таких як класифікація і регресія. Це дозволить зменшити час відповіді системи та автоматизувати вибір значень деяких налаштувань, які наразі формуються тільки вручну. Крім цього, в майбутньому, з появою промислових зразків модулів Bluetooth 5.0, буде оновлено модуль розробленого пристрою, що дозволить отримати значний приріст радіусу

дії а також можливість для конфігурації mesh-топології Bluetooth мережі, що значно розширить її потенційні розміри та забезпечить більш надійний зв'язок пристроїв за умови наявності у приміщенні товстих стін та перекриттів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. M. Abolhasan, S. Movassaghi, J. Lipman, D. Smith and A. Jamalipour, “Wireless body area networks: A survey, Communications Surveys Tutorials, Volume. 15”, no. 3, 1567–1598 p.
2. Bluetooth SIG, “Specification of the Bluetooth System - Version 1.2, Specification Volumes 0-3”.- 2003.
3. Jain S., Fall K., and Patra R. Routing in a Delay Tolerant Network / ACM SIGCOMM Computer Communication Review.- 2004. Volume 34.- pp. 145-158.
4. A. Abouzeid, S. Roy Stochastic modeling of TCP in networks with abrupt delay variations. In nine vol. Vol. 9. Evolution and Emerging Issues in Mobile Wireless Networks, 2003. 509-524 p.
5. A. Adjih, E. Baccelli, P. Jacquet Link State Routing in Wireless Ad-Hoc Networks Unite de recherche INRIA Rocquencourt. – 2003. 3-16 p.
6. Ian Akyildiz X. W. Wireless Mesh Networks / Ian Akyildiz. – London: John Wiley & Sons, (November 2004, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA 30332, USA). 2004. 446-460 p.
7. Интернет вещей в научных исследованиях. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/internet-veschey-v-nauchnyh-issledovaniyah>(дата звернення: 15.09.2019)
8. A Survey on Sensor-based Threats to Internet-of-Things (IoT) Devices and Applications. URL: <https://arxiv.org/pdf/1802.02041.pdf> (дата звернення: 05.11.2019)
9. Обзор и сравнительный анализ технологий сетей LP WAN. URL: www.sut.ru/doci/nauka/review/20164/33-48.pdf (дата звернення: 03.10.2019)
10. Kemal Akkaya, Mohamed Younis. A survey on routing protocols for wireless sensor networks. AdHocNetworks3, 2005–pp.325 –349
11. Carlos de Moraes Cordeiro. Ad hoc & Sensor Networks, Theory and Applications / Carlos de Moraes Cordeiro, Dharma Prakash Agrawal. –Singapore: WorldScientific Publishing Co, 2006. –642 p.
12. Maxemchuk N.F. Disperty Routing in High-speed Networks. Computer Networks and ISDN System, vol. 25, issue 6, 1993–pp. 645-661.

13. Соколов М. Программно-аппаратное обеспечение беспроводных сетей на основе технологии Zigbee/802.15.4 // Электронные компоненты. - No12. –2004.
14. Detecting Forest Fires using Wireless Sensor Networks. URL: http://www.libelium.com/wireless_sensor_networks_to_detec_forest_fires (дата звернення: 20.10.2019)
15. IEEE802.15.4 vs ZigBee. URL: <http://sensor-networks.org/index.php?page=0823123150> (дата звернення: 13.10.2019)
16. Обзор современных технологий беспроводной передачи данных в частотных диапазонах ISM (Bluetooth, ZigBee, Wi-Fi). URL: http://www.wirelesse.ru/articles/technologies/2011_4_6.php (дата звернення: 09.10.2019)
17. Kameas A., Mavrommati I., Drossos N. Towards ubiquitous computing applications composed from functionally autonomous hybrid artifacts. Springer: Berlin, Germany, 2007, pp. 152–173.
18. Mitran P., Ochiai H., Tarokh V., Poor H.V. Collaborative beamforming for distributed wireless ad hoc sensor networks. IEEE Trans. Signal Process. 2005, 52, 4000–4128.
19. Yigitel, M.A., Incel O.D., Ersoy C. QoS-aware MAC protocols for wireless sensor networks: A survey. Comput. Netw. 2011, 55, 1982–2004.
20. Кучерявий Е.А. Управління трафіком і якість обслуговування в мережі Інтернет, Наука і Техніка, 2004 – 336 с.
21. Смирнов П.І. Способи оцінки показників якості обслуговування в мультисервісних, Наука і Техніка, 2012 – 25 с.
22. Пшеничников А.П., Васькин Ю.А., Степанов М.С. Розподіл каналного ресурсу, Т-СОММ, 2009 г. – 46 с.
23. Оліфер В.Г., Оліфер Н.А. Комп'ютерні мережі. Принципи, технології, протоколи. СПб.: БХВ-Санкт-Петербург, 2010. – 916 с.
24. Концепція побудови мультисервісної мережі зв'язку. URL: http://www.datatelecom.ru/option=com_content&view=article&id=5
25. Гургенідзе А. Т., Кореш В. І. Мультисервісні мережі й послуги широкосмугового доступу. Санкт-Петербург, Наука і техніка, 2003. 400 с.

26. Brooks R. R., Iyengar. S. S. Multi-Sensor Fusion: Fundamentals and Applications / R. R. Brooks, S. S. Iyengar // Prentice Hall, Englewood Cliffs. –NJ. – 2009. –P. 120.

27. Протоколи зв'язку для «Розумного будинку». URL: <https://www.ferra.ru/review/smarthome/SmartHome-Protocols.htm>

ДОДАТОК А

ТЕЗИ КОНФЕРЕНЦІЙ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
 Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)
 Національна академія наук України
 Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)
 Маріборський університет (Словенія)
 Технічний університет у Кошице (Словаччина)
 Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)
 Шяуляйська державна колегія (Литва)
 Жешувський політехнічний університет ім. Лукасевича (Польща)
 Білоруський національний технічний університет (Республіка Білорусь)
 Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)
 Національний університет біоресурсів і природокористування України (Україна)
 Наукове товариство ім. Шевченка
 ГО «Асоціація випускників Тернопільського національного технічного університету імені
 Івана Пулюя»

АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Збірник

тез доповідей

Том II

VIII Міжнародної науково-технічної
 конференції молодих учених та студентів

27-28 листопада 2019 року



УКРАЇНА
 ТЕРНОПІЛЬ – 2019

25.	М.М. Долик СПОСОБИ КОПЮВАННЯ АРХІВНИХ ДОКУМЕНТІВ	34
26.	П.С. Євтух, В.П. Храпа МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ УЗГОДЖЕННЯ ВИХІДНИХ ЦИФРОВИХ ПОТОКІВ МЕДИЧНИХ ПРИЛАДІВ З БЕЗПРОВІДНОЮ МЕРЕЖЕЮ	35
27.	Р.В. Заровенний, Б.І. Яворський, В.В. Лесів, А.С. Марценюк МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ РОЗДІЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ ПЕРЕТВОРЕННЯ РЯДКОВОЇ РОЗГОРТКИ ЗОБРАЖЕННЯ В КРУГОВУ	36
28.	М.В.Зварич, М.П.Холодзьон, В.І.Ядельський ОГЛЯД ПАРАДИГМИ РОЗРОБКИ АЛГОРИТМУ «РОЗДІЛЯЙ І ВОЛОДАРЮЙ»	37
29.	І.П. Земба, Г.П. Химич, О.М. Мулик АНТЕНА ОФСЕТНОГО ТИПУ ДЛЯ ДВОХ ЧАСТОТНИХ ДІАПАЗОНІВ	38
30.	В.Р. Камась АНАЛІЗ КОМУНІКАЦІЇ ПРИСТРОЇВ ПОБУДОВАНИХ НА БАЗІ ТЕХНОЛОГІЇ BLUETOOTH LOW ENERGY	39
31.	С.М.Квач, Н.В. Грабовський, А.П. Петрук АНАЛІЗ ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ В ПРОМИСЛОВІСТЬ	41
32.	І.П.Ковальчик, В.В. Драга, В.М.Фірман IT І BIGDATA ЯК ІНСТРУМЕНТИ ПРОГНОЗУВАННЯ СТИХІЙНИХ ЛИХ ТА ШВИДКОГО ПОШИРЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ	42
33.	Б.П. Ковалюк, В.О. Лукашук МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОГО ДИСТАНЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ВАНТАЖУ В ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМАХ	44
34.	Р.В. Ковбасюк, А.А. Луцків, А.П.Маслянюк, О.П. Гайдамаха ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ ARDUINOПРИ РОЗРОБЦІ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ РІЗНИХ ТИПІВ	45
35.	М.П. Комар, М.С. Лушак, В.М. Огар, І.П. Харкавців, Р.І. Яворський ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ МЕТОДИ ВИЯВЛЕННЯ ВТОРГНЕНЬ У КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ	46
36.	М.П. Комар, Н.М. Коцій, Ю.В. Крижанівський, Р.В. Мельникович, С.Ю. Сокальський, В.М. Лісовенко ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ ГЛИБОКИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ТА АНАЛІЗУ ДАНИХ	47
37.	В.В. Костенко, І.В. Коноваленко, Д.І. Оболкін, В.О. Соколенко ДЕЯКІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ У ПОШУКОВИХ СИСТЕМАХ	48

УДК 004.78

В.Р. Камасєв

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

АНАЛІЗ КОМУНІКАЦІЇ ПРИСТРОЇВ ПОБУДОВАНИХ НА БАЗІ ТЕХНОЛОГІЇ BLUETOOTH LOW ENERGY

V.R. Kamaiev

ANALYSIS OF COMMUNICATION BETWEEN DEVICES BASED ON BLUETOOTH LOW ENERGY TECHNOLOGY

Технологічна експансія з кожним днем наближається до свого апогею. Відтепер побудова екосистеми у розумному будинку являє собою одну із найперспективніших галузей на ринку побутової електроніки. На даний момент перед кожним виробником подібних девайсів та систем стоїть питання їх автономності та енергоефективності, адже такі пристрої повинні бути відмовостійкими і надійними а це можливо лише у випадку надійності мережевого з'єднання при мінімальному енергоспоживанні. Рішенням даних проблем може бути система побудована на базі технології Bluetooth Low Energy.

Bluetooth з низьким енергоспоживанням або Bluetooth смарт - технологія цифрової бездротової передачі даних з наднизьким енергоспоживанням, заснована на недорогих мікросхемах в передавальних пристроях.

Споживаючи менше енергії, технологія Bluetooth з низьким енергоспоживанням запропонує тривале забезпечення зв'язку і з'єднання маленьких пристроїв типу датчиків і мобільних пристроїв в межах персональних мереж (PAN)

Специфікація Bluetooth 4.0 (і більш пізні) фактично визначає дві бездротові технології: BR / EDR (класичний Bluetooth, що розвивається, починаючи з першої версії стандарту) і BLE (Bluetooth Low Energy).

Пристрої, в яких застосований BLE, можуть бути як дворежимні BR / EDR / BLE (називаються Bluetooth Smart Ready), сумісні з класичними Bluetoothпристроями, так і однорежимні BLE (Bluetooth Smart)

У роботі розглядається побудова системи домашньої диспетчеризації на основі новітнього протоколу Bluetooth Low Energy з використанням сучасних технологій. Також пропонується пристрій моніторингу і контролю електроприладами, що є елементом даної системи. Запропоновано архітектуру, що має переваги перед існуючими системи в таких аспектах як надійність, швидкодія, простота розгортання та керування. Система є гнучкою завдяки можливості вибору режимів роботи (автоматичного або ручного) та зміни різноманітних налаштувань, що впливають на роботу алгоритму оптимізації. В роботі наведено приклади роботи системи в різних режимах та за різних значень налаштувань алгоритму, що складається з сервера, розгорнутого на персональному комп'ютері, та двох розроблених макетних зразків пристроїв моніторингу і контролю.

Комунікація між пристроями побудована на базі пікомереж об'єднаних в «scatternet».

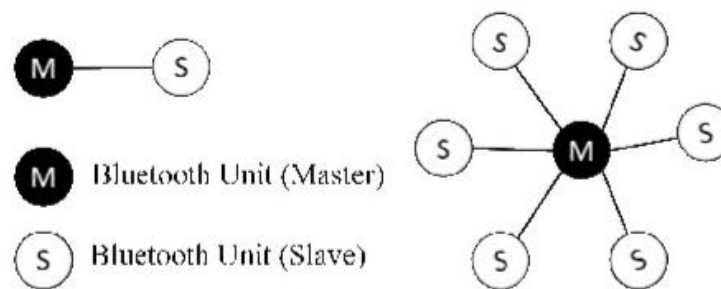


Рисунок 1. Мережа Bluetooth Piconet

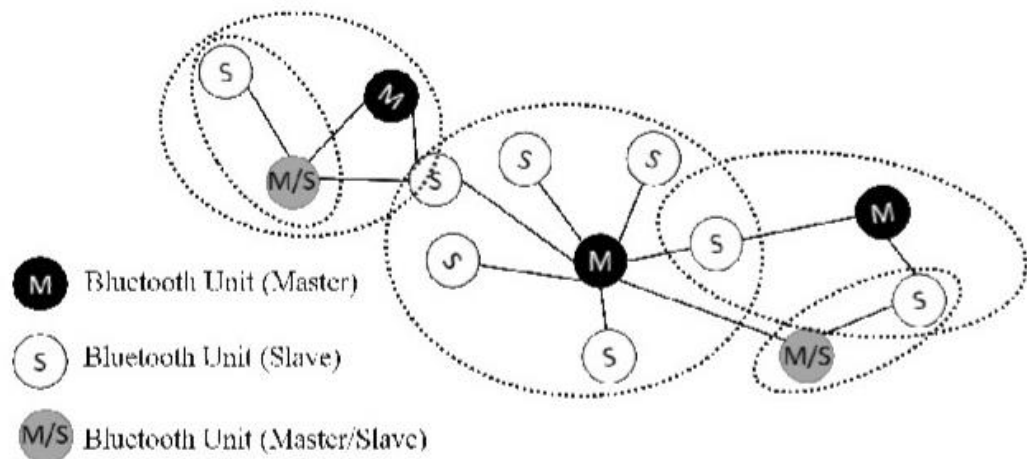


Рисунок 2. Мережа Bluetooth Scatternet

Література

1. A. Abouzeid, S. Roy Stochastic modeling of TCP in networks with abrupt delay variations. In nine vol. Vol. 9. Evolution and Emerging Issues in Mobile Wireless Networks, 2003. 509-524 p.
2. C. Adjih, E. Baccelli, P. Jacquet Link State Routing in Wireless Ad-Hoc Networks Unite de recherche INRIA Rocquencourt. – 2003. 3-16 p.
3. O.B. Akan, I.F. Akyildiz ATL: an adaptive transport layer suite for next-generation wireless internet / IEEE Journal on Selected Areas in Communications. 2004, № 5, 802-817 p.
4. Ian Akyildiz X. W. Wireless Mesh Networks / Ian Akyildiz. – London: John Wiley & Sons, (November 2004, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA 30332, USA). 2004. 446-460 p.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ**

МАТЕРІАЛИ

VII НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

**«ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ,
СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»**



11–12 грудня 2019 року

**ТЕРНОПІЛЬ
2019**

V. Dorofei, N. Palyanytsya RESEARCH FOR MEDICAL IMAGE FORMATS FOR USE IN NEURAL NETWORK CLASSIFIERS	41
B. Zhylavskiy, M. Petrik DEVELOPMENT OF WEB-APPLICATION TO MANAGE THE SOFTWARE CREATION PROCESS	42
O. Zhmurkevych, N. Kunanets FAMILY DOCTOR SUPPORT INFORMATION SYSTEM	43
I. Zhuravlyuk IMPROVING IMAGE QUALITY FOR DIGITAL X-RAY DIAGNOSTICS	44
O. Zabihailo, O. Tereshko, I. Panasiuk, R. Leskiv THE INTERNET OF THINGS, BIG DATA, AND INTELLIGENCE IN SMART CITY	45
D. Ivantyshyn, N. Kunanets INFORMATION SYSTEM OF ACCOUNTING AND ANALYSIS OF SOLAR ACTIVITY DATA	46
V. Kamaiev ELECTRICITY MANAGEMENT IN SMART BUILDING SYSTEMS BASED ON BLUETOOTH LOW ENERGY TECHNOLOGY	47
O. Karelina, V. Dudykevych CLASSIFICATION OF METHODS TO DEFINITION INFORMATION SYSTEMS SECURITY	48
S. Kovalik, V. Nikolaychuk, V. Dozorskiy SELECTION OF BIOSIGNALS FOR THE TASK OF HAND BIOPROSTHETICS	49
A. Kohut USING OF BLOCKCHAIN TECHNOLOGY TO ASSURE INFORMATION OPENNESS	50
S. Komendat, O. Sembai, I. Soima, V. Yuzvak CONCEPTS OF DEVELOPMENT OF SMART CITIES	51
I. Konovalenko, P. Maruschak, R. Fedko, P. Nakonechnyi INTELLECTUALIZED METHODS OF DIAGNOSING STRUCTURES ACCORD- ING TO A FUZZY DESCRIPTION OF DEFECTS	52
O. Kopanetskii USE OF BLOCKCHAIN TECHNOLOGY TO CONTROL THE COPYRIGHT MECHANISM OF AUDIO FILES	53
B. Kravchyk, V. Dunets DETECTION OF RADIO SIGNALS IN INTERFERENCE WITH INTERFER- ENCE	54
V. Krot RESEARCH OF TELEMEDICINE DEVELOPMENT PROBLEMS IN UKRAINE	55
V. Krot REVIEW OF TELEMEDICINE TECHNOLOGIES	57
M. Kuzyo ASSESSMENT OF INFORMATION SECURITY RISKS OF TERNOPIL NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY	58
O. Kunanets, A. Vasyliuk CREATION OF THE BLOOD DONATION RECOMMENDATION SYSTEM AS AN IT-PROJECT	59
Y. Kupchak, V. Muzh METHOD OF SECURITY STORAGE OF INFORMATION ON DIGITAL MEDIA	60
O. Lavrynets, I. Grod BUILDING A WEB APPLICATION DEVELOPMENT ENVIRONMENT WITH OPTIMAL SECURITY	61

УДК 004.78

В. Камаєв

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

**УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЄЮ У СИСТЕМАХ РОЗУМНОГО
БУДИНКУ НА БАЗІ ТЕХНОЛОГІЇ BLUETOOTH LOW ENERGY**

UDC 004.78

V. Kamaiev

(Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine)

**ELECTRICITY MANAGEMENT IN SMART BUILDING SYSTEMS BASED
ON BLUETOOTH LOW ENERGY TECHNOLOGY**

Пристрої MOBILE з мережевими інтерфейсами бездротового зв'язку набувають все більшої популярності та дають змогу використовувати нові однорангові програми, що включають пристрої, що спілкуються в безпосередній близькості один від одного. Одним із прикладів таких застосувань є спеціальні опортуністичні мережі, в яких контент передається між мобільними пристроями за відсутності глобальної зв'язку через використання можливостей комунікації, що виникають у процесі мобільності користувача.

Мобільні пристрої з підтримкою Bluetooth особливо підходять для цього типу нових програм однорангових комунікацій, оскільки вони пропонують передачу даних малої потужності малої потужності. Крім того, оскільки такі пристрої стають все більш поширеними, майже кожен, хто має пристрій Bluetooth у кишені, стає потенційним учасником процесу переадресації.[2]

Під час оцінки було досліджено споживання енергії та скорочення швидкості виявлення сусіднього пристрою з Bluetooth 4.0, вибрано набір репрезентативних параметрів, а потім була дана оцінка для двох адаптивних схем за допомогою моделювання мобільності вузла. Щоб налаштувати параметри схеми виявлення сусідніх пристроїв, було розроблено тренажер, що тісно відповідає реалізації пристроїв. Тренажер використано для дослідження великого простору параметрів Bluetooth і перевірки його результатів шляхом вимірювань на експериментальній платформі на базі пристроїв RN4020, сумісних з Bluetooth v4.0. Систематичний пошук багатовимірного простору параметрів Bluetooth забезпечує швидкі та енергоефективні режими виявлення. Прикладом репрезентативного результату, перевіреного експериментально на даних пристроях, є те, що за середнього інтервалу виявлення 1 секунди, що знаходиться в межах звичайного вікна можливостей для встановлення контакту, споживання енергії може бути не більше ніж у 1,5 рази в режимі очікування споживання енергії.[1]

Дослідження адаптивних схем показало, що вони витрачають на 50% менше енергії за контакт і мають ~5% і ~9% кращі показники відповідно за наївною схемою енергозбереження. Хоча результати моделювання є багатообіцяючими, існують властиві обмеження в моделюванні реальних моделей руху за допомогою спрощеної моделі мобільності. Робота забезпечує швидкі та енергоефективні режими виявлення, завдяки чому навіть короткі контакти можуть реєструватися без надмірного споживання енергії. Досліджені алгоритми та методи працюють над немодифікованим стандартом Bluetooth, отже, вони можуть бути легко реалізовані на розгорнутих на даний момент пристроях.

Література

1. S. Jain, K. Fall, and R. Patra, "Routing in a Delay Tolerant Network," in Proceedings of ACM SIGCOMM, 2004.
2. Bluetooth SIG, "Specification of the Bluetooth System – Version 1.2, Specification Volumes 0-3," 2003.