

**Міністерство освіти і науки України**  
**Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»**

Інститут електроенергетики  
(інститут)  
факультет інформаційних технологій  
Кафедра інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

кваліфікаційної роботи ступеня бакалавра  
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

Студентки Колесниченко Світлани Олександрівни  
(ПІБ)

академічної групи 123-20зск-1  
(шифр)

спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»  
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою  
«Комп'ютерна інженерія»  
(офіційна назва)

на тему Розгортання та налаштування бездротової мережі в системі «Розумний будинок»  
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтингової	інституційної	
кваліфікаційної роботи	доц. Шедловський І.А.			
розділів:				
Аналітична частина	доц. Шедловський І.А.			
Практична частина	доц. Шедловський І.А.			
Нормоконтролер	проф. Цвіркун Л.І.			

Дніпро  
2023

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**

завідувач кафедри

інформаційних технологій  
та комп'ютерної інженерії

(повна назва)

\_\_\_\_\_ Гнатушенко В.В.  
(підпис) (прізвище, ініціали)  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202 року

**ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу

ступеня бакалавра

(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту Колесниченко С.О. академічної групи 123-20зск-1  
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

за освітньою-професійною програмою «Комп'ютерна інженерія»

на тему Розгортання та налаштування бездротової мережі в системі «Розумний будинок»

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 11.04.2023 р. № 256-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
1 Аналітичний розділ	На основі матеріалів з відповідних джерел та даних проаналізувати методи та засоби налаштування бездротових мереж	20.05.2023 р.
2 Практична частина	Розробити мультиканальний сервер для розумного будинку	20.06.2023 р.

Завдання видано \_\_\_\_\_  
(підпис керівника)

Шедловський І.А.  
(прізвище, ініціали)

Дата видачі \_\_\_\_\_

Дата подання до екзаменаційної комісії 10.07.2023 р.

Прийнято до виконання \_\_\_\_\_  
(підпис студента)

Колесниченко С.О.  
(прізвище, ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Текстова частина випускної роботи: 60 сторінок, 29 рисунків, 5 таблиць, 20 джерел.

*Мета роботи* — розроблення методів та засобів побудови мультиканального сервера в системі розумний будинок.

*Об'єкт дослідження* — процес обміну даними в системі розумний будинок.

*Предмет дослідження* — методи та засоби побудови мультиканального сервера в системі розумний будинок.

У роботі проведено огляд методів та засобів побудови бездротових технологій розумного будинку. Розроблений мультиканальний сервер для розумного будинку фактично виконує роль комутатора і сервера одночасно, який може об'єднувати декілька різних периферійних пристроїв і підмереж. Проведено налаштування пристроїв XBee та тестування всієї мережі. Розгортання мережі Z-Wave потребує налаштування як окремих пристроїв, так і налаштування всієї мережі. Таке розгортання може проводитись на базі ПК або на базі запропонованого мультиканального сервера.

**МУЛЬТИКАНАЛЬНИЙ СЕРВЕР, МЕРЕЖА, РОЗУМНИЙ БУДИНОК.**

## ABSTRACT

Graduate work: 60 pp., 29 figures, 5 tables, 20 sources.

The object of study is the process of data exchange in the smart home system.

The subject of the study is the methods and means of building a multi-channel server in a smart home system.

The purpose of the work is to develop methods and tools for building a multi-channel server in a smart home system.

The paper provides an overview of the methods and tools for building wireless smart home technologies. The developed multi-channel server for a smart home actually acts as a switch and a server at the same time, which can combine several different peripheral devices and subnets. XBee devices were configured and the entire network was tested. Deploying a Z-Wave network requires configuring both individual devices and configuring the entire network. Such a deployment may be PC-based or based on the proposed multi-channel server.

Keywords: MULTICHANNEL SERVER, NETWORK, SMART HOME.

## ЗМІСТ

<b>АНОТАЦІЯ</b> .....	3
<b>ABSTRACT</b> .....	4
<b>ВСТУП</b> .....	6
<b>1 АНАЛІЗ БЕЗДРОТОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ РОЗУМНОГО БУДИНКУ</b> .....	8
1.1 Загальні вимоги до бездротових технологій розумного будинку.....	8
1.2 Застосування Wi-Fi для домашньої автоматизації .....	11
1.3 Застосування Z-Wave для розумного будинку .....	13
1.4 Застосування Zigbee для розумного будинку .....	14
1.5 Застосування THREAD для розумного будинку .....	17
1.6 Використання Bluetooth для розумного будинку .....	20
1.7 Висновки до першого розділу.....	23
<b>2 ПОБУДОВА МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ МУЛЬТИКАНАЛЬНОГО СЕРВЕРА ДЛЯ РОЗУМНОГО БУДИНКУ</b> .....	25
2.1 Структурна схема мультимедіального сервера для розумного будинку.....	25
2.2 Апаратні засоби побудови мультимедіального сервера.....	27
2.3 Налаштування роботи мультимедіального сервера.....	32
2.4 Висновки до другого розділу .....	44
<b>3 ТЕСТУВАННЯ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ПОБУДОВИ МУЛЬТИКАНАЛЬНОГО СЕРВЕРА РОЗУМНОГО БУДИНКУ</b> .....	45
3.1 Налаштування та тестування мережі ZigBee для розумного будинку .....	45
3.2 Тестування безпроводної мережі ZigBee в межах розумного будинку .....	50
3.3 Розгортання та тестування мережі Z-Wave.....	53
3.4 Висновки до третього розділу .....	57
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	58
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	59

## ВСТУП

**Актуальність теми роботи.** В сучасному домі є багато різних автоматизованих та комп'ютеризованих пристроїв, задача яких покращити комфорт проживання у домі. Таке об'єднане середовище називають «розумним будинком». Саме в середовищі розумного будинку є можливість керувати та відслідковувати витрати на енергоресурси та максимально оптимізувати їх витрату до поточних потреб без втрати комфорту.

Розумні пристрої розумного будинку, є джерелом інформації або виконавчими механізмами для різних систем регулювання кліматичних та інших параметрів будинку і інфраструктури. Зв'язок між пристроями відбувається за допомогою провідних або безпроводних мереж. Наприклад, для під'єднання повільних але відповідальних систем розумного будинку використовують провідний інтерфейс CAN, а для систем відео спостереження використовують Ethernet. Використання безпроводних систем, які забезпечують високу гнучкість побудови мережі, використовують різні протоколи цифрового зв'язку. Зокрема найбільш поширеними протоколами для автоматизації будинку є бездротові стандарти Z-Wave, ZigBee, Bluetooth та ін., а для високошвидкісних мереж відео спостереження Wi-Fi.

Отже для вирішення завдання необхідно об'єднати як провідні так і безпроводні стандарти передачі даних за допомогою мультимедіального сервера, який би був гнучким в архітектурі та інтегрованим [1] у структуру «розумного будинку» мав надійний захист від стороннього втручання та зламу.

**Мета і задачі дослідження.** Метою дослідження є розроблення методів та засобів побудови мультимедіального сервера в системі розумний будинок.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

— аналіз відомих методів та засобів побудови мультимедіального

сервера в системі розумний будинок;

— розроблення і обґрунтування методів та засобів побудови мультимедійного сервера в системі розумний будинок; побудова та налаштування апаратної та програмної частини мультимедійного сервера в системі розумний будинок;

— розгортання та тестування мережі розумного будинку для перевірки роботи мультимедійного сервера.

*Об'єкт дослідження* — процес обміну даними в системі розумний будинок.

*Предмет дослідження* — методи та засоби побудови мультимедійного сервера в системі розумний будинок.

**Методи дослідження** базуються на положеннях:

— теорії інформації для розроблення методів та засобів побудови мультимедійного сервера в системі розумний будинок.

### **Наукова новизна одержаних результатів.**

1. Розроблено новий мультимедійний сервер для системи розумного будинку, який об'єднує кілька безпроводних і проводових протоколів передачі даних, що уможливорює побудову гнучкої архітектури розумного будинку з використанням пристроїв які працюють на різних протоколах передачі даних.

2. Визначено ефективність роботи нового мультимедійного сервера для системи розумного будинку, шляхом тестування надійності і швидкості передачі даних в межах розумного будинку, що уможливорює побудову гнучкої розподіленої мережі обміну даними між вузлами розумного будинку.

**Практичне значення** одержаних результатів полягає в наступному: отримані результати уможливили побудову мультимедійного сервера в системі розумний будинок, який забезпечує роботу обладнання, яке використовує різні протоколи обміну даними.

# 1 АНАЛІЗ БЕЗДРОТОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ РОЗУМНОГО БУДИНКУ

## 1.1 Загальні вимоги до бездротових технологій розумного будинку

Загальні вимоги до бездротових технологій розумного будинку складаються з таких пунктів:

1. Енергоспоживання пристроїв у мережі.
2. Радіус дії й безпека протоколів.
3. Можливість роботи за розкладом і без нього.
4. Стійкість до відмов як обладнання так і мережі в цілому.
5. Взаємна сумісність обладнання в межах одного стандарту.

*Енергоспоживання.* Ідеальний пристрій для розумного будинку має використовувати безпроводний модем, який споживає мало енергії, щоб такий пристрій працював тривалий час, місяці чи роки без потреби заміни батареї. Щоб забезпечити вимоги до електроспоживання для стандартів бездротових протоколів зв'язку які будуть використовуватись для автоматизації розумного будинку мають бути дуже жорсткими.

*Радіус дії й безпека протоколів.* Радіосигнал від будь-якого пристрою розумного будинку повинен без збоїв і з мінімальною затримкою потрапляти до іншого пристрою, в будь-якій ділянці будинку. Освітлення, яке вмикається із затримкою декілька секунд, або розумний замок, що із затримкою пускає в будинок — це неприйнятні варіанти для сучасного розумного будинку. А такі пристрої як датчики задимленості, витоку газу або води, мають спрацьовувати миттєво і без збоїв. Тому радіосигнали від пристрою повинні проходити крізь будь-які перешкоди, тобто проникати через стіни та підлоги будинку. Усі розумні пристрої, незалежно від їх конструкції, протоколу та кількості, повинні працювати як єдиний механізм. А завади від інших бездротових мереж або пристроїв, що використовують ту ж частоту, повинні бути усунуті або зведені до мінімуму, див. рис.1.1. Будь-які дані від пристрою повинні бути захищені шифруванням, а додавання



нового розумного пристрою в мережу зв'язку має відбуватися просто, безпечно і швидко. Причому процедури перевірки безпеки не повинні ускладнювати підключення такого нового пристрою.



Рисунок 1.1 – Приклад використання безпроводних мереж для розумного будинку

*Можливість роботи за розкладом і без нього.* Функціонал програм, які створені для деяких популярних бездротових технологій розумного будинку, дозволяє створити розклад для таких подій, як відкриття жалюзі, включення світла або опалення, або інших пристроїв. Але є багато подій, що відбуваються в розумному будинку, які не можливо спланувати наперед. Це такі аварії як протікання води, поява диму, витік газу або проникнення в будинок, і їх неможливо передбачити. А датчики які відповідають за температуру, вимикачі, дімери, та ін. подібні пристрої не завжди можна запрограмувати на виконання заданих сценаріїв. Тому пристрої та обладнання в розумному будинку повинно мати можливість відправити або отримати команду на виконання дій не по сценарію, які можуть залежати від ситуації.

*Стійкість до відмов.* Топологія бездротової мережі, за якою працює вибраний протокол передачі даних для розумного будинку, має важливе значення для стійкості до відмов. Крім того, топологія також впливає на

енергозбереження та радіус дії пристрою і мережі. Зазвичай побудова бездротових мереж розумного будинку передбачає децентралізований підхід, однак є пристрої які підтримують mesh-мережу. У такій мережі кожен пристрій може зв'язуватися з будь-яким іншим пристроєм у мережі напряму в радіусі своєї дії. У випадку коли два пристрої знаходяться занадто далеко між собою, тоді сигнали передаються через проміжні пристрої які входять до цієї ж мережі, в такий спосіб є можливість значно збільшити радіус дії пристроїв.

Крім того, у mesh-мережі нові пристрої можуть легко додаватися, а старі від'єднуватися без негативного впливу на надійність мережі. Однак mesh-мережі використовують у своїй структурі пристрій, який працює координатором спільної роботи десятків або сотень пристроїв (роутерів або кінцевих пристроїв) в одній мережі. Якщо координатор виходить із ладу, то якийсь інший пристрій має автоматично перебирати керування мережею на себе. Ця особливість mesh-мереж має важливе значення для надійної та безперебійної роботи всієї мережі.

*Взаємна сумісність.* Загалом на базовому рівні побудова розумного будинку полягає в тому, що всі розумні пристрої повинні об'єднуватися в мережу та безперешкодно взаємодіяти один з одним. Однак дійсність ще далека від цієї ідеальної теорії. Ринок пристроїв для розумного будинку перебуває на ранній стадії формування та значно поділений між різними технологіями. Мова поки навіть не йде про забезпечення сумісності різних стандартів бездротових протоколів зв'язки, який дозволяв би пристроям і системам взаємодіяти один з одним. Питання полягає в сумісності в рамках одного стандарту. Простіше говорячи, далеко не кожна технологія, яку ви виберете в якості головної для домашньої автоматизації, може гарантувати, що різні розумні продукти, що підтримують той самий стандарт, будуть «розуміти» один одного. Зараз, наприклад, може виявитися, що коли при задимленні датчик диму відправив повідомлення керуючому пристрою, ви можете не одержати попередження про небезпеку. Причина в тому, що

датчик і контролер, хоч і засновані на одному стандарті, але випущені різними виробниками, можуть «не зрозуміти» один одного. Питання сумісності — це не проблема винятково мережних протоколів, що забезпечують підключення. Неочевидні з першого погляду, але від цього не менш серйозні проблеми заховані глибше, і полягають у відсутності стандартних форматів даних або загальних програмних інтерфейсів. Проте, змусити розумні пристрої безперешкодно «спілкуватися» один з одним, тобто гарантувати сумісність незалежно від виробника або дати виробництва — це елементарна потреба, яку необхідно задовольнити, щоб зробити ваш розумний будинок реальністю.

## **1.2 Застосування Wi-Fi для домашньої автоматизації**

Wi-Fi — це надійний і потужний безпроводний стандарт зв'язку, який успішно застосовується для побудови локальних мереж у всьому світі. Стандарт 802.11 став глобальним еталоном зв'язку, оскільки використовує багато гнучких функцій та удосконалюється чи не найпершим у світі Інститутом інженерів електротехніків та електроніків (IEEE).

Перспективи використання Wi-Fi для розумного будинку обнадійливі, оскільки, сучасні версії усувають частину серйозних недоліків властивих попереднім стандартам 802.11, що збільшило зону дії мережі та додавши функції низького енергоспоживання для пристроїв. Але є проблеми які залишилися невирішеними, найважливіші з них це:

- сумісність між окремими вузлами та пристроями;
- централізованість мережі, тобто роутер до якого приєднані всі пристрої стає причиною відмови всієї мережі;
- складна процедура додавання в мережу нових розумних пристроїв;
- відсутність додаткових функцій безпеки, таких як керування сертифікатами та ключами.

Також нові версії стандарту Wi-Fi, часто є несумісними з усіма

бездротовими маршрутизаторами, які вже використовуються в мільйонах будинків та офісів. Тобто, одна із найбільших переваг Wi-Fi зникає через відсутність зворотної сумісності, див. таблицю 1.1.

Таблиця 1.1 – Переваги й недоліки Wi-Fi для домашньої автоматизації

Переваги	Недоліки
Широке розповсюдження у комп'ютерах і мобільних пристроях	Високе споживання енергії не дозволяє використовувати стандарт Wi-Fi для автономних датчиків і пристроїв розумного будинку
Гарантує високу швидкість передачі даних	Мережева топологія у вигляді “зірки” не гарантує відмово стійкості мережі
Має достатній радіус дії для будинку	Сумісність пристроїв від різних виробників є проблемною, оскільки прикладний рівень моделі OSI не стандартизований
	Складний процес додавання нових пристроїв в мережу
	Проблеми з безпекою, через механізм керування ключами

Тому, Wi-Fi ніколи не слід розглядати як основу побудови розумного будинку. Винятки, це ті рідкісні випадки, коли Wi-Fi потрібно лише надійного з'єднання із хмарою, сервером, або деякими вже існуючими пристроями а решта розумного будинку побудована на основі інших стандартів.

### 1.3 Застосування Z-Wave для розумного будинку

Близько десяти років стандарт Z-Wave є лідером технологій для розумного будинку за таким параметром як кількість встановлених пристроїв (їх понад 100 млн. у світі). Z-Wave це протокол бездротового зв'язку з наднизьким енергоспоживанням, розроблений спеціально для того, щоб дати простим користувачам можливість побудови надійної та ефективної мережі з використанням широкого спектру датчиків і пристроїв розумного будинку, див. рис.1.2-1.3.



Рисунок 1.2 – Приклад побудови мережі розумного будинку за допомогою стандарту Z-Wave

Крім того, довгий час технологія Z-Wave розвивалась як закрита технологія. Це забезпечило та гарантувало відмінну сумісність, безпеку, надійність технології. Але така тривала «закритість» призвела до зростання вартості в розробці пристроїв і мережі. Тому технологію Z-Wave не можна назвати дешевим варіантом для розумного будинку. Однак за параметром ціна/якість технологія Z-Wave випереджає конкурентів і не залишає їм практично ніяких шансів, див. таблицю 1.2.

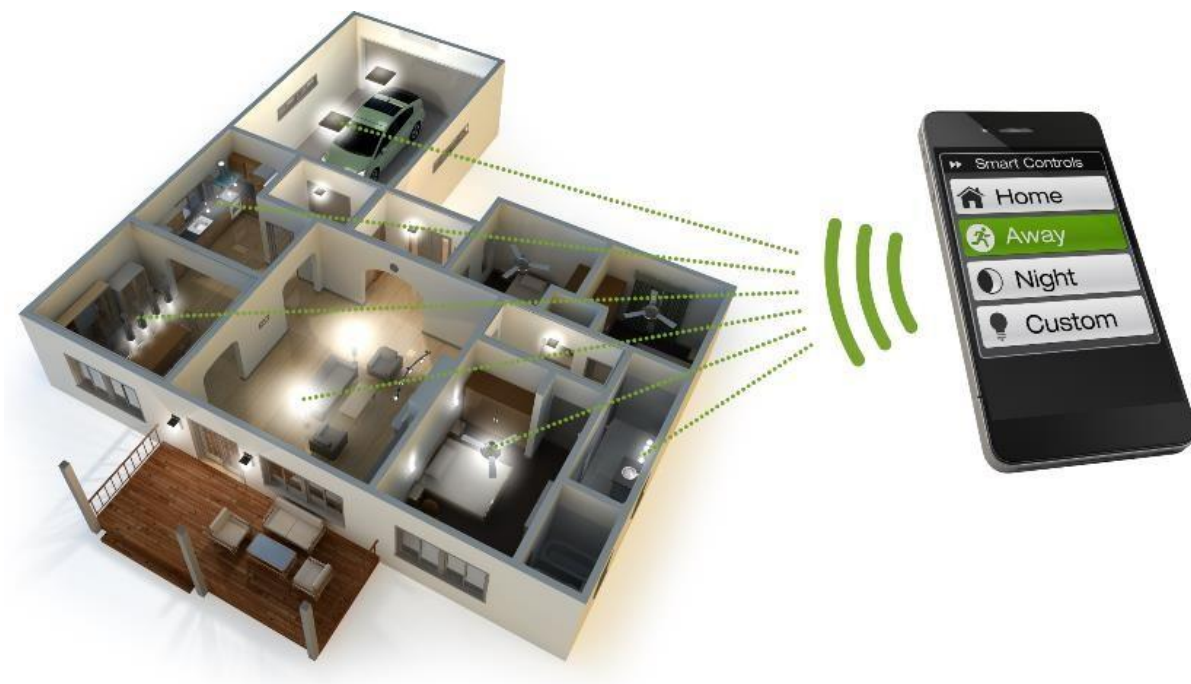


Рисунок 1.3 – Управління освітленням розумного будинку за допомогою стандарту Z- Wave

Перспективи використання Z-Wave є досить райдужним оскільки протокол став лідером ринку та стрімко завойовує сегмент за сегментом. Z-Wave — це надійна технологія що продовжує розвиватися. Кожна нова версія технології підвищує дальність зв'язку і зменшує затримки при передачі даних, знижує енергоспоживання, збільшує кількість виробників для організації розумного будинку.

#### 1.4 Застосування Zigbee для розумного будинку

Zigbee — це відкритий стандарт бездротового зв'язку, що використовується в промисловості і є привабливим для розроблювачів і виробників. Оскільки він дозволяє їм бути гнучкими у виборі необхідної архітектури (див.рис.1.4) функціональності та з меншими витратами створювати нові продукти. Тому завдяки цьому Zigbee є успішним на корпоративному ринку. Зокрема, деякі телекомунікаційні компанії використовували Zigbee у своїх супутникових модемах, а комунальні

підприємства застосували цей протокол в інтелектуальні лічильниках електроенергії і води, щоб покращити можливості моніторингу і контролю споживання послуг. Переваги і недоліки технології зведено в таблицю 1.3.

Таблиця 1.2 – Переваги та недоліки протоколу Z-Wave

Переваги	Недолік
Світовий лідер по кількості та поширеності встановлених пристроїв у системах розумного будинку	У різних країнах для Z-Wave використовуються різні частотні діапазони
Висока відмовостійкість і масштабованість завдяки сотовій топології мережі, а також механізмам самовідновлення та асоціацій	
Високий рівень безпеки, завдяки набору протоколів S2	
Низьке енергоспоживання пристроїв в мережі	
Відмінна сумісність пристроїв Z-Wave від різних виробників завдяки сертифікації, від консорціуму Z-Wave Alliance	
Захищеність від завад, створюваних пристроями Wi-Fi, Bluetooth, та іншим пристроями, що працюють у діапазоні 2,4 ГГц	

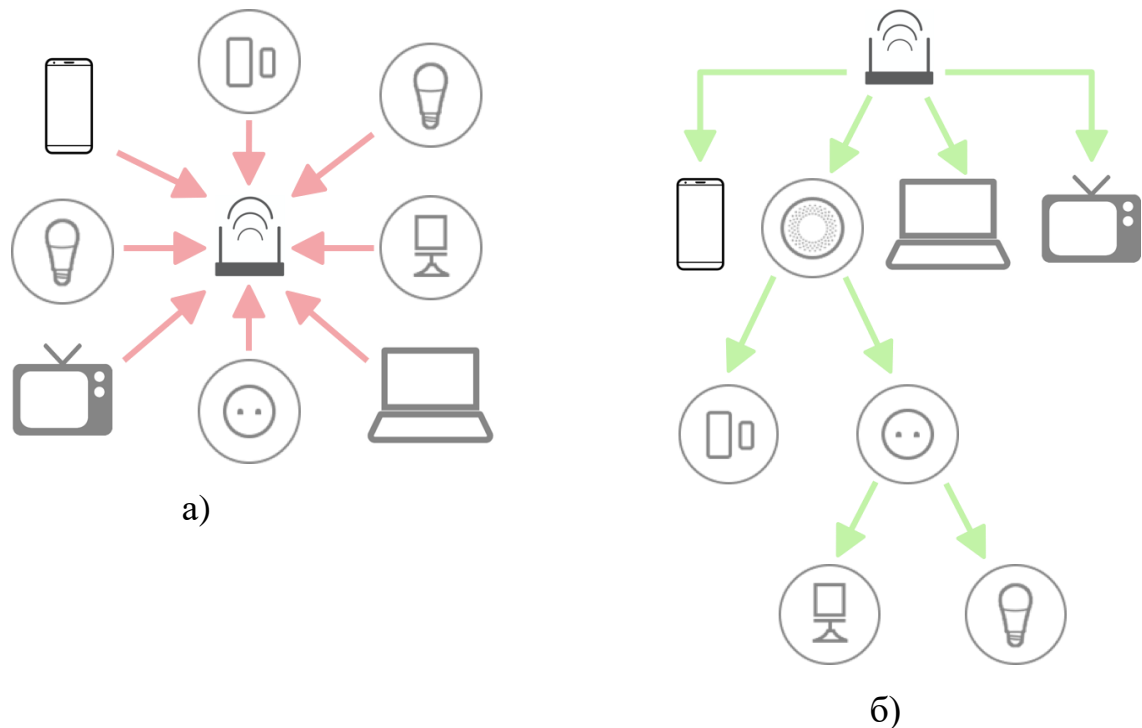


Рисунок 1.4 – Приклад різних топологій мережі Zigbee: а) зірка, б) дерево

Таблиця 1.3 – Переваги й недоліки Zigbee

Переваги	Недоліки
Сучасна, відкрита й розповсюджена технологія	Використовує діапазон 2,4 ГГц, де значні завади від Wi-Fi, Bluetooth, мікрохвильових печей і т.п.
Висока відмова стійкість та і масштабованість завдяки сотовій топології мережі	Дуже погана сумісність між пристроями Zigbee від різних виробників через занадто м'які умови сертифікації
Низьке енергоспоживання пристроїв	Проблеми з безпекою в мережі через недотримання виробниками вимог сертифікації

Перспективи Zigbee для розумних будинків пов'язані з проблемою сумісності тому Альянс Zigbee оголосив про ратифікацію Zigbee 3.0. Ця версія протоколу є надбудовою понад усіма існуючими уніфікованими профілями, типу Home Automation, Retail Services, Building Automation, Light Link, Health Care, Telecommunication і т.д., об'єднуючи їх. Крім того, створено



«універсальну мову» Dotdot. Яка є розширенням бібліотеки Zigbee Cluster Library, яка раніше була базою для прикладного рівня Zigbee.

Технологія Dotdot забезпечує незалежне від транспортного рівня використання мережі. Тому потенційно її можна використовувати з різними типами безпроводних мереж. Використання Zigbee 3.0 і Dotdot відразу не вирішило проблеми сумісності обладнання Zigbee існує величезна кількість пристроїв на базі Zigbee, які не сумісні з новими стандартами без спеціального оновлення програмного забезпечення, яке не кожен виробник має в наявності. Тому ці технології в довгостроковій перспективі повинні поліпшити загальну сумісність в обладнання Zigbee.

В перспективі запуск Dotdot у якості єдиного стандарту прикладного рівня для різних протоколів IoT, може пережити сам протокол Zigbee. Адже в парі технологій Zigbee & Dotdot, де перша —відповідає за вирішення задачі передачі даних, а друга — за обробку на прикладному рівні.

### **1.5 Застосування THREAD для розумного будинку**

Технологія Thread побудована на стандарті 802.15.4 однак вона не така залежна від цього стандарту як технологія Zigbee. Крім використання стандарту 802.15.4, Thread має можливість побудови mesh-мережі з самовідновленням, а також під'єднання до Інтернету за допомогою протоколу IPv6 поверх мережі стандарту IEEE 802.15.4. Саме ця технологія є однією з основних переваг Thread у порівнянні з Zigbee. Завдяки цьому удосконаленню технологія Thread також має деякі можливості, див. рис. 1.5, які недоступні для Zigbee, наприклад, більш безпечне додавання нового пристрою або давача в мережу.

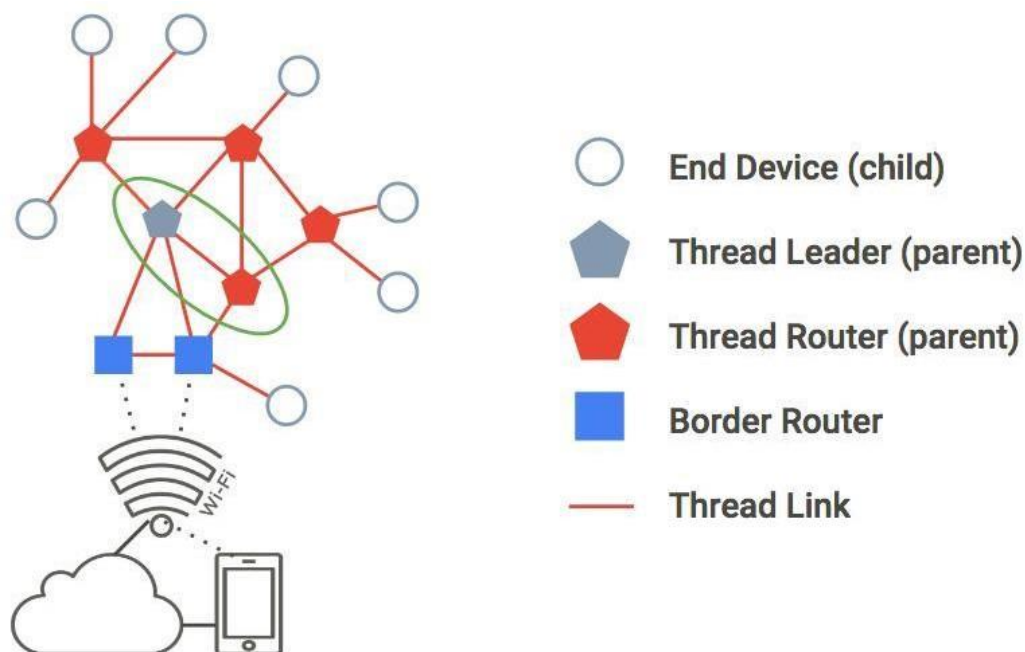


Рисунок 1.5 – Топологія мережі Thread для розумного будинку

Перспективи протоколу Thread для розумного будинку полягають у тому що він хоча і виглядає як спадкоємець Zigbee, тому що ґрунтувався на відомому стандарті 802.15.4. Однак Thread має суттєві удосконалення в таких критично важливих точках, як додавання нових пристроїв у мережу та безпека передачі даних. Важливою можливістю стало коли багато вже існуючих пристроїв на основі стандарту 802.15.4 (технології Zigbee), зможуть використовувати Thread якщо провести оновлення прошивки. Тобто частина встановлених пристроїв Zigbee теоретично може перейти на технологію Thread. Однак це стосується тільки модулів останнього покоління 802.15.4, але потенційна здатність Thread присвоювати пристрої Zigbee є загрозою для технології Zigbee.

Також перспективним є те що Zigbee Alliance і Thread Group повідомила про доступність технології Dotdot для IP-мереж Thread.

В тривалій перспективі зрозуміло, що Zigbee Alliance дійшла до висновку, що Zigbee застарів і є недостатньо ефективним для вирішення задач, що супроводжують революцію Інтернету речей. Технологія Thread краще підходить для цього завдання однак також не є ідеальною. Також

перспективним є вихід технології Thread за межі лише домашньої автоматизації. Для цього цей консорціум Thread Group планує розширити існуючу специфікацію для створення проектів рівня підприємства та підтримки великих мереж і підмереж. Однак для цього в архітектуру 802.15.4 треба внести деякі глибокі зміни. Переваги і недоліки технології зведено в таблицю 1.4.

Таблиця 1.4 – Переваги і недоліки технології Thread

Переваги	Недоліки
Відмовостійкість завдяки сотовій топології мережі	Потенційні проблеми із сумісністю пристроїв від різних виробників обладнання через відсутність стандартів на прикладному рівні моделі OSI
Використання IP-протоколу забезпечує легкість підключення нових пристроїв	Повільні темпи впровадження технології. За останній час створене всього два сертифіковані пристрої з підтримкою Thread.
Низьке енергоспоживання	Низька завадостійкість через використання діапазону 2,4 ГГц
	Невизначені перспективи розвитку, оскільки технологія використовує стандарт IEEE 802.15.4

Щоб покращити поширеність використання нової технології Thread Group почала активніше підтримувати виробників і кінцевих користувачів. Насамперед це стосується зашумленості робочого діапазону 2,4ГГц, на якому працює на Thread оскільки використовує стандарт 802.15.4.

## 1.6 Використання Bluetooth для розумного будинку

Як для технології, яка має низьке енергоспоживання див. рис. 1.6, Bluetooth Low Energy має досить високу швидкість передачі даних — до 1 Мбіт/с (а для п'ятої версії Bluetooth це до 2 Мбіт/с). Чим вища швидкість, тим більше інформації можна передати каналом зв'язку за одиницю часу. А це значить, що модем Bluetooth швидше звільнить канал зв'язку, зменшуючи таким чином імовірність виникнення колізій. Це важливо при роботі в такому завантаженому діапазоні частот, як 2,4 ГГц.

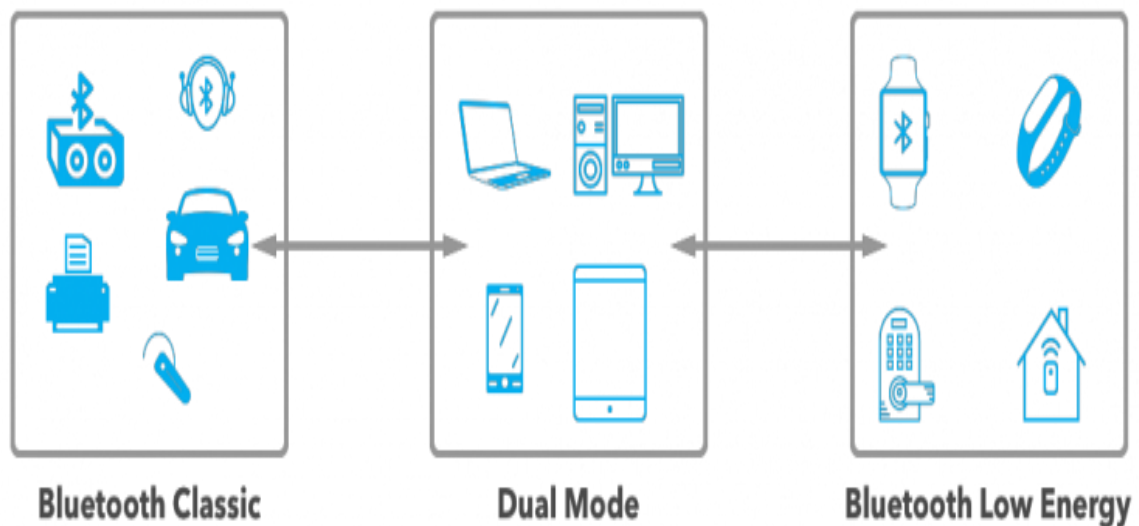


Рисунок 1.6 – Призначення різних технологій Bluetooth

Завдяки підтримці сплячих пристроїв Bluetooth Smart забезпечує високе, але не найкраще значення енергоспоживання та терміну служби батареї, при якому датчики і перемикачі можуть працювати більш року від батарейок-таблеток. Також важливим параметром для домашньої автоматизації, є час відгуку пристрою, який для Bluetooth BLE знаходиться на рівні кращих технологій.

Також Bluetooth Smart має функцію, яка відсутня в інших технологій. Це маячки (beacons), які використовуючи функцію визначення близькості Bluetooth, можуть змусити обладнання виконувати певні функції чи команди, коли користувач знаходиться поруч із ними. Ці маячки дають можливість

створити широкий спектр додатків: від push-повідомлень прив'язаних до місця розташування до функції точного позиціонування. Причому це реалізується додаванням кількох рядків коду в програмний стек маячка.

Ці можливості базуються на визначення близькості пристроїв Bluetooth, тому, що пристрій і смартфон можуть прямо обмінюватись даними. І це є найбільша перевага Bluetooth. Тому що з усіх існуючих технологій бездротового зв'язку, які використовують в IoT, тільки Bluetooth і Wi-Fi завжди підтримуються смартфонами, планшетами та ноутбуками. Оскільки Wi-Fi не підходить для використання в мережі розумного будинку, бо він працює через центральну точку доступу або роутер. А Bluetooth гарантує прямий зв'язок між телефоном і пристроєм, або будинком. Тому потрібно тільки спеціальний додаток, щоб його смартфон став «зовнішнім дисплеєм» для інтелектуальної домашньої мережі розумного будинку. Крім того, прямий зв'язок значно спрощує вилучення і додавання нових пристроїв в працюючу мережу. Тобто підключення за допомогою Bluetooth може бути гранично спрощеним, безпечним, та інтуїтивно зрозумілим.

Перспективи Bluetooth Low Energy. Mesh-мережа Bluetooth значно відрізняється від інших технологій, які використовуються для розумного будинку. Основна відмінність полягає в маршрутизації від джерела повідомлення (Z-Wave, Zigbee, Thread), яке поширюється по певному шляху, переходячи від одного вузла до іншого, поки не дійде до пункту призначення. Mesh-мережа Bluetooth використовує так звану керовану лавинну маршрутизацію. Тобто кожен пристрій ретранслює отримане повідомлення не за заданим маршрутом, а всім вузлам мережі, що знаходяться у зоні дії, а вони знову передають його всім наступним вузлам, що знаходяться у їх зоні дії. Переваги і недоліки технології зведено в таблицю 1.5.

Таблиця 1.5 – Переваги та недоліки застосування Bluetooth Low Energy

Переваги	Недоліки
Висока швидкість передачі даних в безпроводній мережі	Погана завадостійкість у завантаженому діапазоні частот 2,4ГГц
Невелике енергоспоживання в порівнянні з Wi-Fi	Недостатня надійність: не використовується топологія сотових мереж (однак з поширенням технології лавинної маршрутизації це можливо усунути)
Хороша сумісність: технологією охоплені всі рівні моделі OSI	Малий радіус дії (до 10 м у приміщеннях). Топологія “зірка” обмежує розширення мережі за допомогою ретрансляторів. Можливо, технологія лавинної маршрутизації усуне цей недолік

Такий підхід є дуже неоптимальним стосовно пропускну здатності мережі, однак не потребує створення таблиць маршрутизації і не потребує складних процедур відновлення цілісності і працездатності мережі. Тому така керована лавинна маршрутизація потребує менше пам'яті та обчислювальних потужностей радіомодема, що позитивно впливає на вартості розроблених мереж. Також така маршрутизація може демонструвати кращу завадостійкість у діапазоні 2,4 ГГц, ніж інші технології, які працюють в тому ж частотному діапазоні, однак за умови високої щільності розташування пристроїв у мережі. Однак таке використання трафіку Mesh-мережею Bluetooth погано підходить для побудови складних мереж домашньої автоматизації.

## 1.7 Висновки до першого розділу

Широке різноманіття цифрових стандартів зв'язку, що використовуються в розумних будинках призводить до появи багато протокольних контролерів, що об'єднують відразу кілька бездротових технологій. Саме так виробники обладнання намагаються об'єднати різні протоколи та створити ширші можливості для створення мереж. Найбільш популярна комбінація це об'єднання Z-Wave, Zigbee і Bluetooth Smart в одному модемі. Саме такими є популярні контролери VeraPlus, Vera Secure, та деякі інші контролери Zipato, Smartthings та ін.

Хоча універсальний контролер - це непоганий спосіб вирішення проблеми різноманіття протоколів для розумного будинку. Але такі контролери не вирішують проблему несумісності між пристроями в межах одного і того ж протоколу. Тому вибираючи датчики та виконавчі пристрої, рекомендовано їх брати в одного і того ж виробника.

Головною причиною поганої внутріпротокової сумісності - це є відсутність стандартів на прикладному рівні мережної моделі OSI. Що зумовлена умовами сертифікації готових пристроїв. На сьогодні найкращу сумісність пристроїв від різних виробників у межах одного протоколу забезпечує технологія Z-Wave, оскільки консорціум Z-Wave Alliance пропонує чітку програму сертифікації пристроїв для розумного будинку і ретельно стежить за її виконанням. Технологія Z-Wave охоплює всі рівні мережевої моделі OSI. Але на відміну від Bluetooth Smart (який також охоплює всі рівні), протокол Z-Wave одразу розроблявся як технологія сотової мережі з високим рівнем відмовостійкості. Також Z-Wave це є єдина з доступних технологій, яка не використовує частотний діапазон 2,4 ГГц. Ці переваги створили найбільш розвинену у світі мережу пристроїв розумного будинку (більш ніж 100 млн розробок і понад 2,5 тис. найменувань пристроїв від більш ніж 700 виробників).

Інші технології такі як Zigbee і Bluetooth Smart теж активно розвиваються вирішення проблеми внутрішньо протокольної сумісності шляхом впровадження надбудови Dotdot. Однак, враховуючи чималу базу встановлених Zigbee- пристроїв попередніх поколінь і м'які умови сертифікації Zigbee Alliance для пристроїв Zigbee від різних виробників, це буде складний і тривалий процес. Крім того, новий конкурент для Zigbee — протокол Thread, який з'явився в розумних будинках примушує Zigbee Alliance до активних дій.

Для технології Bluetooth Low Energy, перспективи багато в чому залежать від того, наскільки успішною буде реалізація в ньому топологію сотових мереж. Загальний же недолік технологій Bluetooth, і Zigbee і Thread це використання зашумленого частотного діапазону 2,4 ГГц, неможливо усунути у недалекому майбутньому.

Технології бездротових мереж для розумного будинку швидко міняються. Однак незмінними залишаються вимоги до енергоспоживання пристроїв в мережі, їх цифрової безпеки, відмово стійкості мережі, завадостійкості пристроїв та їх простоті підключення до мережі, а також взаємної сумісності продуктів одного стандарту зв'язку.



## 2 ПОБУДОВА МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ МУЛЬТИКАНАЛЬНОГО СЕРВЕРА ДЛЯ РОЗУМНОГО БУДИНКУ

### 2.1 Структурна схема мультимедіального сервера для розумного будинку

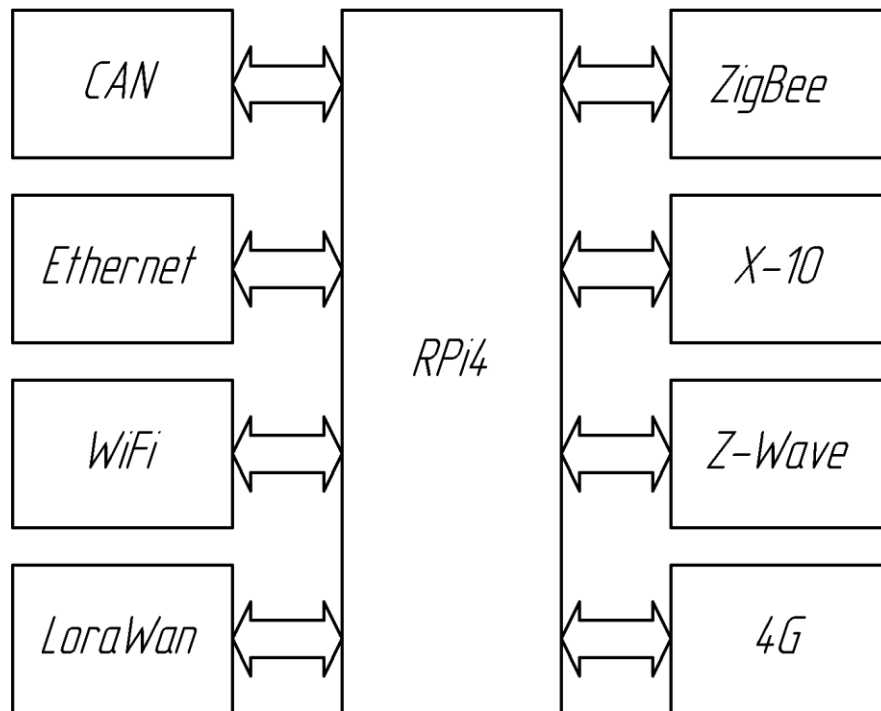


Рисунок 2.1 - Структурна схема мультимедіального сервера для розумного будинку

Включення різноманітних периферійних пристроїв до Raspberry Pi 4 виконується з використанням цифрових контактів роз'єму GPIO, на які виведено стандартні протоколи та інтерфейси передачі даних USB, UART, SPI, I<sup>2</sup>C. Комунікація з іншими пристроями розумного будинку здійснюється через стандартні протоколи проведеного та безпроводного зв'язку — LoraWan, Z-Wave, 4G, Wi-Fi, Bluetooth, XBee, CAN, Ethernet, X-10. Структурна схема мультимедіального сервера, що виконує всі ці функції наведена на рис.2.1.

Частина наведених протоколів (CAN, Ethernet, X-10) є проведеними, а решта (LoraWan, Z-Wave, 4G, Wi-Fi, Bluetooth, XBee) є безпроводними і тому такий мультимедіальний сервер, має об'єднати різноманітні драйвери і цифрові

модеми на базі одного мікрокомп'ютера на базі Raspberry Pi 4, що виконує функції комутатора.

Виготовити такий мультиканальний сервер для розумного будинку не складно, бо він будується з готових пазлів модулів розширення, які об'єднуються між собою рис. 2.2.



Рисунок 2.2 – Мультиканальний сервер для розумного будинку

Зборка мультиканального сервера для розумного будинку, що складається з:

Міні комп'ютера Raspberry Pi 4;

Плати розширення ARPI600 з модулем XBee;

Плати розширення Phone Shield з 4G модемом та GSM телефонним зв'язком.

Така побудова мультиканального сервера забезпечує гнучку можливість його налаштування при зміні функцій і зовнішньої периферії.

Розроблений мультиканальний сервер фактично виконує роль і функції комутатора і сервера, який може об'єднувати різних протоколів і мереж в межах розумного будинку використовуючи цифрові порти USB, SPI, I<sup>2</sup>C для приєднання безпроводних модемів (Bluetooth, Wi-Fi, XBee). Крім того він може бути приєднаний до проводової мережі CAN, Ethernet, X-10 і виконувати функції роутера. Налаштування конкретних функцій які виконує сервер програмується і налаштовується згідно проекту розумного будинку.

## 2.2 Апаратні засоби побудови мультимедійного сервера

### 2.1.1. Особливості Raspberry Pi 4.

Raspberry Pi 4 – це багатофункціональний мікро комп'ютер, створений на базі 64-бітного чотирядерного процесора Broadcom Soc BCM2711B0 (рис.2.3) з тактовою частотою 1.5 ГГц, розробленого на базі ядра ARM Cortex-A72 із графічним інтерфейсом Video Core VI, що підтримує технології Open GL ES 3.x, та апаратне прискорення за технологією Open VG і відтворює відео з роздільною здатністю 4K 60 кадрів та H.264 декодування. Плата Raspberry Pi 4 оснащена оперативною пам'яттю SDRAM LPDDR4-3200 на 8 ГБ. Зовні Raspberry Pi 4 Model B (RPI4) майже не відрізняється від попередньої моделі Raspberry Pi 3 Model B. Але тепер Raspberry Pi 4 це сучасний мікро комп'ютер, який має набагато вищу продуктивність при обміні даних, у порівнянні з попередньою моделлю.

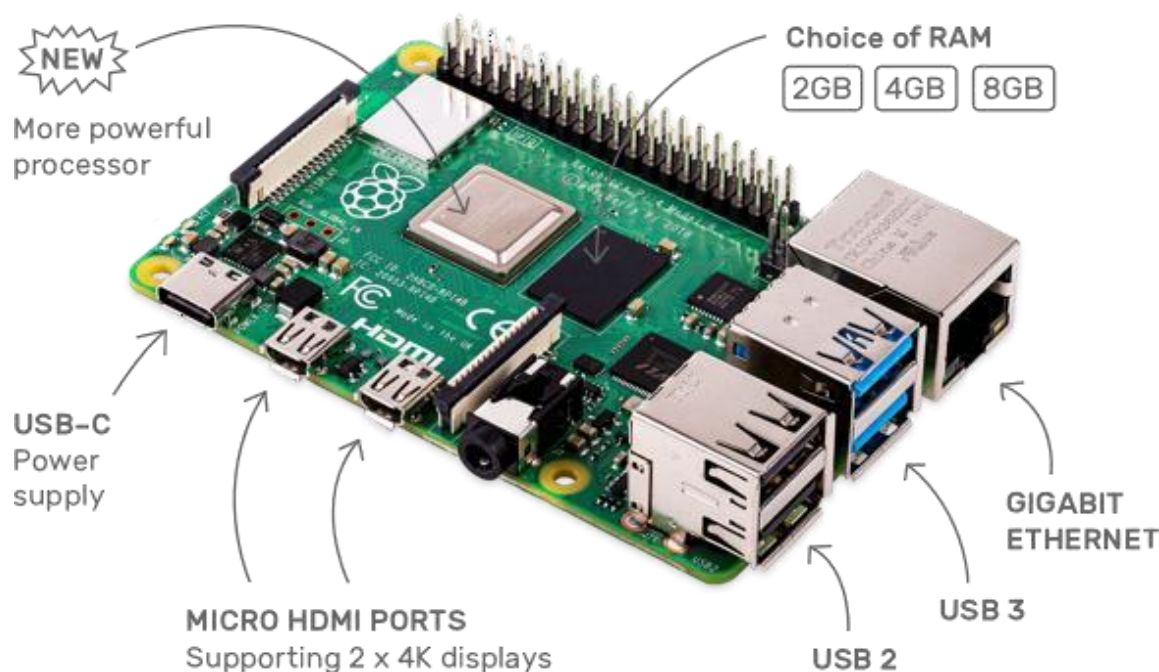


Рисунок 2.3 – Функціональне оснащення Raspberry Pi 4 Model B

Raspberry Pi 4 використовує високошвидкісне підключення до мережі Ethernet та дводіапазонний вбудований Wi-Fi та Bluetooth (підтримка версії Bluetooth 5.0 і Bluetooth Low Energy), для роботи з модулями розумного будинку.

Основний функціонал Raspberry Pi 4 використовує 40-вивідний роз'єм GPIO рис. 2.4, яких забезпечує приєднання периферії за допомогою цифрових інтерфейсів передачі даних SPI, UART, I<sup>2</sup>C. Також на платі є можливість для приєднання зовнішнього дисплея MIPI DSI (Display Serial Interface), та зовнішньої камери MIPI CSI-2 (Camera Serial Interface), а два цифрових відео виходи HDMI можуть працювати на 2 окремі монітори.

Для живлення Raspberry Pi 4 використовує зовнішній адаптер напругою +5В із силою струму не менше 2 А.

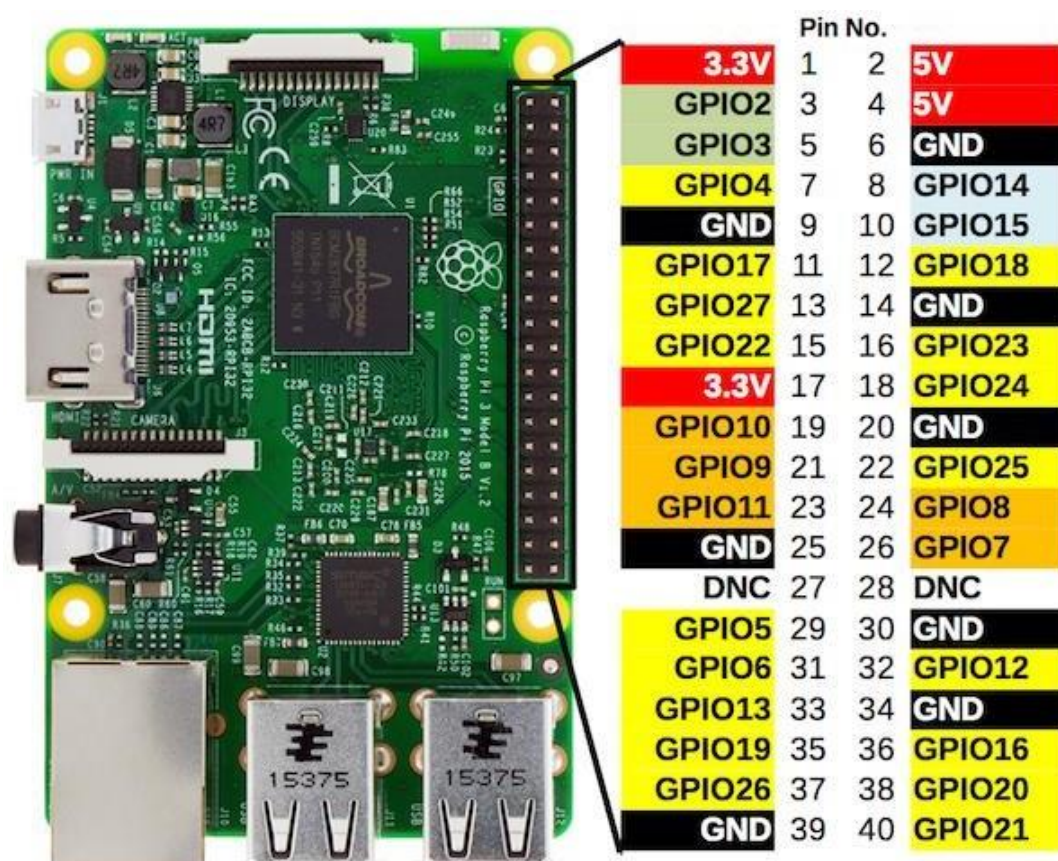


Рисунок 2.4 – Призначення виводів роз'єм GPIO в Raspberry Pi 4 Model B

Схема виводів роз'єму GPIO гарантує приєднання периферійних пристроїв і модемів за допомогою таких інтерфейсів:

I<sup>2</sup>C — виводи 3, 5;

UART — виводи 8, 10;

SPI — виводи 19, 21, 23.

### 2.1.2. Плата розширення ARPI600.

Шилд або плата розширення ARPI600 (рис.2.5) для Raspberry Pi, використовується для під'єднання до Raspberry Pi 4 різні бездротові модеми через інтерфейс GPIO. Шилд ARPI600 призначений для підключення бездротових модулів з протоколом XBee.

#### Конструктивні особливості плати:

- XBee роз'єм з кроком в 2мм для підключення XBee модулів.
- GPIO роз'єм для підключення модемів за іншим стандартом.
- Конвертор USB-UART, який можна використати додатковий адаптер.
- Годинник реального часу RTC з можливістю синхронізації через інтернет.

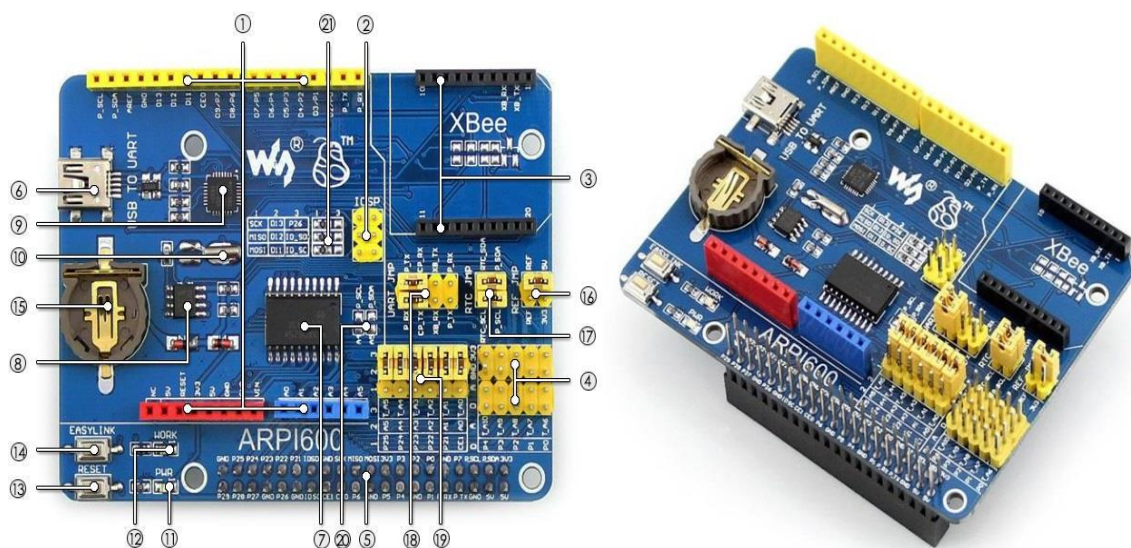


Рисунок 2.5 – Шилд розширення ARPI600

На рисунку 2.5 позначено основні складові компоненти шилда.

1. Raspberry Pi 4 роз'єм які використовуються для підключення шилдів Raspberry Pi 4
2. Роз'єм ICSP interface
3. Роз'єм підключення XBee модулів
4. Роз'єм підключення датчиків
5. Роз'єм GPIO на 40 контактів
6. USB – UART конвертер
7. АЦП
8. Годинник реального часу (RTC)
9. Батарея CP2102 для RTC
10. 32.768 KHz кварцевий резонатор: для RTC
11. Світлодіод живлення
12. Світлодіод стану XBee
13. Кнопка для скидування (RESET) XBee, Raspberry Pi 4
14. Кнопка EASYLINK для запуску XBee
15. Тримач батареї RTC батареї CR1220
16. Джемпер для зміни опорної напруги АЦП
17. Джемпер Raspberry Pi 4 RTC
18. Джемпер Raspberry Pi 4 UART:
19. Джемпер Raspberry Pi 4 AD
20. Джемпер Raspberry Pi 4 I2C
21. Джемпер Raspberry Pi 4 SPI.

2.1.3. Шилд розширення Expansion Shield. Шилд або плата розширення Expansion Shield для підключення периферії і бездротових модемів серії XBee, рис. 2.6.

Особливості:

- Конектор XBee;
- Конектор для додаткового модема WiFi

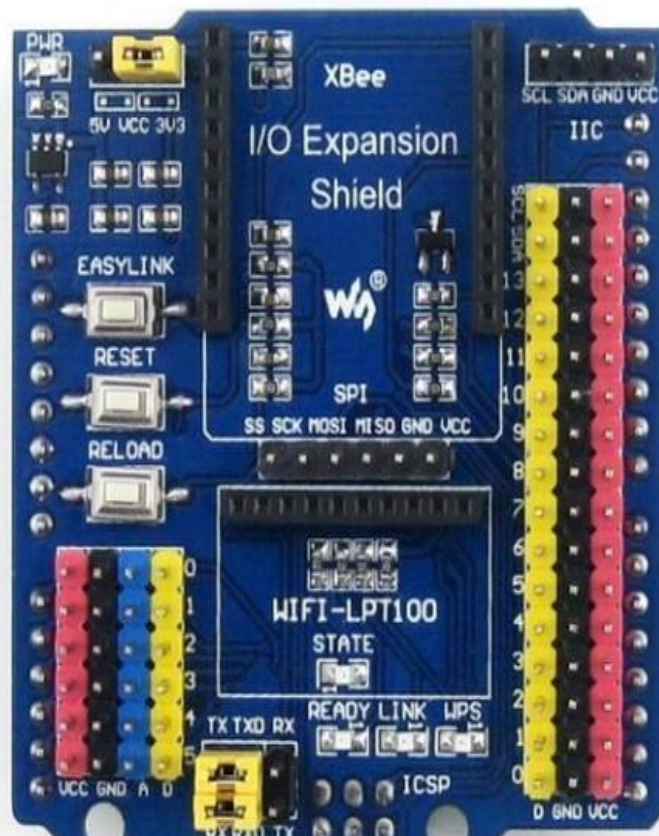


Рисунок 2.6 – Плата розширення Expansion Shield

Розміщені компоненти та інтерфейси для приєднання периферії:

- конектор для підключення модемів XBee;
- конектор I<sup>2</sup>C інтерфейсу;
- конектор SPI інтерфейсу;
- конектор для підключення модуля WI-FI;
- перемикач конфігурації живлення модемів VCC: +3.3В або +5В;
- перемикач вибору налагодження/комунікація;
- індикатори стану Xbee і Wi-Fi.

Використовуючи наведене апаратне забезпечення використовуючи структурну схему рис.2.1, будуємо мультиканальний сервер для розумного будинку рис. 2.2. Така побудова забезпечує гнучку архітектуру для створення мережі розумного будинку при використанні різних безпроводних протоколів зв'язку.

## 2.3 Налаштування роботи мультимедійного сервера

Для створення мультимедійного сервера для розумного будинку який працюватиме з безпроводною мережею необхідно на комп'ютер Raspberry Pi 4 поставити операційну систему. Серед операційних систем для Raspberry Pi 4 беремо, найбільш поширену, найбільш функціональну та рекомендовану виробником операційну систему Raspbian, яка створена на базі операційної системи Debian Wheezy.

За рекомендацією виробника операційна система Raspbian є кращою для побудови роутерів, серверів та інших пристроїв на базі платформи Raspberry Pi 4, однак перспективною є операційна система Ubuntu Core яка створена спеціально для різних IoT пристроїв розумного будинку і має високий рівень захисту від зламу. Однак операційна система Ubuntu Core на даний момент має недостатній функціонал з підтримки периферійних модулів і програм для створення сервера.

Для встановлення ОС Raspbian на плату Raspberry Pi 4 необхідно виконати наступні процедури.

1. Скачуємо інсталяційний архів із сайту виробника.
2. Розпаковуємо архів, та отримуємо образ з розширенням .img.
3. Вставляємо SD- карту пам'яті в комп'ютер.
4. Монтуємо образ на карту (використовуючи Win32Diskimager).
5. Приєднуємо в Raspberry Pi 4 мишу, монітор, клавіатуру, та підготовлену Sd- картку.
6. Підключаємо живлення до Raspberry Pi 4.
7. У вікні у третьому пункті Configuration Tool вибираємо другий варіант встановлення інтерфейсу це буде графічний (LXDE).
8. Натискаємо Done, і стартуємо перезавантаження.
9. Коли з'явиться вікно введення логіна та пароля, пишемо логін pi і пароль raspberry, після чого з'явиться робочий стіл.



2.1.4. Налаштування роботи Ethernet. Зазвичай при роботі Raspberry Pi 4 з мережами, Ethernet підключається без додаткового налагодження. Для цього потрібно щоб у роутері, до якого приєднується Raspberry Pi 4 був налаштований сервіс DHCP. Цей сервіс служить з мережами та призначає Ір-адреси для периферії підключеної до мережі через кабель або Wi-fi. Приєднання Raspberry Pi 4 до кабельного інтернету рис. 2.7. Зазвичай по замовчуванню адреса змінюється динамічно, а це заважає побудові постійної мережі, тому для Raspberry Pi 4 необхідно задати постійну адресу.

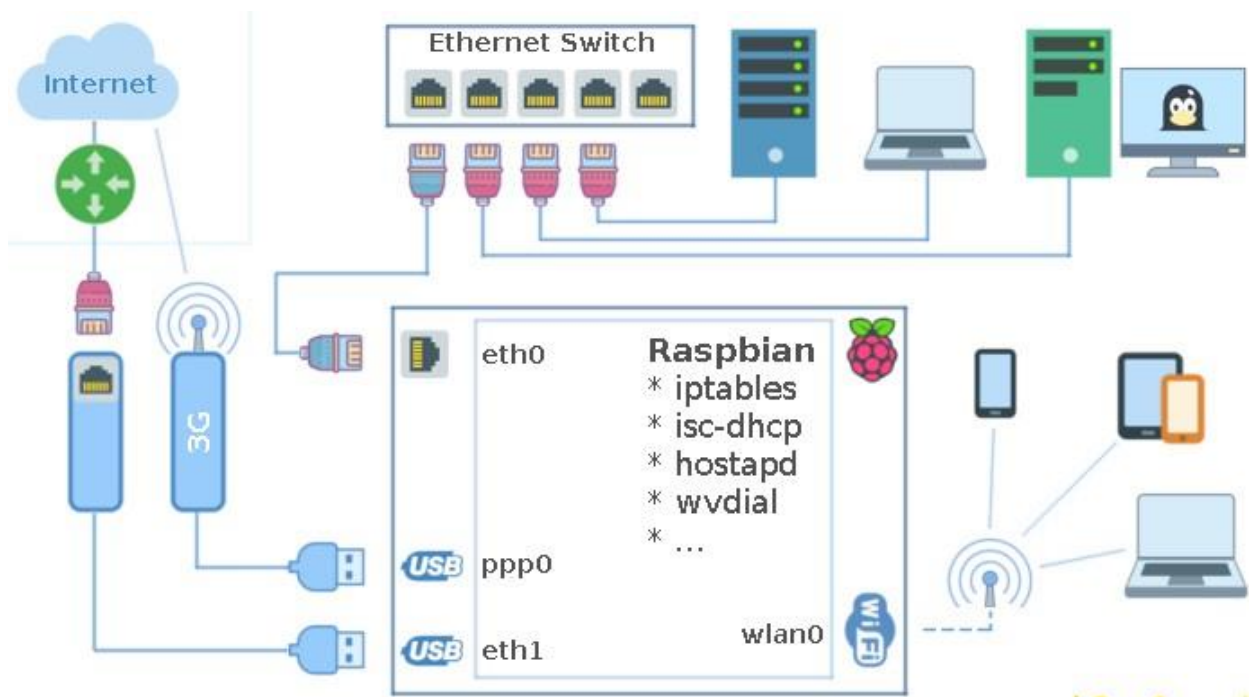


Рисунок 2.7 – Приєднання Raspberry Pi 4 до інтернету

Щоб задати IP-адресу, для Raspberry Pi 4, а також щоб отримати параметри мережі, необхідно підключити Raspberry Pi 4 як простий термінал і подати команду:

```
sudo ifconfig
```

Після чого збережемо отриману IP-адресу, та інші параметри для цієї підмережі: (Bcast) IP і маску (Mask):

```
inet addr: 192.168.0.2
Bcast: 192.168.0.255
Mask: 255.255.255.0
```

Далі отримаємо IP-адресу шлюза в мережі (gateway), використовуючи команду:

```
sudo route -nee
```

Таким чином отримаємо адресу шлюзу:

```
Gateway: 192.168.0.1
```

Для конфігурування локальної мережі задають визначені діапазони ip-адрес:

- 10.0.0.0 - 10.255.255.255 (маска підмережі 255.0.0.0 або /8)
- 172.16.0.0 - 172.31.255.255 (маска підмережі 255.240.0.0 або /12)
- 192.168.0.0 - 192.168.255.255 (маска підмережі 255.255.0.0 або /16)

Діапазон IP-адрес та його вибір визначається розміром необхідної локальної мережі. Для малих мереж в достатньо використати діапазон адрес 192.168.0.1 - 192.168.0.254, тобто можна підключити до 254 пристроїв.

Щоб зберегти задану конфігурацію мережі необхідно трансформувати файл конфігурації мережі за допомогою команди:

```
cat /etc/network/interfaces
```

Цей рядок перевіряє, чи використовується DHCP:

```
iface eth0 inet dhcp
```

Щоб зберігати резервні копії конфігурації мережі до запровадження змін, використовують команду копіювання:

```
sudo cp /etc/network/interfaces
/etc/network/interfaces.backup
```

Задання статичної адреси для

```
sudo nano /etc/network/interfaces
```

Raspberry Pi 4, для цього редагуємо конфігураційний файл в редакторі nano:

Вирізуємо стрічку

```
sudo nano /etc/network/interfaces
```

Замість неї вписуємо такі рядки:

```

# власний інтерфейс RPі
auto lo
iface lo inet loopback
# інтерфейс Ethernet зі статичною адресацією
iface eth0 inet static
# статична адреса вашого RPі, яку занотували раніше
address 192.168.0.2
# маска підмережі
netmask 255.255.255.0
# адреса вашої мережі (не обов'язково)
network 192.168.0.0
broadcast 192.168.0.255
# IP вашого шлюзу
gateway 192.168.0.1
# Додавання доступних DNS-серверів
dns-nameservers 8.8.8.8 8.8.4.4

```

Зберігаємо налаштування комбінацією клавіш CTRL+X та вказавши Y для збереження змін.

Для операційної системи Raspbian починаючи з версії 5.05.2015, Raspberry Pi 4 має додаткову динамічно призначену IP-адресу (отриману від служби DHCP), якщо спробувати задати статичну IP адресу. То ця IP адреса може викликати конфлікти в локальній мережі, її видаляємо за допомогою команди `hostname -I`.

Щоб уникнути появи нової або іншої IP-адреси у Raspbian, відключаємо службу `dhcpcd` (тобто DHCP) на Raspberry Pi 4 за допомогою команди: `sudo update-rc.d -f dhcpcd remove`

Після чого служба `dhcpcd` не буде стартувати при початку роботи, а всі налаштування `/etc/network/interfaces` будуть збережені.

Якщо ця служба необхідна, то для відновлення її роботи задамо команду: `sudo update-rc.d dhcpcd defaults`

Служба `dhcpcd` надає динамічні IP-адреси та генерує адреси DNS-серверів, а при її відключенні в Raspberry Pi 4 ці адреси не будуть генеруватись. Щоб обійти цього в файлі `/etc/network/interfaces` запишемо дані з використовуваними серверами DNS:

```
dns-nameservers 8.8.8.8 8.8.4.4
```

Перезапускаємо Raspberry Pi 4 з командою

```
sudo shutdown -r now
```

Після перезавантаження тестуємо роботу мережі:

```
ping 192.168.0.1 -c5
```

Отриманий пінг покаже працездатність мережі та час затримки проходження 5 пакетів.

### 2.1.5. Налаштування роботи Wi-Fi.

Підключити Raspberry Pi 4 до локальної мережі Wi-Fi можна двома способами: використовуючи встроений в плату модуль або за допомогою USB-Wi-Fi шилда. Для випадку шилда необхідно уточнити список шилдів які підтримуються на сайті виробника. Приєднаємо USB-Wi-Fi шилд і читаємо, що відображає операційна система.

```
1 $ lsusb
2 Bus 001 Device 002: ID 0424:9512 Standard Microsystems Corp.
3 Bus 001 Device 001: ID 1d6b:0002 Linux Foundation 2.0 root hub
4 Bus 001 Device 003: ID 0424:ec00 Standard Microsystems Corp.
5 Bus 001 Device 004: ID 148f:5370 Ralink Technology, Corp. RT5370
  Wireless Adapter
6
```

Вказана в тексті команда,

```
1 $ lsusb -v
```

покаже деталі:

```
1 ...
2 Bus 001 Device 004: ID 148f:5370 Ralink Technology, Corp. RT5370
  Wireless Adapter
3 Couldn't open device, some information will be missing
4 Device Descriptor:
5   bLength                18
6   bDescriptorType        1
7   bcdUSB                  2.00
8   bDeviceClass            0 (Defined at Interface level)
9   bDeviceSubClass         0
10  bDeviceProtocol          0
11  bMaxPacketSize0         64
12  idVendor                 0x148f Ralink Technology, Corp.
13  idProduct                0x5370 RT5370 Wireless Adapter
14  bcdDevice                1.01
15  iManufacturer           1
16  iProduct                 2
17  iSerial                  3
18  bNumConfigurations      1
19 ...
```

В свою чергу команда `lsmod` показує, що до плати приєднано модуль `RT2800USB`:

```

1  $ lsmod
2  Module                Size  Used by
3  ...
4  rt2800usb             17425  0
5  rt2800lib             80340  1 rt2800usb
6  rt2x00usb            11661  1 rt2800usb
7  rt2x00lib            44767  3 rt2x00usb,rt2800lib,rt2800usb
8  ...

```

Для запуску модуля і його налаштування необхідні наступні

команди:

- `dhclient` — отримання IP-адреси через службу DHCP,
- `iwlist` — список доступних налаштувань Wi-Fi,
- `ifconfig` — включення/виключення безпроводного модуля,
- `iwconfig` — конфігурація з'єднання,
- `wpa_supplicant` — для використання WPA шифрування.

Доступні Wi-Fi мережеві інтерфейси:

```

1  $ ifconfig -a
2  eth0      Link encap:Ethernet  HWaddr b8:27:eb:17:6d:59
3           inet addr:192.168.0.3  Bcast:192.168.0.255  Mask:255.255.255.0
4           UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
5           RX packets:2553 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
6           TX packets:2510 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
7           collisions:0 txqueuelen:1000
8           RX bytes:157141 (153.4 KiB)  TX bytes:225809 (220.5 KiB)
9
10 lo       Link encap:Local Loopback
11          inet addr:127.0.0.1  Mask:255.0.0.0
12          UP LOOPBACK RUNNING  MTU:65536  Metric:1
13          RX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
14          TX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
15          collisions:0 txqueuelen:0
16          RX bytes:0 (0.0 B)  TX bytes:0 (0.0 B)
17
18 wlan0    Link encap:Ethernet  HWaddr 7c:dd:90:04:2f:bc
19          UP BROADCAST MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
20          RX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
21          TX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
22          collisions:0 txqueuelen:1000
23          RX bytes:0 (0.0 B)  TX bytes:0 (0.0 B)

```

## Відповідно налаштування

```

1 $ iwconfig
2 wlan0 IEEE 802.11bgn ESSID:off/any
3       Mode:Managed Access Point: Not-Associated Tx-Power=20 dBm
4       Retry long limit:7 RTS thr:off Fragment thr:off
5       Power Management:on
6
7 lo    no wireless extensions.
8
9 eth0  no wireless extensions.
10
11 )

```

Звідки видно що інтерфейс wlan0 є доступний і налаштуємо його з Wi-Fi точкою доступу.

Перевіряємо інтерфейси /etc/network/interfaces:

```
1 sudo nano /etc/network/interfaces
```

в пункті wlan0 має бути записано:

```

1 allow-hotplug wlan0
2 iface wlan0 inet manual
3 wpa-roam /etc/wpa_supplicant/wpa_supplicant.conf
4 iface default inet dhcp

```

Натискаємо клавіші Ctrl-X для того щоб вийти з налаштувань.

Зчитуємо Wi-Fi мережі, які бачить адаптер:

```
1 sudo iwlist wlan0 scan
```

Для того щоб виділити рядки з назвами мереж, використовуємо команду grep:

```

1 sudo iwlist wlan0 scan | grep ESSID
2
3             ESSID:"dlink"
4             ESSID:"Kantiana-Guest"
5             ESSID:"Kantiana-Internal"
6             ESSID:"Kantiana"

```

Тепер збережемо отриману інформацію про Wi-Fi точку доступу у файл /etc/wpa\_supplicant/wpa\_supplicant.conf:

```
1 sudo nano /etc/wpa_supplicant/wpa_supplicant.conf
```

Пропускаємо перші два рядки:

```
1 ctrl_interface=DIR=/var/run/wpa_supplicant GROUP=netdev
2 update_config=1
```

Вставляємо:

```
1 network={
2     ssid="YourSSID"
3     psk="password"
4     key_mgmt=WPA-PSK
5 }
```

У випадку якщо задіяно WEP, то:

```
1 network={
2     ssid="YourSSID"
3     wep_key0="password12345"
4     key_mgmt=NONE
5 }
```

Налаштовуємо додаткові поля:

pairwise – CCMP чи TKIP (для WPA2 чи WPA1).

proto – Протокол: RSN (для WPA2) і WPA (for WPA1).

auth\_alg – використовуваний алгоритм для аутентифікації, OPEN для WPA1/WPA2 і SHARED.

Натиснувши комбінацію Ctrl-X зберігаємо зміни і виходимо з налаштувань.

Перезавантажимо Raspberry Pi 4:

```
1 sudo reboot
```

Результат провіримо:

```

1 $ ifconfig -a
2
3 ...
4 wlan0      Link encap:Ethernet  HWaddr 7c:dd:90:04:2f:bc
5            inet addr:192.168.0.14  Bcast:192.168.0.255  Mask:255.255.255.0
6            UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
7            RX packets:9 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
8            TX packets:4 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
9            collisions:0 txqueuelen:1000
10           RX bytes:1866 (1.8 KiB)  TX bytes:1004 (1004.0 B)

1 $ iwconfig
2 wlan0      IEEE 802.11bgn  ESSID:"dlink"
3            Mode:Managed  Frequency:2.437 GHz  Access Point: 14:D6:4D:70:07:D4
4            Bit Rate=36 Mb/s   Tx-Power=20 dBm
5            Retry long limit:7   RTS thr:off   Fragment thr:off
6            Power Management:on
7            Link Quality=69/70  Signal level=-41 dBm
8            Rx invalid nwid:0  Rx invalid crypt:0  Rx invalid frag:0
9            Tx excessive retries:0  Invalid misc:1  Missed beacon:0

```

Підключення мережі Wi-Fi для WPA- шифрування:

```

1 sudo wpa_supplicant -B -Dwext -i wlan0 -c
2 /etc/wpa_supplicant/wpa_supplicant.conf

```

Після підключення до Wi-Fi отримуємо від dhcp-сервера IP- адреси:

```

1 sudo dhclient wlan0

```

Якщо необхідно задати статичну IP- адресу то задаємо її згідно налаштувань у підрозділі 2.3.1.

2.1.6. Налаштування плати шилда ARPI600. Для роботи шилда ARPI600 спільно з Raspberry Pi 4 потрібні такі бібліотеки: bcm2835 libraries, wiringPi libraries.

З вказаного сайту потрібно завантажити вказані бібліотеки: <https://projects.drogon.net/raspberry-pi/wiringpi/download-and-install/>

Збережемо бібліотеки на флешку, перекинемо на Raspberry Pi 4. В директорії WiringPi запусимо їх інсталяцію:

```

sudo chmod 777 build
./build

```

Перевіримо інсталяцію: `gpiu -v`

Встановлення бібліотеки bcm2835. На Raspberry Pi 4



використовується схема bcm2837, однак виробник гарантує сумісність бібліотеки bcm2835.

Тому бібліотеку bcm2835-1.55 завантажимо з сайту:  
<http://www.airspayce.com/mikem/bcm2835/>

```
./configure
```

```
Make
```

```
sudo make check
```

```
sudo make install
```

Копіюємо бібліотеку на Raspberry Pi 4, в директорію bcm2835-1.55, і запускаємо наступні команди: Для роботи з Python є відповідні бібліотеки для Raspbian (посилання на них <https://pypi.python.org/pypi/> та <https://pypi.python.org/pypi/spidev>) запускають за допомогою команд apt-get.

Плата Raspberry Pi має бути підключений до Інтернету та живлення, коли запускаємо команди apt-get для встановлення бібліотек. Перед встановленням запускаємо цю команду, і отримуємо список програм:

```
sudo apt-get update
```

1. Виконаємо команду для встановлення пакету python-dev:

```
sudo apt-get install python-dev
```

2. Встановлюємо пакет Raspberry Pi 4 GPIO (з бібліотеками для GPIO). ([https://pypi.python.org/pypi/Raspberry\\_Pi\\_4.GPIO](https://pypi.python.org/pypi/Raspberry_Pi_4.GPIO)) на плату та розархівуємо його. Із папки запустимо команду для встановлення бібліотеки:

```
sudo python setup.py install
```

3. Запустимо встановлення бібліотеки smbus (функції інтерфейсу I<sup>2</sup>C):

```
sudo apt-get install python-smbus
```

4. Запустимо команду для встановлення бібліотеки інтерфейсу UART:

```
sudo apt-get install python-serial
```

5. Встановимо бібліотеки для шини SPI, spidev. Копіюємо пакет spidev на Raspberry Pi 4. Із цієї директорії встановимо бібліотеки:

```
sudo python setup.py install
```

6. Запустимо встановлення бібліотек Python:

```
sudo apt-get install python-imaging
```

Конфігурація інтерфейсів для плати

1. Вмикаємо шину I2C. Запускаємо конфігурацію Raspberry Pi 4:

```
sudo raspi-config
```

Вибераємо команду Advanced Options -> I2C -> yes для старту I2C.

Після модифікуємо файл налаштування:

```
sudo nano /etc/modules
```

Додаємо такі налаштування:

```
i2c-bcm2708
```

```
i2c-dev
```

Зберігаємо зміни і виходимо з налаштувань. Перезавантажимо плату після змін.

2. Старт послідовного порта. Послідовний порт в Raspberry Pi 4 призначений для налагодження через термінал. При його вимкненні налагодження Raspberry Pi 4 буде недоступне. Тому для керування Raspberry Pi 4 з послідовного порта, необхідно буде знову його активувати.

```
sudo raspi-config
```

Налаштувавши Advanced Options -> Serial. Задамо йому no, тобто відключимо відлагодження з послідовного порта, тому порт стане доступним для послідовного зв'язку через UART. Для активації налаштування перезавантажимо Raspberry Pi 4.

3. Налаштуємо роботу шини SPI за допомогою наступної команди:

```
sudo raspi-config
```

Налаштуємо Advanced Options -> I2C -> yes, для старту шини I<sup>2</sup>C.

Конфігурування годинника реального часу (RTC).

1. Налаштуємо перемички RTC JMP на шилді ARPI600.

2. Запустимо термінал LXTerminal на Raspbian і введемо код:

```
i2cdetect -y 1
```

3. Відобразиться адреса пристрою PCF8563, який підключено до

Raspberry Pi 4. На рисунку показано адресу пристрою PCF8563 - 50, що відображає виявлений PCF8563 в Raspberry Pi 4.

```

      0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  a  b  c  d  e  f
00:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
10:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
20:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
30:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  3c  --  --  --
40:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
50:  50  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
60:  --  --  --  --  --  --  --  UU  --  --  --  --  --  --  --

```

Рисунок 2.8 - Виявлені адреси пристроїв PCF8563, приєднаних до Raspberry Pi 4

4. У відкритому терміналі LXTerminal запустимо команди:

```
modprobe i2c-dev
```

```
sudo chmod 766 home/sys/class/i2c-adapter/i2c-1/new_device
```

```
echo pcf8563 0x51 > /sys/class/i2c-adapter/i2c-
```

```
1/new_device
```

```
hwclock
```

Зчитуємо поточний час з RTC приєданого через шину I2C.

LXTerminal покаже отриманий час від PCF8563.

5. Синхронізуємо поточний час за допомогою терміналу LXTerminal:

```
hwclock -w (записати час Raspbian в PCF8563)
```

```
hwclock -r (синхронізувати час від Raspbian на PCF8563)
```

```
hwclock -s (синхронізувати час Raspbian за допомогою RST)
```

Всі проведені конфігурування плати Raspberry Pi 4 налаштовують її роботу з периферійними пристроями. Ці налаштування потрібні для гнучкої зміни конфігурації мережі і приєднання різноманітної периферії розумного будинку.

## 2.4 Висновки до другого розділу

Розроблений мультиканальний сервер для розумного будинку фактично виконує роль комутатора і сервера одночасно, який може об'єднувати декілька різних периферійних пристроїв і підмереж за допомогою USB, SPI, I<sup>2</sup>C шин із безпроводними мережами типу Bluetooth, Wi-Fi, XBee. Архітектура і конкретні функції мультиканального сервера програмуються і налаштовуються згідно потреб проекту розумного будинку.

Використовуючи наведене апаратне забезпечення використовуючи структурну схему, будуємо мультиканальний сервер для розумного будинку. Така побудова забезпечує гнучку архітектуру для створення мережі розумного будинку при використанні різних безпроводних протоколів зв'язку.

Всі проведені конфігурування плати Raspberry Pi 4 налаштовують її роботу з периферійними пристроями. Ці налаштування потрібні для гнучкої зміни конфігурації мережі і приєднання різноманітної периферії розумного будинку.

## 3 ТЕСТУВАННЯ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ПОБУДОВИ МУЛЬТИКАНАЛЬНОГО СЕРВЕРА РОЗУМНОГО БУДИНКУ

### 3.1 Налаштування та тестування мережі ZigBee для розумного будинку

Інсталяція програмного забезпечення і підключення модемів ZigBee. Для початку встановлюємо програму X-CTU з сайту виробника, після встановлення вона захоче оновити пакети прошивок для різних модемів ZigBee X-CTU після чого відкриє головне стартове вікно рис.3.1.

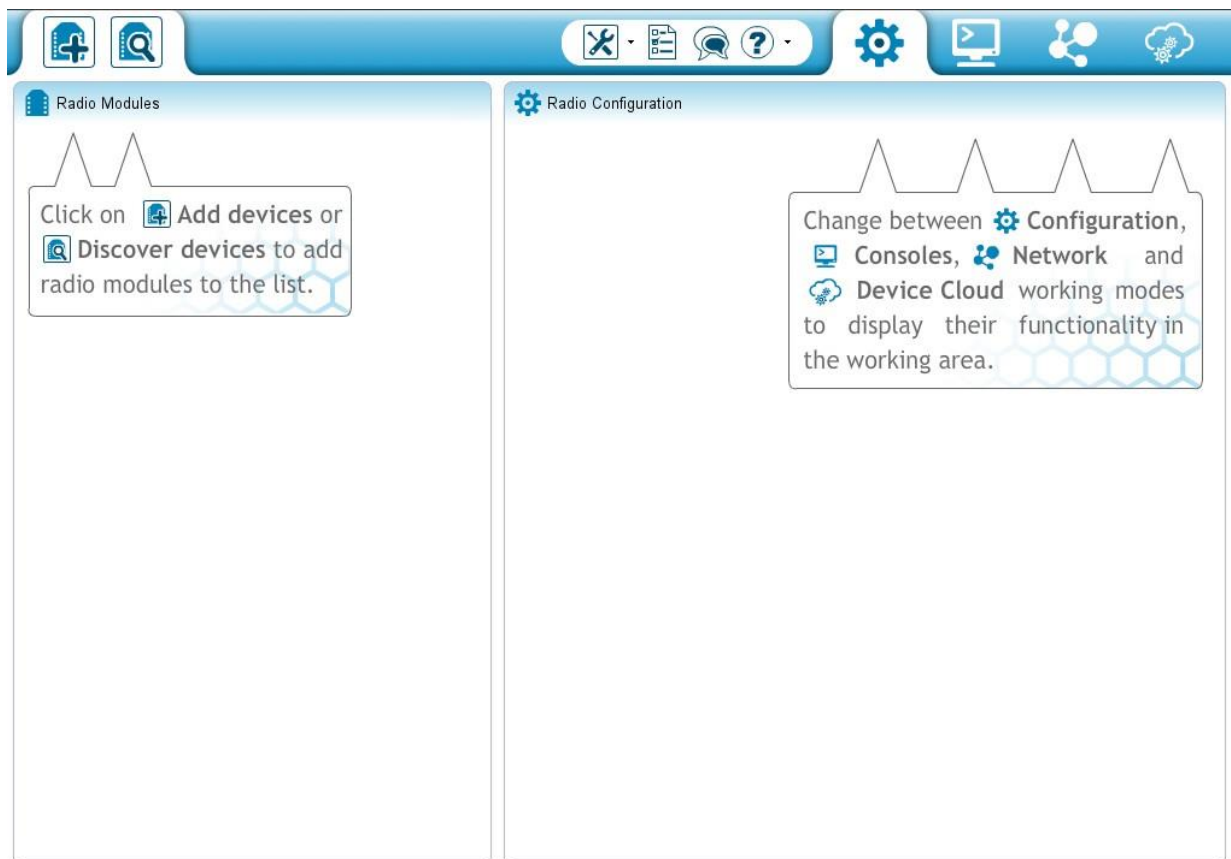


Рисунок 3.1 - Стартове вікно програми X-CTU

При повторних стартах програми також відбувається перевірка появи нових прошивок, тому налаштування починається одразу після завершення оновлення прошивок модемів ZigBee.

Конфігурування починається з встановлення модемів ZigBee на плату конфігурування та приєднання антени до відповідного роз'єму. Без антени приєднаної до модемів ZigBee плату не включати.

Операційна система при виявленні плати конфігурування встановить відповідні драйвери для перехідника USB-UART або доставити їх з сайту виробника, перевірити підключення через диспетчер задач. При потребі перезавантажити ПК.


Після підключення запускаємо програму X-CTU та додаємо модем ZigBee у вікні (Add devices). Для початку необхідно задати відповідний порт та перевірити його параметри, наприклад швидкість обміну даними Baud Rate 115200 та парність, але зазвичай достатньо налаштувань по замовчуванню (див. рис. 3.2.). Натиснути Finish.



Рисунок 3.2 - Приєднання модемів ZigBee до USB порта

За результатом сканування зліва в колонці з'являється знайдений модем ZigBee та його параметри (виконувані функції, мак адрес, налаштування порта). Якщо натиснути на нього то з права з'являється вікно параметрів модему ZigBee рис.3.3 (функції, версія та налаштування прошивки).

Основою формування мережі ZigBee є координатор — це модем, що відповідає за вибір частотного каналу, топології, ідентифікатора та імені мережі. Після включення координатор приєднує до мережі модеми в ролі маршрутизаторів або кінцевих пристроїв. Після формування мережі координатор виконує роль маршрутизатора (тобто переправляє отримані пакети даних). В мережі є лише один координатор в мережі який організовує мережу та може маршрутизувати пакети або отримувати і відправляти власні пакети даних. Його режим роботи неперервний тому зазвичай він живиться від мережі. В мережі ZigBee маршрутизатор це пристрій, який забезпечує передачу пакетів в мережі і визначає кращий маршрут для доставки пакетів даних. В мережі використовують кілька маршрутизаторів які мають неперервний режим роботи і мають постійне живлення від промислової мережі.

Кінцевий пристрій взаємодіє координаторами або маршрутизаторами для отримання або передачі пакетів даних. Значну частину часу вони перебувають в стані сну, тому не виконують маршрутизації. Кінцеві пристрої в мережі живляться від автономних джерел і перебувають в стані низького енергоспоживання. Їх в мережі кілька або кілька десятків. Якщо для роботи мережі треба змінити прошивку то це відбувається через відповідне меню при натисканні кнопки . У вікні що з'явилося необхідно задати Product family, задати функцію Function set, та вибрати новішу версію прошивки (Newest).

Оцінити наявні прошивки і їх функції та можливості можна за допомогою опції Firmware explorer (рис. 3.4).

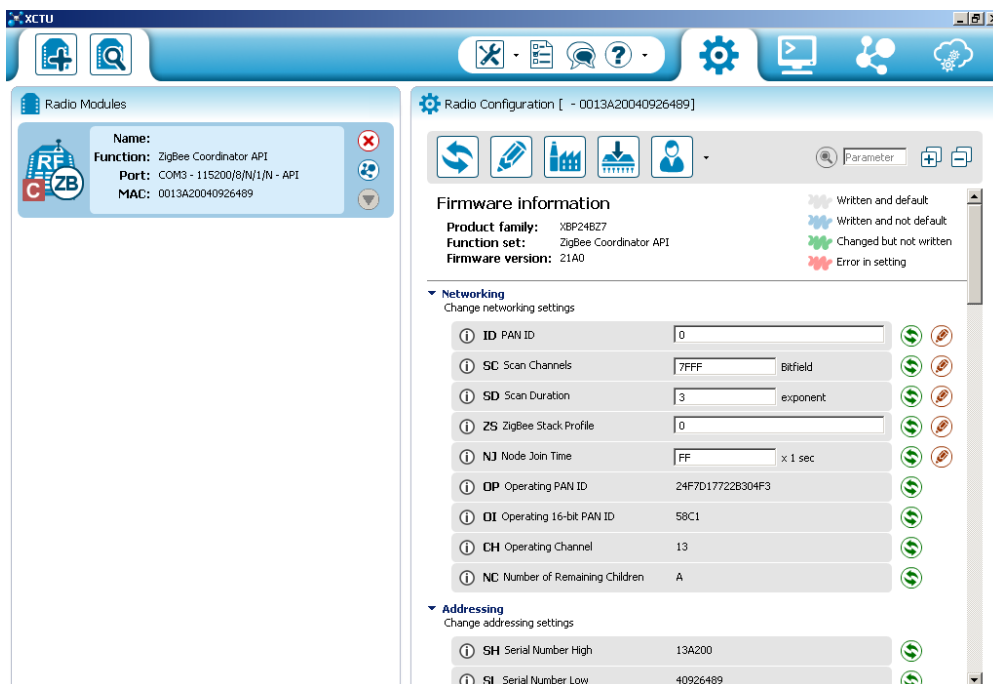


Рисунок 3.3 - Характеристики радіо модуля XBee

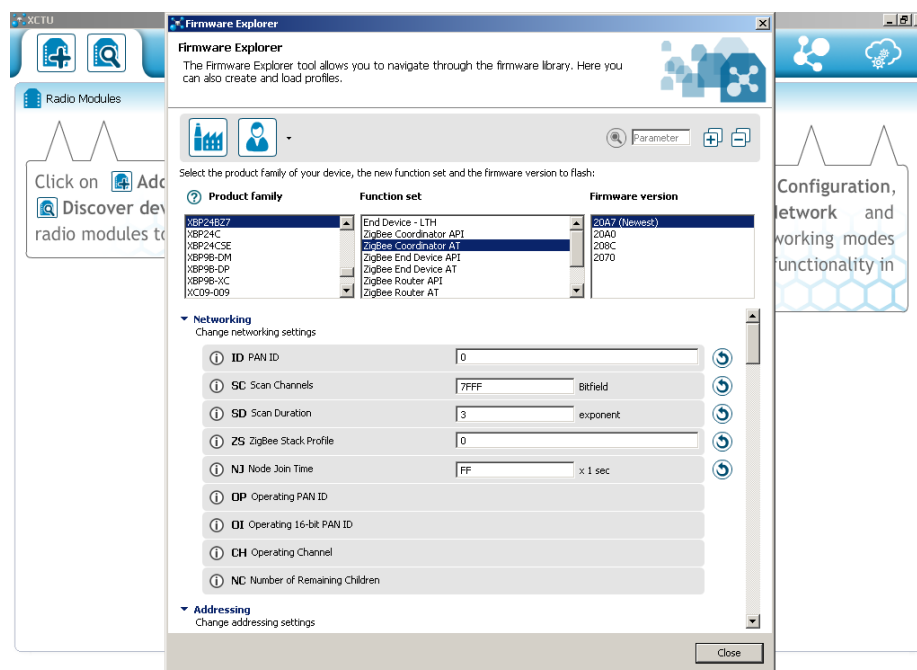


Рисунок 3.4 - Зміна прошивки модуля XBee

Налаштування пристроїв та їх тестування. Для налаштування модемів ZigBee у вікні наведеному на рис 3.5. змінимо наступні рядки:

ID PAN ID — задамо ідентифікатор мережі 1001 (для пристрою)

DH Destination Address High — задамо мак адресу 0013A200 (верхня



частина мак адресу)

DL Destination Address Low — задамо мак адресу (нижня частина мак адресу).

Мак адрес нанесено на корпусі модема, де спочатку XB24-BWIT-004 а марка, а далі позначена верхня і нижня частина мак адреса.

EE Encryption Enable — включимо шифрування AES-128 Enable [1]

KY Encryption Key — на координаторі задамо ключ шифрування AES-128 в 32 знаки (0,1...9,a,b,c,d,e,f), решта пристроїв якщо приєднані до мережі ключ отримають від координатора.

BD Baud Rate — швидкість обміну по UART порту .

RO Packetization Timeout — час затримки формування пакетів, мінімально0.

Решта параметрів за замовчуванням

Для формування мережі необхідно в такий же спосіб приєднаємо ще три модеми рис. 3.5. При включеному координаторі решта з'єднання відбувається автоматично.

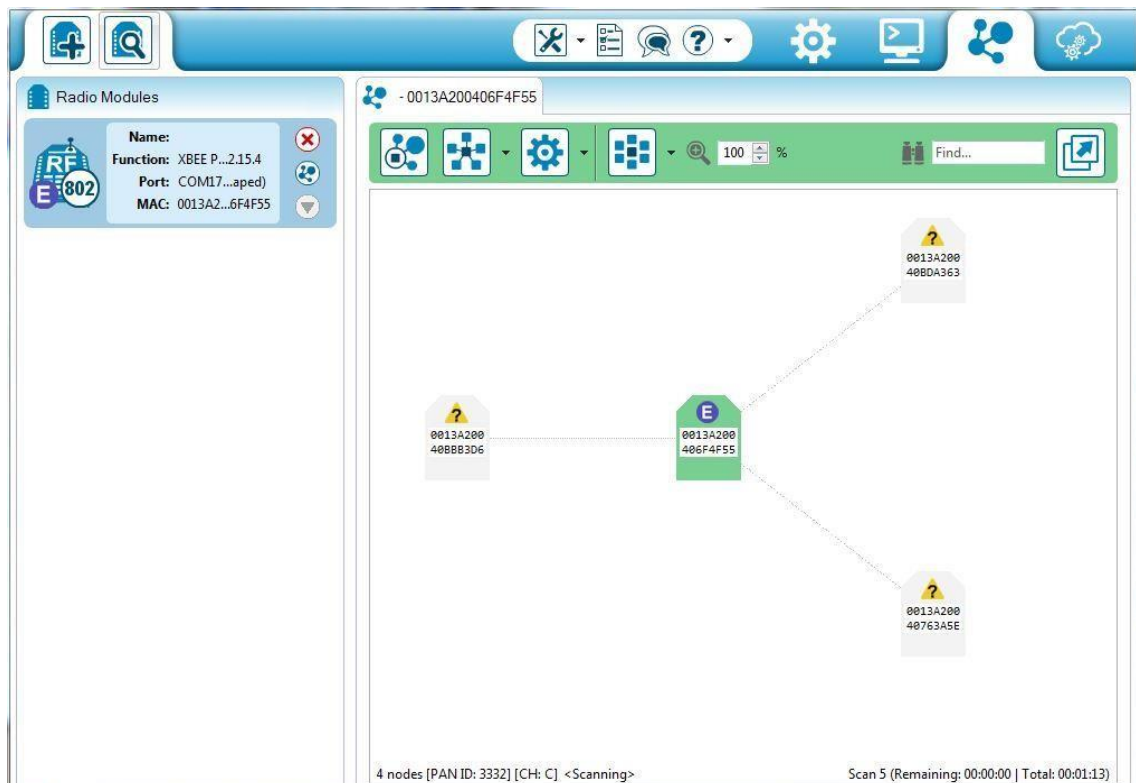


Рисунок 3.5 - Отримані пакети між модулями XBee

Для перевірки якості зв'язку та на втрату пакетів використаємо меню Range test, для цього задаємо параметри пакетів і тиснемо Start Range test. Отримуємо результат наведений на рис.3.6.

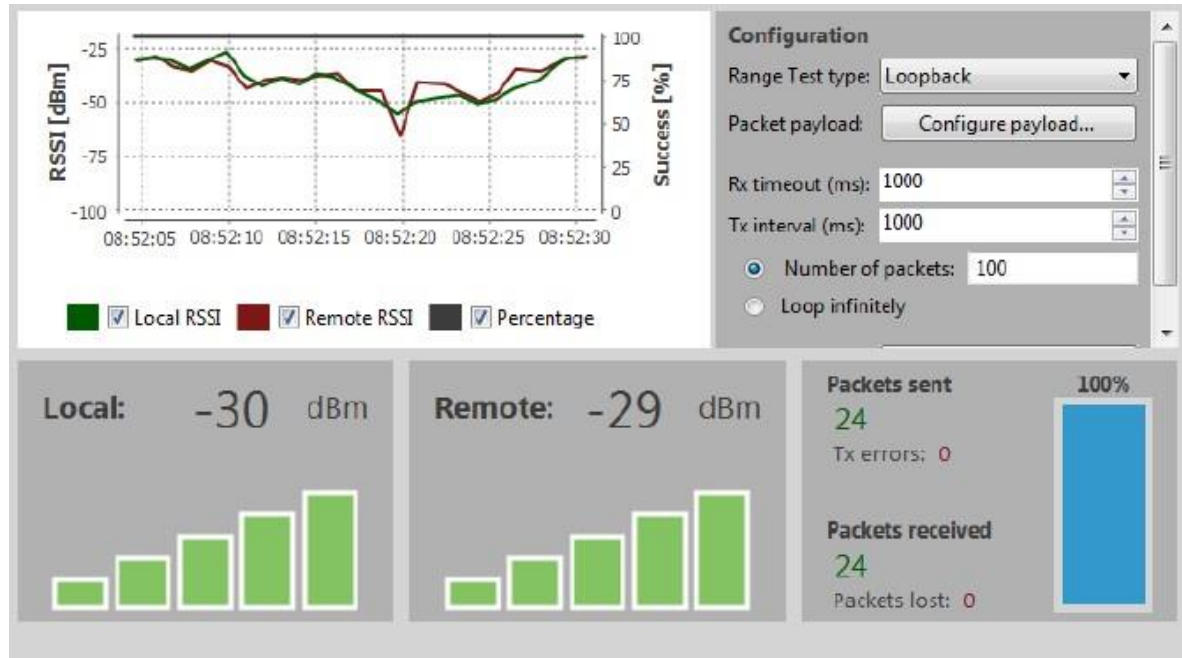


Рисунок 3.6 - Тестування зв'язку між модемами ZigBee

Тестування показує високий рівень сигналу і відсутність втрати пакетів, це тому що тестування виконується на невеликій відстані між модемами.

Використовуючи цю методику доцільно перевірити дальність та надійність зв'язку в мережі між модемами ZigBee, особливо при значних відстанях між модемами ZigBee. Крім того необхідно оцінити швидкість обміну даними по повітрю між різними частинами мережі ZigBee.

### 3.2 Тестування безпроводної мережі ZigBee в межах розумного будинку

Для аналізу та тестування роботи безпроводної мережі ZigBee застосуємо програму NetSpot. Ця програма хоча і призначена для аналізу

сигналу Wi-Fi в приміщеннях однак задавши рівень сигналу від точки і рівень чутливості приймача можна отримати ті ж самі характеристики що і для ZigBee по дальності поширення сигналу в межах розумного будинку.

Для старту аналізу необхідно завантажити план розумного будинку.

Також необхідно задати канал (див.рис.3.7), потужність випромінювання точки доступу, тобто координатора ZigBee та чутливості приймачів, роутерів і кінцевих пристроїв мережі. Результатом роботи програми є візуальна карта, яка показує рівень сигналу та величину відношення сигнал/шум у кімнатах будинку. Критичними зонами для зв'язку є фіолетові та темно-сині зони на карті.



Рисунок 3.7 - Вибір каналу ZigBee

Використовуючи програму NetSpot проаналізуємо потужність сигналу для мережі ZigBee рис. 3.8. Швидкість передачі даних в безпроводній мережі для випадку ZigBee будуть не актуальні бо вони стосуються мережі Wi-Fi.

Також можна за графіками оцінити рівень сигналу в мережі від точок доступу ZigBee рис. 3.9.

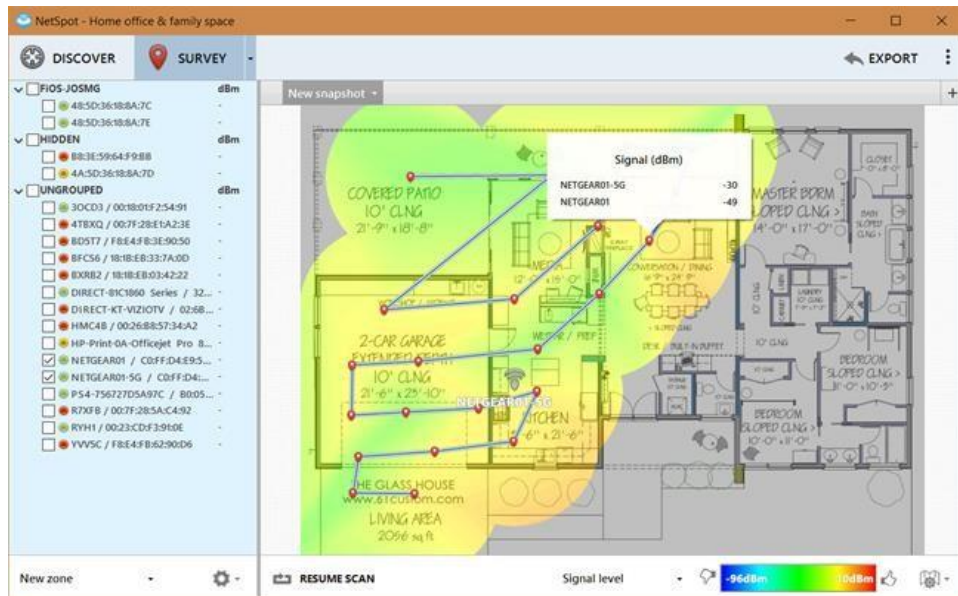


Рисунок 3.8 - Вибір досліджуваних характеристик ZigBee та їх відображення на візуальній карті досліджуваного об'єкту



Рисунок 3.9 - Рівень сигналу для семи точок доступу ZigBee

За отриманими графіками та зображеннями можна оцінити в яких місцях краще розміщувати координатор та роутери. А також яка буде дальність зв'язку при складній конфігурації мережі розумного будинку побудованої на базі технології ZigBee.

### 3.3 Розгортання та тестування мережі Z-Wave

Серед багатьох виробників обладнання і програмного забезпечення для мереж Z-Wave найбільш цікавою є програма Simplicity Studio від Silicon Labs. Вона призначена для розгортання мережі Z-Wave на базі ПК для налаштування і тестування обладнання розробленого різними виробниками для технології Z- Wave.

Стартова сторінка програми Simplicity Studio, див рис.3.10, надає можливість додавати до мережі нові пристрої, будувати топологію мережі і її режими роботи, відслідковувати її захищеність та задавати параметри шифрування. А також налаштовувати параметри датчиків і виконавчих пристроїв розумного будинку, змінювати та оновлювати їх прошивки.

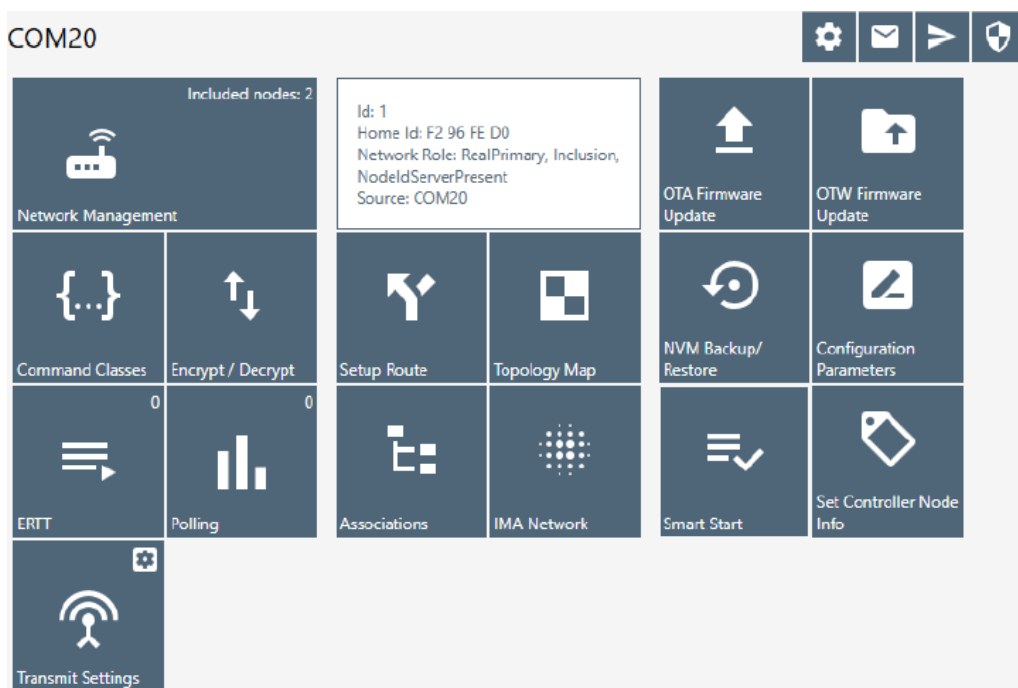


Рисунок 3.10 - Стартова сторінка програми Simplicity Studio

Обладнання для розгортання мережі Z-Wave, яке підключено до ПК відображається у вікні підключених пристроїв, див.рис.3.11.

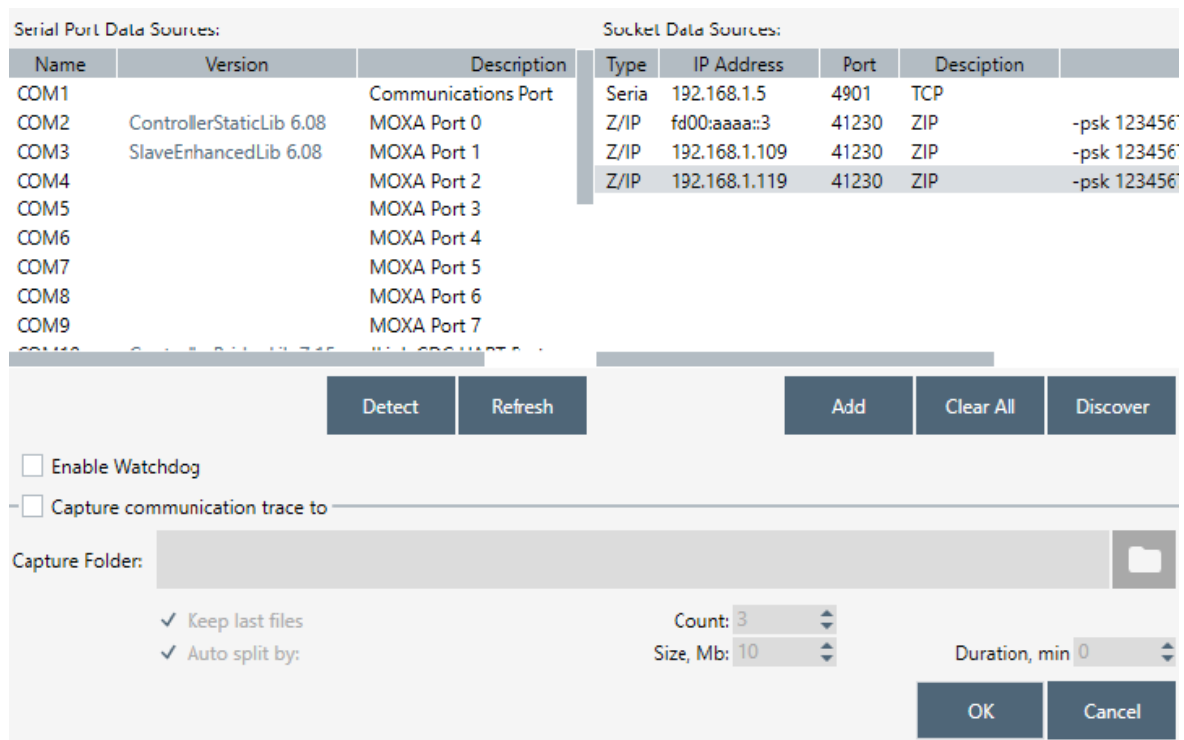


Рисунок 3.11 - Вікно підключених пристроїв Simplicity Studio

У цьому вікні можна налаштувати параметри порта та IP адресу підключеного давача чи виконавчого пристрою для подальшого його налаштування.

Після приєднання пристроїв до ПК і налаштування їх параметрів необхідно виконати налаштування мережі у вікні Network management, див. рис. 3.12.

Топологію мережі Z-Wave в програмі Simplicity Studio можна відслідковувати в процесі підключення нових пристроїв за допомогою вікна IMA Network (Installation and Maintenance Application), див.рис.3.13. А також відслідковувати стан “здоров’я” мережі та обмін даними між пристроями, це дозволяє розробнику легко відслідковувати проблемні пристрої і корегувати їх роботу в мережі для її тривалої та надійної роботи.

**COM10 - Network management**

Id	Type	Sch	LR	Lsn	V
Controllers (2)					
1	[S2] Pc Controller		✓	✓	
3	[S2] Pc Controller		✗	✓	
Slaves (4)					
5	[S2] Simple Meter		✓	✓	
256	[S2] Meter		✓	✓	
257	[S2] Sensor Notification		✓	✓	
258	[S2] Switch Binary		✓	✓	

**1 [S2] Pc Controller**

- Properties1: 0xD3
- Properties2: 0x96
- Properties3: 0x03
- Basic Device Class: 0x02 - STATIC\_CONT
- Generic Device Class: 0x02 - STATIC\_CO
- Specific Device Class: 0x01 - PC\_CONTR
- Command Classes:
  - 0x5E - ZWAVEPLUS\_INFO
  - 0x22 - APPLICATION\_STATUS
  - 0x85 - ASSOCIATION
  - 0x70 - CONFIGURATION
  - 0x56 - CRC\_16\_ENCAP
  - 0x7A - FIRMWARE\_UPDATE\_MD
  - 0x72 - MANUFACTURER\_SPECIFIC
  - 0x73 - POWERLEVEL

**Id: 1**

- Home Id: C8 D4 7A 29
- Network Role: SUC, RealPrimary, SIS, NodelServerPresent
- DSK: 12109-36091-29680-21601-56952-01158-13711-04826
- Pu: 2F4D8CFB73F05461DE780486358F12DAEC068D276883F4A40F53730F02
- Serial API: ControllerBridgeLib, ver.9
- Z-Wave device chip: ZW0700
- Z-Wave device firmware: Z-Wave 7.15

Рисунок 3.12 - Вікно налаштування мережі Network management

**Network Health** | Request Node Info | Get Version | Ping | Reload Routing Info

Rediscovery

Src: 1 | Dest: 2 | Power Level Test

Network health is good.

Network health is acceptable but latency can be observed occasionally.

Network health is insufficient because frames are dropped.

Network health is critical because Z-Wave node is not responding at all.

**2 [S2] Pc Controller**

	RC	PER	NB	LWRdB	LWRRSS	NHV
	00	00	02	≥6dB	101	8
1:	00	00	02	≥6dB	101	8
2:	00	00	02	≥6dB	101	8
3:	00	00	02	≥6dB	101	8
4:	00	00	02	≥6dB	101	8
5:	00	00	02	≥6dB	101	8
6:	00	00	02	≥6dB	101	8

**3 [S2] Notification Sensor**

	RC	PER	NB	LWRdB	LWRRSS	NHV
				<6dB		

**4 [S2] Basic Wall Controller**

	RC	PER	NB	LWRdB	LWRRSS	NHV
	00	00	02	<6dB	101	8

Рисунок 3.13 - Вікно налаштування мережі Network management

Також у вікні Network management програми Simplicity Studio можна оцінити рівень сигналу на вході пристроїв, тобто оцінити наскільки топологія мережі впливає на якість зв'язку між пристроями, див. рис.3.14.

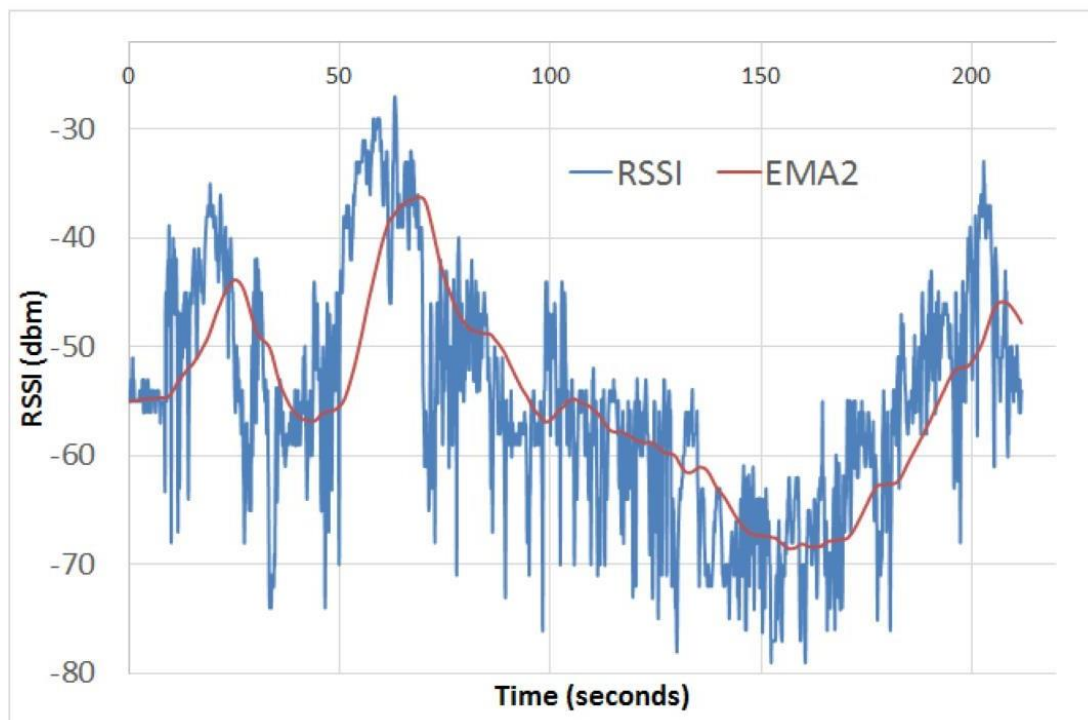


Рисунок 3.14 - Графік потужності вхідного сигналу на вході пристроїв

Якщо ж після запуску мережі Z-Wave на об'єкті виникне необхідність оцінити якість зв'язку та вибрати вільні частотні канали для обміну даними в мережі, то є спеціальний пристрій Z Wave Toolbox, який показує рівень сигналу на всьому частотному діапазоні роботи мережі Z-Wave, див.рис.3.15.

Розгортання мережі Z-Wave потребує налаштування як окремих пристроїв (давачів і виконавчих пристроїв), але й налаштування всієї мережі. Таке розгортання може проводитись на базі ПК або на базі запропонованого мультिकанального сервера.



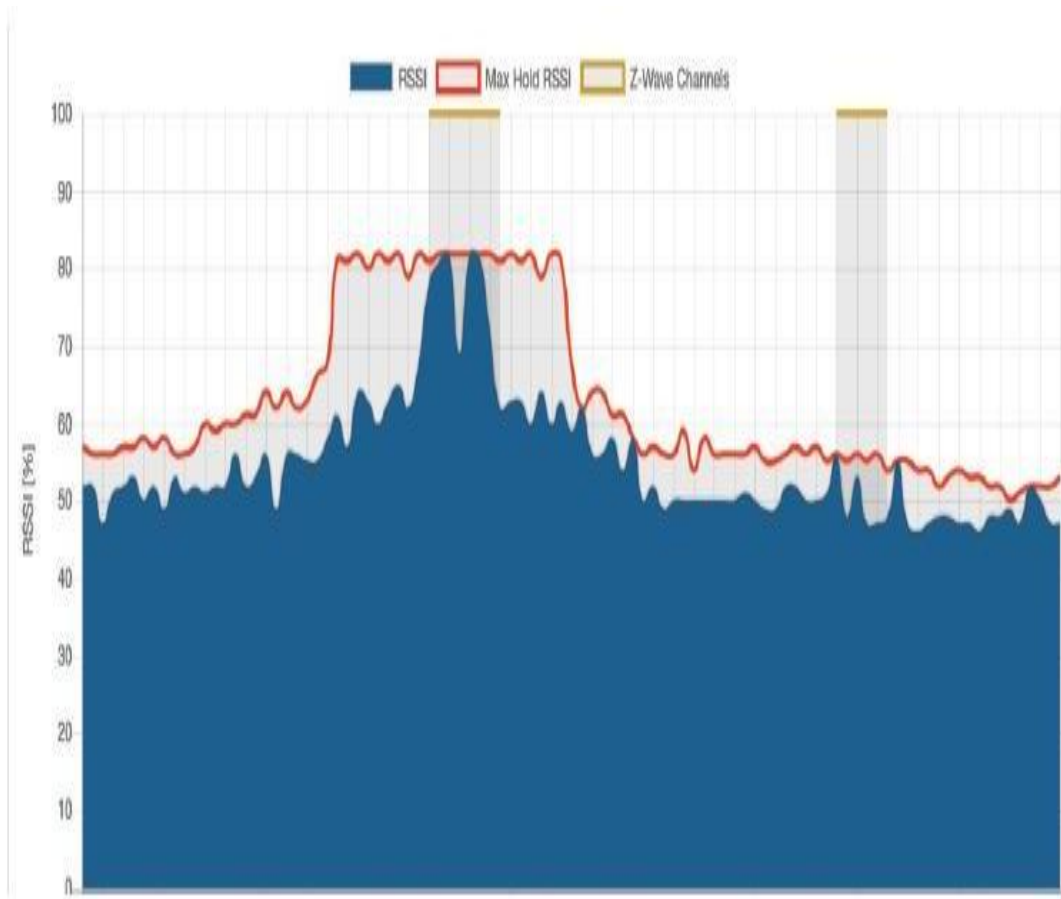


Рисунок 3.15 - Графік рівня вхідного сигналу в мережі отриманий за допомогою Z Wave Toolbox.

### 3.4 Висновки до третього розділу

За методикою налаштування пристроїв XBee та тестування всієї мережі можна визначити рівень сигналу та втрати пакетів при передачі даних, що визначають дальність та надійність роботи мережі XBee. За отриманими результатами моделювання мережі ZigBee можна оцінити в яких місцях розумного будинку найкраще встановлювати координатори та роутери для забезпечення максимальної дальності покриття зв'язком. Розгортання мережі Z-Wave потребує налаштування як окремих пристроїв (давачів і виконавчих пристроїв), але й налаштування всієї мережі. Таке розгортання може проводитись на базі ПК або на базі запропонованого мультиканального сервера.

## ВИСНОВКИ

В роботі розроблено методи та засоби побудови мультимедійного сервера в системі «розумний будинок».

1. Широке різноманіття цифрових стандартів зв'язку, що використовуються в розумних будинках призводить до появи багатопрокольних контролерів, що об'єднують відразу кілька бездротових технологій. Саме так виробники обладнання намагаються об'єднати різні протоколи та створити ширші можливості для створення мереж. Найбільш популярна комбінація це об'єднання Z-Wave, Zigbee і Bluetooth Smart в одному модемі.

2. Розроблений мультимедійний сервер для розумного будинку фактично виконує роль комутатора і сервера одночасно, який може об'єднувати декілька різних периферійних пристроїв і підмереж за допомогою USB, SPI, I<sup>2</sup>C шин із безпроводними мережами типу Bluetooth, Wi-Fi, XBee. Архітектура і конкретні функції мультимедійного сервера програмується і налаштовуються згідно потреб проекту розумного будинку.

3. За методикою налаштування пристроїв XBee та тестування всієї мережі можна визначити рівень сигналу та втрати пакетів при передачі даних, що визначають дальність та надійність роботи мережі XBee.

4. За отриманими результатами моделювання мережі ZigBee можна оцінити, в яких місцях розумного будинку найкраще встановлювати координатори та роутери для забезпечення максимальної дальності покриття зв'язком.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Розподілені мікропроцесорні системи: конспект лекцій [Електронний ресурс]: для підготовки докторів філософії в галузі знань 17 Електроніка та телекомунікація за спеціальністю 171 Електроніка за спеціалізацією «Електронні системи» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Т. О. Терещенко – Електронні текстові данні (1 файл:5544 кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 192 с.
2. ARM Limited. Procedure call standard for the ARM® architecture, October 2009. IHI 0042D.
3. STMicroelectronics. User manual STM32 value line discovery, 2010. UM0919.
4. STM32F378xx [Електронний ресурс] // STMicroelectronics. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/stm32f378cc.pdf>.
5. STM32F378xx Reference manual [Електронний ресурс] // STMicroelectronics. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: [https://www.st.com/resource/en/reference\\_manual/rm0313-stm32f37xxx-advanced-armbased-32bit-mcus-stmicroelectronics.pdf](https://www.st.com/resource/en/reference_manual/rm0313-stm32f37xxx-advanced-armbased-32bit-mcus-stmicroelectronics.pdf).
6. STM32F378xx Programming manual [Електронний ресурс] // STMicroelectronics. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: [https://www.st.com/resource/en/programming\\_manual/pm0214-stm32-cortexm4-mcus-and-mpus-programming-manual-stmicroelectronics.pdf](https://www.st.com/resource/en/programming_manual/pm0214-stm32-cortexm4-mcus-and-mpus-programming-manual-stmicroelectronics.pdf).
7. Монк С. Raspberry Pi. Сборник рецептов. Решение программных и аппаратных задач / Саймон Монк., 2017. – 528 с. – (O'Reilly).
8. Датчики та модулі [Ел. ресурс] / Режим доступу: <https://raspberrypi.in.ua/product/nabordatchikov-i-modulej-dlya-raspberry-pi-16-sht/>.
9. UART и USART. COM-порт. Часть 1. - режим доступу до ресурсу: [http://www.rotr.info/electronics/mcu/arm\\_usart.htm](http://www.rotr.info/electronics/mcu/arm_usart.htm).

10. Universal serial bus режим доступу до ресурсу: <http://www.usb.org>.
11. Последовательный интерфейс SPI (3-wire) - режим доступу до ресурсу: <http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/interface/spi/index.htm>.
171. Welch P.D. "The Use of Fast Fourier Transform for the Estimation of Power Spectra: A Method Based on Time Averaging Over Short, Modified Periodograms." IEEE Trans. AudioElectroacoust. Vol. AU-15 (June 1967). Pgs. 70-73. "
18. Oppenheim A. V. and Schaffer R. W. Discrete time Signal Processing. - Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1989. - 856 с.
19. Лещишин Ю. З. Розробка системи зв'язку як інтегрованого елементу роботизованих систем / Ю. З. Лещишин, Н.Р. Романишин, В. В. Наконечний, А.О. Паламарчук// Зб. тез доповідей XXI Всеукр. наук.-пр. конф. – Житомир, 2016. – С. 102.
20. Leschyshyn Y. Multicomponent Model of the Heart Rate Variability Change-point / Y. Leschyshyn, L. Scherbak, O. Nazarevych, V. Gotovych, P. Tymkiv, G. Shymchuk. // 2019 IEEE XVth International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH). – 2019. – P. 110–113.