

ФТС

(скасовано внаслідок ліквідації факультету)

Кафедра машинобудівних систем та механізму

(скасовано внаслідок ліквідації факультету)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

Магістр

(освітній ступінь бакалавра та/або магістра)

на тему:

Методи та засоби адаптивної системи керування двигуном для розумного будинку

Виконав: студент (ка) *VI* курсу, групи *СІМ-62*
спеціальності (напрямку підготовки) *123*

«Машинобудівні системи»

(шифр спеціальності / напрямку підготовки)

Керівник

Бедришук М.С.
(підпис та ініціали)

Нормоконтроль

Осипова С.С.
(підпис та ініціали)

Рецензент

Жулик І.В.
(підпис та ініціали)

Назар О.В.
(підпис та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(колиш. державний технічний університет)

Факультет ДТ
Кафедра Комп'ютерна система та мережі
Освітній ступінь Магістр
Напрямок підготовки 225 Комп'ютерна інженерія
(шифр і назва)
Спеціальність _____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри К.С.
Семізан Т.М.
« 20 » листопада 201 2 р.

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Бердичук Микола Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) "Методи та засоби автоматизованої перевірки наявності з'єднань між роз'єдами обладнання"

Керівник проекту (роботи) Семізан Тимотій Михайлович, К.Т.Н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчений звання)

Затверджені наказом по університету від «27» листопада 2012 року № 9/1-854

2. Термін подання студентом проекту (роботи) 26.12.2019 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Витяг з розробленої структури, у якій визначено функції, виконувані роз'єдами (станції) обладнання, а також наявність з'єднань між роз'єдами обладнання.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Визначити методи перевірки наявності з'єднань між роз'єдами обладнання. Розробити засоби автоматизованої перевірки наявності з'єднань між роз'єдами обладнання. Розробити засоби автоматизованої перевірки наявності з'єднань між роз'єдами обладнання.

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Визначити методи перевірки наявності з'єднань між роз'єдами обладнання. Розробити засоби автоматизованої перевірки наявності з'єднань між роз'єдами обладнання. Розробити засоби автоматизованої перевірки наявності з'єднань між роз'єдами обладнання.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Об'єкти с/госп району	Курко Н. Б.		
Експлуатація	Лисенко В. В. доц.		
Будівництво в НС	Старухин В. В. ст. вчитель кафедр ОФ		
Водоканал проект	Суховієва Т. П.		

7. Дата видачі завдання 30.09.2019р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Вибір тематичного об'єкта для дослідження технічної історії підприємства	01.10.19 - 01.10.19	Закінчено
2.	Визначення меж дослідження технічної історії підприємства	01.10.19 - 01.10.19	Закінчено
3.	Вибір об'єкта дослідження технічної історії підприємства	10.10.19 - 19.10.19	Закінчено
4.	Визначення меж дослідження технічної історії підприємства	20.10.19 - 25.11.19	Закінчено
5.	Вибір об'єкта дослідження технічної історії підприємства	6.11.19 - 19.11.19	Закінчено
6.	Визначення меж дослідження технічної історії підприємства	20.11.19 - 23.11.19	Закінчено
7.	Вибір об'єкта дослідження технічної історії підприємства	24.11.19 - 01.12.19	Закінчено
8.	Визначення меж дослідження технічної історії підприємства	02.12.19 - 02.12.19	Закінчено
9.	Вибір об'єкта дослідження технічної історії підприємства	03.12.19 - 19.12.19	Закінчено
10.	Вибір об'єкта дослідження технічної історії підприємства		
11.	Вибір об'єкта дослідження технічної історії підприємства	20.12.19	Закінчено
12.	Вибір об'єкта дослідження технічної історії підприємства	26.12.19	Закінчено

Студент

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Дипломна робота // Методи та засоби адаптивної селекції каналів зв'язку для розумного будинку // Бедрийчука Миколи Сергійовича // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет комп'ютерно-інформаційних систем та програмної інженерії. Кафедра комп'ютерних систем та мереж // Група Сім-62 // Тернопіль, 2019 р. // с. – 116, рис. 25, табл. 7, бібліогр. 52.

Ключові слова: РОЗУМНИЙ БУДИНОК, КАНАЛ ЗВ'ЯЗКУ, ТЕХНОЛОГІЇ РОЗШИРЕННЯ СПЕКТРУ ЧАСТОТ, ЧАСТОТНИЙ ДІАПАЗОН, СКАНУВАННЯ ЧАСТОТ, СТРИБКОПОДІБНА ЗМІНА ЧАСТОТИ.

Темою даної дипломної роботи є «Методи та засоби адаптивної селекції каналів зв'язку для розумного будинку».

Мета роботи полягає у дослідженні методів та засобів адаптивної селекції каналів зв'язку для розумного будинку.

У дипломній роботі проаналізовано публікації науковців на тему передавання інформації в системах розумного будинку. Проведено огляд та порівняння протоколів безпроводної передавання даних, проаналізовано технології передавання даних на прикладі існуючих рішень систем розумний будинок різних виробників, проаналізовано основні методи розширення спектру частот в системі розумний будинок; проведено аналіз частотного діапазону мережі з метою вибору неліцензованих та доступних каналів зв'язку для розумного будинку; обґрунтовано актуальність та доцільність методу адаптивної селекції каналів зв'язку для розумного будинку.

На основі проведених досліджень було розроблено програмний продукт на основі методу адаптивної селекції каналів зв'язку для розумного будинку. Також було розроблено тестові модулі системи розумний будинок: «Датчик руху», «Датчик газу», «Датчик затоплення». Створено структурну та електрично принципові схеми даних модулів. Розроблено тестове програмне забезпечення.

ANNOTATION

Graduate work // Methods and tools of communication channels adaptive selection for a smart house // Bedriychuk Mukola // Ivan Pulyuy Ternopil National Technical University. Faculty of Computer Information Systems and Software Engineering. Department of Computer Systems and Networks // The Sim-62 Group // Ternopil, 2019 // p. - 116, fig. 25, table. 7, bibliography. 52.

Keywords: SMART HOUSE, COMMUNICATION CHANNEL, FREQUENCY EXTENSION TECHNOLOGIES, FREQUENCY RANGE, FREQUENCY SCANNING, BRIDGE FREQUENCY CHANGE.

The theme of this graduate work is «Methods and tools of communication channels adaptive selection for a smart house»

The purpose of the work is to explore the methods and tools of communication channels adaptive selection for a smart house.

The thesis analyzes the publications of scientists on the topic of information transfer in systems of a smart home. The review and comparison of protocols of wireless data transmission is carried out, the technologies of data transmission are analyzed on the example of existing solutions of smart home systems of different manufacturers, the basic methods of frequency spectrum expansion in the smart home system are analyzed; network bandwidth analysis was performed to select unlicensed and available communication channels for a smart home; the relevance and feasibility of the adaptive selection method of communication channels for a smart home is substantiated.

Based on the research, a software product was developed based on the adaptive channel selection method for a smart home. Test modules for the smart home system were also developed: Motion sensor, Gas sensor, Flood sensor. Structural and electrically schematic diagrams of these modules have been created. Test software developed.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	9
ВСТУП	10
РОЗДІЛ 1	
ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ В СИСТЕМІ РОЗУМНИЙ БУДИНОК	12
1.1. Опис технології «Розумний будинок»	12
1.2. Аналітичний огляд існуючих рішень	14
1.2.1. Огляд готових рішень систем «Розумний будинок»	14
1.2.2. Охоронні системи в поєднанні із розумним будинком	17
1.3. Огляд методів та засобів передавання інформації по протоколах зв'язку для розумного будинку	20
1.3.1. Бездротові протоколи зв'язку	20
1.3.2. Провідникові технології зв'язку	23
1.3.3. Порівняльний аналіз характеристик протоколів зв'язку	26
1.4. Висновки до розділу 1	31
РОЗДІЛ 2	
МЕТОДИ ВИБОРУ КАНАЛУ ЗВ'ЯЗКУ ДЛЯ РОЗУМНОГО БУДИНКУ	32
2.1. Технології розширення спектру частот в системі «Розумний будинок»	32
2.1.1. Метод ортогонального мультиплексування частотних каналів (ОМРЧК)	32
2.1.2. Метод динамічного вибору частоти (ДВЧ)	34
2.1.3. Метод лінійної частотної модуляції (ЛЧМ)	36
2.1.4. Метод прямої послідовності (DSSS)	38
2.1.5. Метод стрибкоподібної зміни частоти (FHSS)	39
2.2. Вибір частотного діапазону каналів зв'язку для розумного будинку	41
2.3. Адаптивний метод вибору каналу зв'язку для розумного будинку	43
2.4. Висновок до розділу 2	46
РОЗДІЛ 3	

ЗАСОБИ АДАПТИВНОЇ СЕЛЕКЦІЇ КАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ ДЛЯ РОЗУМНОГО БУДИНКУ	47
3.1. Апаратно-програмна реалізація методу адаптивної селекції каналів зв'язку для розумного будинку	47
3.1.1. Вибір апаратної платформи	47
3.1.2. Структурна схема керуючого блоку розумного будинку	52
3.1.3. Схема електрична принципова керуючого блоку розумного будинку	53
3.1.4. Алгоритм роботи головного модуля системи розумний будинок	54
3.1.5. Опис роботи програмного забезпечення головного модуля системи розумний будинок	55
3.2. Опис системи розумний будинку з використанням методу адаптивної селекції каналів зв'язку	58
3.2.1. Функціональні модулі системи розумний будинок	59
3.2.2. Схема електрична принципова модулів системи розумний будинок	64
3.2.3. Алгоритм роботи інформаційних модулів системи розумний будинок	68
3.3. Тестування методу адаптивної селекції каналів зв'язку для розумного будинку	69
3.3.1. Експериментальні дослідження функції сканування частот	69
3.3.2. Експериментальні дослідження функції стрибкоподібні зміни частоти передачі даних	75
3.4. Висновки до розділу 3	76
РОЗДІЛ 4	
ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	78
4.1. Визначення стадій технологічного процесу та загальної тривалості проведення НДР	78
4.2. Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи	80
4.3. Розрахунок витрат на електроенергію	84
4.4. Розрахунок витрат на матеріали	84
4.5. Розрахунок суми амортизаційних відрахувань	85

4.6. Обчислення накладних витрат	86
4.7. Складання кошторису витрат та визначення собівартості НДР	86
4.8. Розрахунок ціни НДР	87
4.9. Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень	88
4.10 Висновки до розділу 4	89
РОЗДІЛ 5	
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	90
5.1. Охорона праці	90
5.2. Оцінка надійності захисту виробничого персоналу об'єкта у воєнний час ...	94
5.3. Організація протипожежного захисту та проведення протипожежної профілактики на промисловому підприємстві	98
5.4. Висновки до розділу 5	101
РОЗДІЛ 6	
ЕКОЛОГІЯ	103
6.1. Зведення та первинне оброблення статистичних даних екологічної інформації	103
6.2. Роль матеріало- та ресурсозбереження у вирішенні екологічних проблем ...	106
6.3. Висновки до розділу 6	109
ВИСНОВОК	111
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	113
ДОДАТКИ	118
Додаток А Тези конференцій	118
Додаток Б Структурна схема модулів системи розумний будинок	124
Додаток В Схема електрична принципова модулів системи розумний будинок	128
Додаток Д Результати досліджень методу адаптивної селекції каналів зв'язку	132
Додаток Е Блок-схема алгоритму роботи основної програми	143
Додаток Ж Перелік елементів	144
Додаток З Лістинг програмного забезпечення	145

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

РБ	Розумний Будинок;
КЗ	Канал зв'язку
OFDM (ОМЧК)	Orthogonal Frequency Division Multiplexing / Технологія ортогонального мультиплексування частотних каналів;
ЗШПФ	Алгоритм зворотного швидкого перетворення Фур'є;
БШД (БШСД)	Бездротовий широкосмуговий доступ;
DFS (ДВЧ)	Dynamic Frequency Selection / Алгоритм динамічного вибору частоти;
БС	Базова станція;
АС	Абонентська станція;
CSS (ЛЧМ)	Chirp Spread Spectrum / Метод лінійної частотної модуляції;
DSSS (ППРС)	Direct Sequence Spread Spectrum / Метод прямої послідовності розширення спектра;
FHSS (ППРЧ)	Frequency Hopping Spectrum Spreading / Метод псевдовипадкового перестроювання робочої частоти;
FSK	Frequency Shift Keying / Частотна маніпуляція;
API	Application programming interface / Прикладний програмний інтерфейс;
IDE	Integrated development environment / Вбудована система розробки;
SDK	Software development kit / Набір розробника програмного забезпечення;
Bluetooth LE	Bluetooth Low Energy / Bluetooth з низьким енергоспоживанням;
RF	Radio Frequency / Радіочастоти;
Arduino	Апаратна обчислювальна платформа, основними компонентами якої є плата вводу/виводу.

ВСТУП

Актуальність роботи. На сьогоднішній день системи «Розумний будинок» широко розповсюджені на ринку побутової електроніки та повсюдно застосовуються для автоматизації побутових процесів в помешканні сучасної людини. З кожним роком кількість таких девайсів постійно буде зростати, що в свою чергу призведе до зайвого нагромадження в ефірі пакетів даних, спричиненого використанням одного і того ж діапазону частот. Одним із головних завдань, які виникають при функціонуванні таких систем, є забезпечення якісного та безпечного обміну інформацією каналами зв'язку в них.

Дослідженнями, які стосувались передавання інформації в системі «Розумний будинок» займалось багато зарубіжних та вітчизняних науковців, серед яких: M.Sangeetha, C.Udhayanila, G.Gayathri, N.Rakshana, M.Domb, Я.А.Кулик, А.С.Атоян, Л.П.Голубев, С.В.Трифонов, Я.А.Холодов, М.О.Слабінога, Р.Ю.Семків, А.Л.Даутов, А.С.Пуряев, Ю.П.Антонов, С.Б.Тарасов, В.Е.Павлюк, О.К.Юдін, О.М.Весельська та багато інших. Але в їх працях недостатньо уваги приділено одному із найважливіших етапів при проектуванні мережі зв'язку між модулями «Розумного будинку» - вибору частоти передавання інформації. Тому розробка адаптивного методу вибору каналів зв'язку, який би дозволив сформувати перелік таких пріоритетних частот є актуальною задачею.

Метою роботи є підвищення якості передавання інформації каналами зв'язку між модулями системи «Розумний будинок».

Для досягнення поставленої мети потрібно розв'язати такі задачі:

- проаналізувати технології передавання даних на прикладі існуючих рішень систем «Розумний будинок» різних виробників;
- проаналізувати канали зв'язку, які використовуються в системах «Розумний будинок» та основні фактори, що впливають на якість передавання інформації в них.
- проаналізувати основні протоколи зв'язку в системах розумного будинку, визначити переваги та недоліки кожного з них та порівняти отримані результати;

- проаналізувати основні методи розширення спектру частот для адаптивної селекції каналів зв'язку для розумного будинку;
- провести аналіз частотних діапазонів для вибору неліцензованих та доступних каналів зв'язку для розумного будинку;
- розробити апаратно-програмну реалізацію методу адаптивної селекції каналів зв'язку для розумного будинку;
- запропонувати загальну структуру системи розумного будинку з використанням методу адаптивної селекції каналів зв'язку та її функціональні модулі;
- здійснити тестування запропонованого методу адаптивної селекції каналів зв'язку для розумного будинку.

Об'єкт дослідження: процес передавання інформації в системі розумний будинок.

Предмет дослідження: метод адаптивної селекції каналів зв'язку для розумного будинку.

Методи дослідження базуються на основі використання методів теорії телекомунікаційних систем, системного аналізу, тестування апаратним комплексом та спостереження виконання тестових програм зі сканування частотного діапазону.

Наукова новизна одержаних результатів:

- Вперше запропоновано використання функції сканування частотного діапазону роботи пристроїв в системі «Розумний будинок» із виявленням вільних та задіяних каналів зв'язку з метою підвищення якості передавання інформації каналами зв'язку між модулями такої системи.
- Вперше, на основі проведеного аналізу методів та засобів передавання інформації в системі «Розумний будинок», запропоновано апаратно-програмну реалізацію методу адаптивної селекції каналів зв'язку в таких системах.

Практичне значення одержаних результатів. Отримані результати можуть бути використані для побудови систем «Розумний будинок» з підвищеними показниками якості передавання інформації каналами зв'язку між модулями такої системи.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ В СИСТЕМІ РОЗУМНИЙ БУДИНОК

1.1. Опис технології «Розумний будинок»

«Розумний будинок» чи, правильніше, система домашньої автоматизації, є одним з найперспективніших напрямків розвитку сучасних інформаційних технологій. За допомогою систем такого типу функціонально пов'язуються між собою всі електроприлади в приміщенні, керування якими може здійснюватися дистанційно та централізовано з пульта-дисплею, або автоматично за допомогою певних алгоритмів.

Головна відмінність «Розумного будинку» (РБ) від звичайного житла, наповненого сучасною технікою, полягає в тому, що в РБ усі його пристрої об'єднані в єдину мережу і управляються спеціальним програмним забезпеченням. Таке об'єднання побутових пристроїв та можливість керувати ними дистанційно чи автоматично, за допомогою завчасно заданого режиму, дозволяє не тільки забезпечити комфортне проживання в такому будинку, але й забезпечити цілий ряд людських потреб. Таких як, наприклад, забезпечення оптимальної кліматичної зони, підтримання температурного режиму чи навіть одну із найважливіших – безпеку (протипожежну, електробезпеку, від вторгнення та ін.). Завдяки різним функціям система РБ може реалізувати економію витрат (на тепло, електроенергію і не тільки), яка суттєво дозволить зменшити термін окупності такої системи [1].

Системи РБ вже досить широко представлені і відома громадськості. За приблизними підрахунками в Україні працює близько 100 компаній, що надають послуги із створення проектів для автоматизації та захисту будинків. Проте на українському ринку в основному, використовують устаткування іноземного виробництва. Вартість такої системи стартує з 2-3 тисяч євро [2].

Оскільки такі системи досить поширені на сьогодні, то, на порівняно невеликих площах, може знаходитись багато аналогічних систем, сигнали від яких

перекриваються, так як використовується спільний частотний діапазон. Цей аспект призводить до виникнення завад та одночасно ненавмисного створення колізії однотипними девайсами. В таких випадках важливим є безвідмовне та коректне передавання інформації між пристроями однієї системи і тому особливу увагу потрібно звертати на передавання даних в них. Тому український простір дуже гостро потребує методів адаптивної селекції каналів зв'язку для систем РБ.

Для обміну даними в системі «Розумний будинок» у всьому світі надаються не ліцензовані радіочастотні діапазони. Ці частоти можуть використовуватися без оформлення спеціального дозволу і абсолютно безкоштовно за умови дотримання вимог щодо ширини смуги, випромінюваної потужності (до 10 мВт в діапазоні частоти 434 МГц, до 25 мВт - в діапазоні 868 МГц, до 100 мВт - в діапазоні 2,4 ГГц). Також наявність Bluetooth модуля в системі РБ дозволить керувати електроприлади будівлі з допомогою Android-додатку встановленого смартфон користувача. Завдяки інтеграції інформаційних технологій у домашні умови, усі системи та прилади узгоджують виконання функцій між собою, порівнюючи задані програми та зовнішні показники середовища [1].

В основному класифікація таких систем обумовлена середовищем передавання даних між частинами розумного будинку — модулями. Всім частинам РБ необхідно «спілкуватися» між собою, повідомляти про свій стан та здійснювати передавання даних між пристроями. Одні системи здійснюють передавання даних по провідникових інтерфейсах, а інші по радіоканалах. Тобто існують системи РБ, котрі здійснюють передавання інформації засобами провідникових та безпроводникових протоколів зв'язку між пристроями системи.

На сьогоднішній день основні виробники «розумних» пристроїв чи навіть повноцінних систем РБ зосереджені на використанні провідникового з'єднання для елементів системи. Це рішення є недосконалим з декількох аспектів, як економічно, так і з аспекту гнучкості підключення та монтажного встановлення. Така система вимагає безпечної та прихованої прокладки провідників на етапі електрифікації новобудови та не є гнучкою до можливості підключення нового обладнання чи зміни його розташування у помешканні [50].

Радіозв'язок здійснюється без проводів, проте електроживлення цих модулів відбувається від змінних джерел живлення, що вимагає періодичну їх заміну. Для живлення деяких модулів все одно потрібні силові кабелі. Вартість таких систем набагато нижче, ніж у провідникових систем РБ. Таке рішення ідеальне для вже відремонтованих і побудованих приміщень і є компромісним в порівнянні з прощодовими системами. Завдяки інтеграції інформаційних технологій у домашні умови, усі системи та прилади узгоджують виконання функцій між собою, порівнюючи задані дані програми із зовнішніми показниками середовища [3].

1.2. Аналітичний огляд існуючих рішень

1.2.1. Огляд готових рішень систем «Розумний будинок». Що стосується готових рішень, то на даний момент можна виділити такі відомі фірми:

1) Mi Home/Aqara Home - це відомий Китайський бренд, з мабуть найкращим співвідношенням ціна та якість у лінійці пристроїв виробника. Є одним із найпростіших і недорогих способів здійснити самостійне підключення системи РБ в домашніх умовах. В арсеналі виробника є велика кількість різноманітних пристроїв, починаючи від датчиків відкриття дверей і закінчуючи пральними машинами та холодильниками. Передбачає використання різноманітних мережевих протоколів як в Z-Wave пристроях, так є і Zigbee, Wi-Fi, та Bluetooth протоколи зв'язку. Це означає, що при проектуванні системи РБ в конкретному проекті необхідно передбачити можливість виділення окремого Wi-Fi роутера для цих модулів, внаслідок існування можливості накладання частот.

Для зручності користувача в такій системі передбачено реалізацію додатка для смартфона, що надає, в тому числі, і дистанційне керування будинком. Також, додаток дозволяє через хмарну інтеграцію прив'язати до РБ безліч інших пристроїв різних виробників, наприклад, Sonoff і Philips Hue. Але при цьому недоліком даної системи є використання китайського хмарного сервера, через який відбувається взаємодія з пристроями. Це найкраще відображається на прикладі сценаріїв, яким необхідні умови локальної взаємодії, наприклад сценарій світанку та заходу, тобто

локальна взаємодія з давачами де шлюз звертається до серверів розміщених на іншому кінці материка в Китайській Республіці. В свою чергу це накладає певні незручності, затримки та функціональні збої в системі [49].

Mi Home частково сумісна з API, частково є підтримує Google Home, а також Яндекс Алісі. Пристрої Aqara home мають підтримку HomeKit, Яндекс Аліси і частково Google Home.

2) Rubetek. Цей представник займається розробкою пристроїв для систем РБ та використовує бездротові протоколів RF 433 МГц (причому без зворотного зв'язку), Z-Wave і Wi-Fi. Широко поширений за рахунок своєї відносно недорогої ціни і представництв даних пристроїв в галузевих магазинах. Перевагами є доступність по фінансовій стороні та логістиці, але недоліком є часті проблеми з Wi-Fi мережею. Датчики, які працюють від батарейок витрачають свою ємність надто швидко, та потребують заміни уже за два три-місяці роботи.

Виробником заявлена підтримка Яндекс Аліси, HomeKit, Alexa і Google Home. Можливості досить великі і пересічному користувачеві їх цілком вистачить. Є й додаток для популярних платформ, і різного роду сценарії.

3) Vera Plus. Це перша фірма, що претендує на «преміум» сегмент покупців, серед розглянутих систем. Дорогий контролер, який працює з більшістю популярних сучасних протоколів. Z-Wave Plus, Wi-Fi 802.11a/b/g/n/ac, Bluetooth 4.0 + BLE, ZigBee. Причому система може вважатися першою «народною» системою з протоколом Z-Wave, що є вагомою перевагою даного виробника.

Підтримка сторонніх пристроїв у виробника теж на досить високому рівні. Головне управління девайсом відбувається через веб-інтерфейс, або додаток для смартфона, однак останній, в більшості своїх функцій, повторює те, що можна зробити з браузера, як дизайном, так і функціоналом. Веб-інтерфейс не особливо зрозумілий для користувача, однак все необхідне можна зробити в ньому без проблем. Із серйозних недоліків Vera можна відзначити невміння додавати пристрої без шифрування, якщо вони з шифруванням (не реалізоване розробниками - таке трактування стандарту - максимальна безпека). А в підсумку виходить, що два пристрої неможливо об'єднати, якщо один з шифруванням, а інший без нього.

Вагомим недоліком даної системи є те, що Vera зупинилися в розвитку, а з урахуванням бурхливого розвитку ринку - це практично процес морально старіння системи. Хоча у Vera є можливість установки плагінів, які можуть розробляти і встановлювати самі користувачі [3].

4) Fibaro Home Cente - це другий представник «преміум» сегменту фірма Fibaro. Дана система дозволяє підключати, як пристрої свого виробництва, так і сторонні. Працює виключно з протоколом Z-Wave, що є плюсом якщо планується розширення переліку девайсів для РБ іншими виробниками із використанням даного протоколу зв'язку. Система є менш стабільна ніж Vera Plus, але так само дорога, як і попередній представник. А з огляду на вартість Z-Wave периферії, яка до того ж має регіональні обмеження (наприклад, пристрої розроблені для Європи несумісні з пристроями, розробленими для країн СНГ (через різницю частот), розумний будинок вийде кінцевому користувачу в значну суму витрат. Причому система досить стабільно працює з власними пристроями, які випускає виробник Fibaro. Але при підключенні стороннього девайсу в систему може виникнути нестабільність роботи всієї системи.

Веб додаток у Fibaro має своєрідний дизайн, а недавно оновлений мобільний додаток є візуально привабливим та зрозумілим кінцевому користувачу. Але необхідно враховувати можливість керування є тільки в одного користувача, тобто поділитися управлінням з іншим користувачем чи групою не передбачено, що є вагомим недоліком при необхідності групового використання, наприклад, членами сім'ї чи і співробітниками в офісі. Причому, якщо потрібно налаштувати сценарій, наприклад, на включення світла, то в налаштуванні безпосередньо на пристрою це ще можна зробити, а ось якщо спробувати налаштувати сценарій на Home Center, то можна зіткнутися з проблемами із зависанням системи та необхідністю створювати кілька сценаріїв для кожної дії окремо [2].

У вендора даної фірми є магазин додатків, але плагіни там тільки ті, які розробили самі виробник Fibaro. Тай кількість цих плагінів дуже невелике, а сторонні встановити неможливо. Так що дана система є досить одностороння та закрита.

5) Wirenboard. Наступний представник готових рішень може так називатися вельми умовно, але тим не менше. Це апаратний комплекс зі своїм контролером і купою різноманітних модулів. Може працювати як з периферією, яка підключається по проводах (включаючи різні датчики і виконавчі пристрої), так і з будь-якими підтримуються бездротовими пристроями через USB стіки, наприклад, для протоколів RF433, Z-Wave або Zigbee. Причому деякі модулі, незабаром, будуть інтегровані в сам контролер. Проводові рішення вважаються надійнішими і користувачу не доведеться з певною періодичністю замінювати батареї, але у них є значний недолік - потрібно прокласти дуже багато проводів, що не завжди можливо. Саме тому, Wirenboard вважається одним з найбільш універсальних рішень.

Передбачена сумісність датчиків і реле інших виробників, але, звичайно, не абсолютно всіх девайсів. До недоліків цього пристрою можна віднести хіба, що незручний інтерфейс налаштування, а також величезний перелік різної периферії, в якому непідготовленій людині буде складно розібратися. Поряд з цим система дуже гнучка, що підходить для використання в якості контролера для РБ [2].

б) Athom Homey. Цей пристрій хоч і побічно, але потрапляє в групу готових рішень, оскільки має практично всі сучасні протоколи зв'язку з датчиками і іншими девайсами. Допомагає йому в цьому і дуже активне співтовариство, яке дописує плагіни, що додають все більше і більше можливостей. Для налаштування девайсів, користувачам пропонується мобільний додаток, у вбудованій пам'яті девайсу передбачено управління через телефон, управління пристроєм через веб-модем відсутнє [4].

1.2.2. Охоронні системи в поєднанні із розумним будинком. Останнім часом все більше виробників охоронних систем намагаються вдосконалити свої системи, впроваджуючи елементи РБ. Відбувається це тому, що автономні сигналізації, як правило, встановлюють за межами міста, наприклад, на дачі, де користувачі залюбки беруть варіант, який передбачає функціонал з охоронної сигналізації та автоматизації побутових процесів.

Сучасні охоронні системи підтримують протокол передавання даних не тільки по GSM, але по Ethernet і, навіть, Wi-Fi, а керування здійснюється через додаток в смартфоні. До складу охоронних систем входять датчики відкриття, руху, деякі системи підтримують можливість виявлення протікання води, газу, пожежі. З появою Ethernet протоколу, підтримуваних пристроїв стало набагато більше - з'явилися датчики температури, вологості, керовані розетки, реле, камери.

Встановлюючи охоронну систему на дачі є можливість управляти базовою станцією за допомогою додатка на смартфоні, і, на відстані здійснювати контроль за тим, що відбувається, переглянути історію спрацьовування будь-якого датчика, побачити зображення з камер відеоспостереження, мати інформацію про температуру в приміщенні та, за допомогою реле або смарт розетки, включити опалення. Також можна налаштувати сценарії, такі, як відправка повідомлень, включення підігріву приміщення і так далі. Для створення таких сценаріїв не потрібно ніякого додаткового обладнання, досить штатного блоку управління сучасної системи охорони [5].

Але, не завжди маючи систему РБ, тобто вже встановлені датчики відкриття на дверях/вікнах, датчики руху в кімнатах для створення сценаріїв за присутністю, можна встановити охоронну систему. Причиною цього є сертифікація обладнання, оскільки жодна охоронна компанія не погодиться використовувати несертифіковане обладнання.

Більшість сучасних охоронних систем мають API для керування через мобільний додаток смартфонів. Ці ж API розробники можуть використати для написання плагіну для систем домашньої автоматизації, такі як HomeBridge, Home Assistant, і тоді існуючі датчики в Home Assistant можуть брати участь в сценаріях. Таким чином, не знадобитися дублювання датчиків в своєму будинку [48].

Кейси використання «Розумний будинок» та «охоронна система»:

– Один з найпростіших і затребуваних кейсів - це встановлення охорони по догляду за домом, і зняття з охорони по прибуттю. У РБ можна додати в сценарій ці дії, і користувачу більше не знадобитися носити з собою брелок або вводити пароль на панелі сигналізації.

– Відстеження стану охоронної системи. Багато охоронних систем мають піни для підключення датчика відстеження стану охорони, тоді датчик вводимо в РБ, і віддалено в будь-який час можна подивитися її стан.

Кейси для охоронних систем замиського будинку або дачі:

– Підтримка температури в зимовий час. Приєднуємо до реле або розетки охоронної системи систему опалення, створюємо сценарій по температурі, вказуємо мінімальне і максимальне значення для підтримки температури. Для розвантаження розетки при великому навантаженні електричного котла, можна скористатися контактною групою (контактор). В такому випадку, розетка буде управляти контактором, а він, у свою чергу, буде розмикати живлення на котел.

– Нагрівання сауни. Аналогічним способом здійснюється під'єднання до розетки підігріву сауни (при необхідності також можна скористатися контактором), виїхавши з міста запускаємо сценарій «Їду на дачу», по прибуттю буде все готово.

При спрацюванні сигналізації основними діями є: відтворення сигналу сирени за допомогою реле і вуличної сирени, увімкнення по черзі світла в кімнатах, з метою залякати зловмисника, відправка повідомлення з фотографіями з камер на телефон користувача.

Одним із найвідоміших представників даного сектору охоронних сигналізації та систем автоматизації побутового житла є професійна бездротова система безпеки Ajax Systems. Це міжнародна технологічна компанія, яка розробляє та виготовляє бездротові системи безпеки. Продукт компанії — комплексна професійна система безпеки Ajax. Модельний ряд Ajax 2018 року складається з 21 пристрою, які забезпечують захист від пограбування, пожежі та затоплення, а також допомагають керувати електроживленням. Для зв'язку пристрої системи використовують розроблений Ajax Systems пропрієтарний радіо протокол Jeweller з унікальною для охоронної сфери сукупністю характеристик: двосторонній зв'язок на відстані до 2000 метрів, термін роботи датчиків від батареї до 5-7 років, передавання тривоги за 0,15 секунди, захист від підміни пристроїв та глушіння їх сигналу [6].

Для професіоналів охоронного ринку було створено застосунок для персональних комп'ютерів Ajax PRO Desktop [5].

1.3. Огляд методів та засобів передавання інформації по протоколах зв'язку для розумного будинку

Огляд та характеристика найбільш широко-розповсюджених протоколів передавання даних, які використовуються для зв'язку пристроїв системи РБ.

1.3.1. Бездротові протоколи зв'язку. Найпопулярніший вид протоколів в основному через більш простий метод установки устаткування, проте важливу роль має відсутність необхідності втручання в кабельну мережу будинку. Серед бездротових алгоритмів передачі даних виділимо вісім найбільш відомих:

1) ZigBee. Один з найпопулярніших протоколів ZigBee. Використовується повсюдно через свою низьку ціну на модулі і високого енергозбереження. Стандарт підтримує Mesh мережі, шифрування та інші. Був створений як заміна протоколів Bluetooth і Wi-Fi, в силу підвищеної швидкості «опитування» датчиків і більш довгого життя від акумулятора. До недоліків також можна віднести «Vendor lock-in», який не дозволяє, наприклад, датчик від Xiaomi підключити до шлюзу від Ikea.

2) Z-wave. Так само, як і попередній, працює по радіочастотах і так само вміє будувати Mesh-мережі. Пристрої з цим протоколом виходять дорожчі, ніж ZigBee, через високу вартість ліцензування мікросхем зв'язку. Треба розуміти також, що можливо зіткнутися з непокінним використанням різних пристроїв, які призначені для різних країн, тобто в сукупності в одній системі ці пристрої працювати не будуть. Це пов'язано з різними ліцензованими частотами в різних країнах. Вважається більш надійним і вивченим протоколом, на відміну від ZigBee.

3) LoRa та LoRaWAN. LoRa створена для передавання невеликої кількості інформації на великі відстані, досить рідко (як правило, не частіше раз у 10 хв) і дуже енергоефективно. LoRa працює на різних частотах в різних країнах. В Європі - це 868 МГц. Ці частоти можуть бути використані вільно, хоч і з обмеженнями. Дозволено передавання з потужністю менше 25 мВ і 1% часу. Мовлення на такій великій потужності дозволяє встановлювати зв'язок на кілометри, в ідеальних умовах - навіть на сотні кілометрів. Якщо говорити про реальне використання, ми можемо отримати

покриття однієї базової станцією радіусу в 1 км в завантажених міських умовах, до 10-15 км в незавантажених умовах [7].

LoRa (Long Range) позначає лише вид модуляції, тобто передавання сигналу між пристроями на фізичному рівні, а LoRaWAN (Long Range Wide-Area Network) - це протокол більш високого рівня. LoRaWAN дозволяє використовувати комунікацію на великі відстані за допомогою LoRa, для повноцінного IoT

4) Bluetooth. Це мабуть найбільш невдалий протокол для девайсів середовища розумного будинку. По-перше, в більшості випадків можна отримати доступ до своїх девайсів лише перебуваючи поруч з ними. По-друге, навіть перебуваючи вдома, радіус дії сильно менше того ж Wi-Fi та ін. Проте є і цікаві рішення, які можна використовувати. При використанні Bluetooth є потенційні проблеми з завадами оскільки він працює на частоті 2,4 ГГц. Знову ж таки, чим більше пристроїв на вашій частоті, тим більше завад і, отже, латентність. Хоча Bluetooth існує вже 22 роки, він тільки недавно увійшов в індустрію Home Automation і, таким чином, не має так багато варіантів, доступних для споживача. Крім того, багато HUB не підтримують Bluetooth LE в даний час. Однак подивіться на це, щоб змінити, як деякі HUB, такі, як Wink, недавно запустили сумісність Bluetooth LE [8].

Переваги Bluetooth LE - це спосіб енергоспоживання та вартість.

5) IR протокол зв'язку. Ще більш давня технологія, яку підтримують в РБ виключно для сумісності зі старими пристроями, які не мають альтернативних каналів управління. До них можна віднести кондиціонери, вентилятори і деякі люстри з пультом дистанційного керування. Для інтеграції цих, не особливо розумних пристроїв, використовують так звані IR-мости. Робити своє житло розумним, використовуючи цю технологію в чистому вигляді дуже складно. IR, по суті, складається з суцільних недоліків: маленький радіус дії, велика кількість незрозумілих візуально команд, необхідність зчитувати кожен команду в ручному режимі, відсутність зворотного зв'язку.

6) Протокол Wi-Fi. Даний протокол використовується практично в кожному розумному будинку. Дуже популярне рішення для пристроїв, постійно підключених до електроживлення. Зазвичай цей стандарт зв'язку застосовується для того, щоб

з'єднати смартфон або планшет з уже готовою автоматизованою системою. Мобільний пристрій завжди під рукою, а тому управляти будинком з його допомогою, зручніше, ніж використовувати для цієї мети комп'ютер, настінну сенсорну панель, пульт дистанційного керування або інтерпретатор мови. Особливо це актуально в тих випадках, коли для взаємодії з системою передбачено спеціальний додаток, а не тільки веб-інтерфейс.

Іноді Wi-Fi застосовується для зв'язку з пристроями, які можуть функціонувати автономно, без допомоги «розумної» мережі. Останнім часом подібні пристрої набирають популярність, адже вони дозволяють долучитися до технологій розумного будинку, не витрачаючи час і сили на установку допоміжного обладнання. Для складних систем автоматизації Wi-Fi не підходить: модулі зв'язку цього стандарту дорогі, а швидкості передавання даних в рамках розумного будинку просто не затребувані.

7) Протокол зв'язку 433 МГц. Цей протокол пов'язує пристрої, які працюють як на 433 частоті, так і на 868, в принципі роботи яких, по суті, більше відмінностей і немає. Це дещо стара технологія, яку використовували, в основному, для управління світлом і деякими бездротовими датчиками. Недолік її в тому, що в більшості випадків ці пристрої працюють без зворотного зв'язку. Будувати надійну систему РБ на цій радіотехнології зараз не доцільно. Однак ця технологія успішно використовується в розумних вимикачах та датчиках компанії Noolite, а також термоголовках фірми MAX, Hidrolock і DeLumo, що працюють на частоті 868 МГц.

8) Протокол зв'язку Insteon. Insteon користується великою популярністю в США, проте в Європу та Україну він прийшов зовсім недавно. Фактором, що стримує поширення, стала несумісність початкової версії протоколу з нашими електромережами: Insteon використовує проводку будівлі для передавання сигналів. Проте даний стандарт також підтримує зв'язок по радіоканалу, причому провідна і бездротова мережа функціонують одночасно, доповнюючи один одного і істотно підвищуючи надійність автоматизованої системи. Крім того, у Insteon немає проблем з чутливістю та наводками.

До плюсів Insteon також можна віднести топологію Mesh-мережі і сумісність з пристроями X10: є можливість поступово перейти зі старого стандарту на новий. Цікава особливість - можливість організувати працездатну мережу без використання центрального контролера. Звичайно, в цьому випадку функціонал РБ буде сильно обмежений. З точки зору проектування даний протокол схожий з Z-Wave: все стандартизовано, значна частина обладнання випускається під брендом Insteon фірмою Smartlabs. Систему для РБ на основі нового стандарту можна збирати поступово, докуповуючи необхідні компоненти за необхідності. Загалом, Insteon хороший, проте його недоліків можна віднести проблеми з доступністю необхідного обладнання в Україні та на ринку країн СНД.

Таким чином, залежно від поставлених завдань, бюджету, або технічних вимог, можна використовувати відповідні пристрої, поєднуючи та комбінуючи різні технології, наприклад, Zigbee і WiFi, і, додавши до цього, ще й Z-Wave [7].

1.3.2. Провідникові технології зв'язку. Протоколи цього типу використовуються в побуті користувачами набагато рідше, в силу того, що провід, що висить посеред стіни, присуті нікуди не сховаєш. Та й заздалегідь усе передбачити не у всіх виходить. Але величезною перевагою проводів, безсумнівно, є як стабільна робота пристроїв, так і незалежність від вбудованої батарейки, які періодично все ж доведеться міняти. Серед провідних протоколів можна виділити такі:

1) Протокол зв'язку RS485. Напевно, найпопулярніший стандарт в провідних пристроях РБ. Протокол Modbus використовує стандарт зв'язку RS485, як основу для зв'язку приймача і передавача. В даному варіанті використовується одна кручена пара, по якій передаються тільки дані. Живлення як на приймач, так і на передавач, подається окремо. Обмін інформацією в даній мережі здійснюється шляхом передавання від передавача до приймача різниці напруг на кінцях сигнальних проводів. Максимально можлива кількість пристроїв, що під'єднані до однієї лінії, з урахуванням використання підсилювачів, - 256, а максимальна довжина кабелю може досягати 1200 метрів. В силу принципу роботи протоколу, необхідно забезпечити

відсутність наведень на дата-кабель, тому на великих відстанях дуже бажано використовувати екрановану виту пару.

2) Протокол зв'язку 1-Wire. З цим протоколом стикався практично кожен, хто користується домофонним ключем у вигляді таблетки. Для зв'язку пристрою з приймачем необхідно два контакти: дата і земля. У передавачі, зазвичай, встановлюється невеликий конденсатор, який, заряджаючись від даних контактів і підживлює чіп 1-wire. Крім домофонних ключів, складно знайти застосування даної технології для її спеціального використання, однак її можна зустріти в акумуляторах стільникових телефонів і ноутбуків. Використовуються вони, в основному, для передавання нескладних даних, у вигляді споживаного струму, температури і т.ін.

3) Протокол зв'язку I²C. I²C - ще один представник протоколів з двопровідним з'єднанням пристроїв. Поширений в DIY середовищі, як простий спосіб взаємодії між платами, що не вимагає великої кількості приймачів. На одній парі провідників може бути підключено до 128 пристроїв. Швидкість передавання даних в даному протоколі - 100 Кбіт / с, однак вона може падати до 10 Кбіт/с, в разі включення в загальну шину повільних пристроїв. Саме цей протокол використовує, наприклад, контролер Wirenboard для обміну даними, що підключаються безпосередньо встик до головного пристрою, модулями.

4) Протокол зв'язку KNX. Протокол зв'язку KNX можна охарактеризувати трьома словами: дорого, престижно, надійно. Даний варіант вважається своєрідним лідером по престижності на ринку домашньої автоматизації. Ціни на продукцію, в основному, відповідні. Наприклад, для розуміння вартості даного рішення ціна на двоклавішний вимикач від Schneider Electric стартує від 10 тисяч гривень. І це ще не найдорожче рішення. Ну і звичайно ж, для налаштування та подальшого запуску своїх девайсів знадобиться KNX контроллер, який дуже не дешевий. Протокол складний в налаштуванні і підійде для реалізації далеко не кожному покупцеві. У свою чергу, даний стандарт гарантує стабільність і надійність роботи системи в подальшому [8].

5) Протокол зв'язку CAN. Цей протокол часто використовують в автомобілебудуванні для зв'язку бортового комп'ютера з периферією машини. Цікавою особливістю даного протоколу є зворотна залежність швидкості

передавання даних від довжини провідників. Дані порівняння пропускної швидкості відносно довжини наведенні в табл. 1.1. Чим більше довжина кабелю, тим повільніше вийде передавати по них інформацію. Для використання в системах «Розумний дім» даний варіант не підходить. У побуті застосовується, в основному, в кліматичному обладнанні, на кшталт котлів і кондиціонерів, для обміну даними з керуючого пульта до головного пристрою. Деякі, використовуючи спеціальні плати перетворювачі, перехоплюють команди і отримують управління технікою в своєму розумному будинку. На практиці ж мало де можна зустріти використання цього протоколу, як основного.

Таблиця 1.1

Порівняння пропускної швидкості відносно довжини

Пропускна швидкість	Дальність
1 Мбіт / с	40 м
500 кбіт / с	100 м
125 кбіт / с	500 м
10 кбіт / с	5000 м

В результаті аналізу провідникових технологій зв'язку можна зробити висновок, що деякі протоколи дуже схожі один на одного, а деякі - абсолютно різні. Об'єднує їх усіх, по суті, тільки використання кабелю, або кабелів для прийому та передавання даних. Вагомим недоліком провідникових технології є те, що проектування РБ потрібно починати ще до проведення електроживлення в будинку або до закінчення «чорнових» робіт. При чому дане проектування є досить складним і потребує вагомого досвіду та розрахунків для подальшого використання, адже змінити будь що в уже наявній системі складно [9].

1.3.3. Порівняльний аналіз характеристик протоколів зв'язку. Бездротові рішення можуть бути використані для організації бездротового зв'язку за допомогою призначених для користувача протоколів передавання даних, або для реалізації рішень, що використовують стандартні мережеві стеки комунікації на основі специфікації IEEE802.15.4 або рішень фірм-виробників компонентів для бездротових систем. Так, стандарт IEEE802.15.4 є основою для таких додатків, як ZigBee RF4CE (побутова електроніка), що підтримують профіль дистанційного керування (ZRC) або профіль пристроїв введення (ZID). Широке поширення отримали ZigBee PRO-сумісні бездротові мережі, такі як мережі автоматизації приміщень (ZHA), автоматизації будівель (ZBA), управління освітленням (ZLL) або інтелектуального розподілу електроенергії (ZSE). Стандарт IEEE 802.15.

ZigBee погано справляється з ситуаціями, коли в зоні дії мережі існують сильні завади, які створюються іншими пристроями. Будучи одноканальним рішенням, ZigBee далеко не завжди може ефективно боротися з завадами, які часто зустрічаються в перевантаженій смузі 2,4ГГц, яка спільно використовується протоколом з такими технологіями, як Wi-Fi або Bluetooth. І в найближчому майбутньому ситуація стане ще гірше, так як завантаженість смуги 2,4 ГГц з кожним роком буде зростати.

Проблеми для ZigBee посилює ще той факт, що стандарт IEEE 802.15.4, що визначає фізичний рівень стека протоколів ZigBee, що обмежує, в тому числі швидкість передавання даних до 250Кбіт/с, знаходиться під контролем IEEE. Він використовується не тільки ZigBee, але і десятками інших рішень. Z-Wave Alliance визначає кожен окремий рівень моделі OSI, і тому всі рішення, що стосуються будь-якого аспекту зв'язку, знаходяться в руках однієї організації [9].

Що стосується безпеки, то ZigBee пропонує широкий спектр розширених заходів для забезпечення достатнього захисту даних, якими обмінюються розумні пристрої. З 128-бітовим алгоритмом AES, використовуваним для шифрування даних та аутентифікації, і трьома типами ключів, використовуваних для управління безпекою, кінцевим користувачам на перший погляд не варто турбуватися. Однак, час від часу з'являються виникають проблеми із безпекою в пристроях з підтримкою

ZigBee. Вони, в основному стосувалися незахищеного формування парних ключів при підключенні нового пристрою до мережі.

Одним з недоліків цієї технології є частотний діапазон. Вибір низькочастотного, стабільного і найбільш вільного діапазону для пристроїв малого радіусу дії, а не більше популярного і завантаженого (2,4 ГГц) виявився далекоглядним і правильним рішенням, позбавивши користувачів розумного будинку Z-Wave від серйозних проблем з завадами в сильно завантажених «частотах Wi-Fi». Але в різних країнах для роботи пристроїв малого дії виділені різні частоти, наприклад, для всієї Європи (країни СЕРТ), а також Китаю та ряду інших країн Азії - це 868,42 МГц. А ось в США і Мексиці ці частоти зайняті технологією GSM, тому рішення Z-Wave там працюють на частоті 908,42 МГц, в Росії - для Z-Wave робочий діапазон - 869,0 МГц. Це означає, що, з точки зору звичайного користувача, докупувати новий продукт в іншій країні і підключати його до своєї мережі домашньої автоматизації потрібно з великою обережністю. Наприклад, пристрій, створене для ринку США, буде несумісним з пристроями діапазону інших країн [8].

Bluetooth використовує той же діапазон 2,4 ГГц, що і багато інших радіотехнології, таких як мікрохвильові печі, радіоляні або бездротові телефони. Незважаючи на те, що Bluetooth забезпечений певним інструментарієм для протидії завад, використання смуги частот 2,4 ГГц - це безсумнівний недолік. Адже, крім наявності постійних завад, у діапазону 2,4 ГГц є ще один великий недолік - сигнал на цій частоті згасає набагато швидше, ніж на частотах менше 1 ГГц, коли радіохвилі проникають крізь стіни та інші завади.

З цієї ж причини радіус дії технології Bluetooth Low Energy не є її сильною стороною. Незважаючи на теоретично досяжні «до 100 метрів в зоні прямої видимості», для Bluetooth четвертої версії при роботі двох пристроїв в приміщенні можна розраховувати на відстань до 10 метрів. Плутанини додає і той факт, що ця цифра сильно залежить не тільки від завад і перешкод, які є на шляху поширення сигналу, але і налаштувань виробників, так як з Bluetooth Smart у них є можливість в певних межах коригувати потужність сигналу пристрою (в тому числі збільшувати його потужність і підвищувати енергоспоживання).

Bluetooth, Wi-Fi і ZigBee мають маленький радіус зв'язку, а мобільний зв'язок і Wi-Fi споживають занадто багато енергії. Комунікація через ZigBee і LoRa дуже енергоефективна. Обидві технології використовуються для передавання невеликої кількості даних. ZigBee відмінно показує себе на невеликих відстанях, LoRa ж створена для комунікації на великі відстані. Також вони мають різну топологію мережі [10].

В табл. 1.2 представлено порівняльна характеристика основних характеристик та технологічних параметрів для протоколів ближнього радіусу дії.

Таблиця 1.2

Протоколи ближнього радіусу дії

Технічні характеристики	Wi-Fi	Bluetooth Low Energy	ZigBee	Z-Wave
Дальність	До 100 м	80 м	100 м/Mesh	30 м/Mesh
Частота	2.4 ГГц, 5 ГГц	2.4 ГГц	915 МГц, 2.4 ГГц	900 МГц
Швидкість передачі	Макс. 7 Гбіт/с	< 1 мбіт/с	250 кбіт/с	10-100 кбіт/с
Споживання енергії	Високе	Понижене	Низьке	Низьке
Аутентифікація	Так	Проблематично	Так	Так
Шифрування	Так	Так	Так	Так
Двонаправленість	Так	Так	Так	Так
Стандарт	IEEE 802.11	Bluetooth 4.0	ZigBee	Z-Wave
Маштабованість	Так	Так	Так	Обмежено

А ще, при використанні спільно Wi-Fi, Zigbee і Bluetooth, оскільки протоколи працюють на близьких радіочастотах, то їх хвилі можуть накладатися один на одного, утворюючи завади (див. рис. 1.1). Не варто цього боятися, так відбувається не у всіх, але треба пам'ятати даний факт при побудові мережі розумних пристроїв.

Розподіл каналів зв'язку по протоколах показано на рис. 1.1.

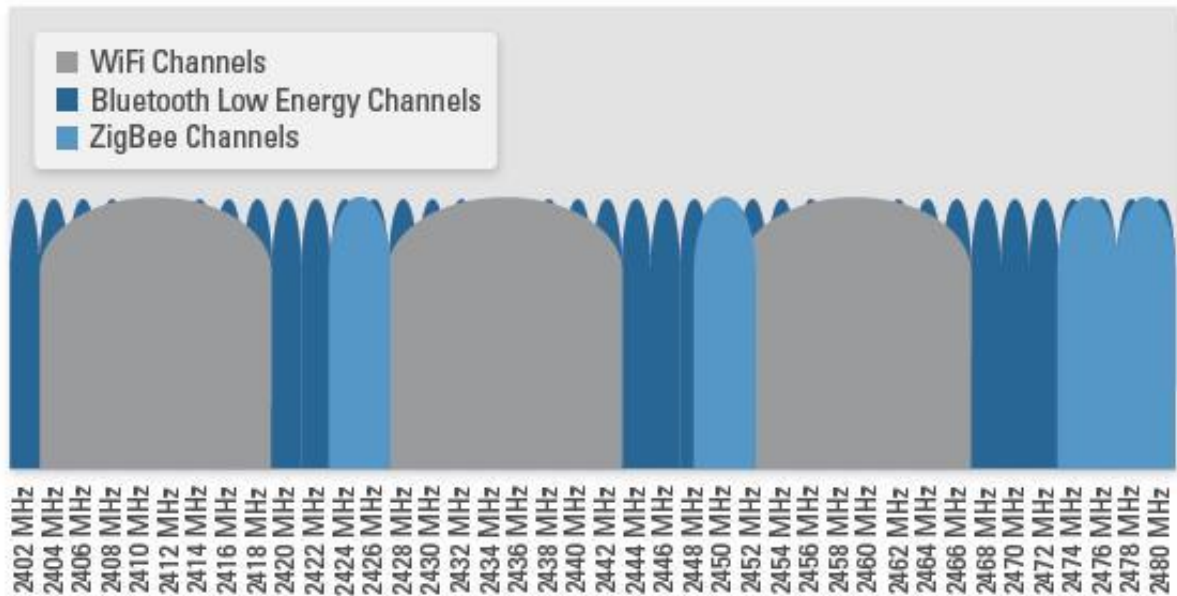


Рис. 1.1. Розподіл каналів зв'язку по протоколах

Перспективи використання Bluetooth Low Energy Mesh-мережа Bluetooth сильно відрізняється від інших технологій. Основна відмінність полягає в тому, як повідомлення поширюються через мережу. Як при маршрутизації на основі джерела повідомлення (Z-Wave), так і при маршрутизації на основі призначення (ZigBee, Thread), кожне повідомлення поширюється по певному шляху, передаючись від одного вузла до іншого, поки не досягне пункту призначення. Mesh-мережа Bluetooth використовує підхід, так званої керованої лавинної маршрутизації.

Цей підхід є вкрай не оптимальним з точки зору використання пропускну здатності мережі, однак не вимагає побудови таблиць маршрутизації і не потребує складних процедур відновлення працездатності мережі. Таким чином, керована лавинна маршрутизація використовує менше пам'яті і обчислювальних потужностей, що сприятливо позначається на підсумковій вартості готових рішень. Вона також

теоретично може демонструвати кращу стійкість до завад в діапазоні 2.4ГГц, ніж інші рішення, що працюють на тій же частоті, але тільки за умови досить щільного розташування сенсорів в мережі. Однак через таку високу ресурсоемність Mesh-мережі Bluetooth погано підходять для створення складних проектів домашньої автоматизації, не кажучи вже про різноманітні комерційні впровадження.

Сьогодні безумовний лідер по взаємодії між різними пристроями різних виробників в рамках одного протоколу - технологія Z-Wave. Z-Wave охоплює всі рівні моделі OSI. Але, на відміну від, наприклад, Bluetooth Smart (який також підтримує всі ці рівні), протокол Z-Wave спочатку розроблявся як технологія комірчастої мережі з високим рівнем відмовостійкості. Крім того, Z-Wave - єдина з популярних технологій, яка не використовує перевантажений до межі частотний діапазон 2,4 ГГц. Всі ці переваги дозволили Z-Wave Alliance створити, без перебільшення, найрозвиненішу в світі екосистему пристроїв РБ із більше ніж 100 млн впроваджень системи.

У Zigbee і Bluetooth Smart теж є шанси на розвиток. У першому випадку розробники намагаються вирішити проблему внутрішньопротокольної сумісності шляхом впровадження надбудови Dotdot. Але, з огляду на величезну інсталювану базу Zigbee-пристроїв колишніх поколінь і м'яку політику сертифікації Zigbee Alliance, навряд чи можна сподіватися на швидкий прорив в плані безпроблемної роботи гаджетів Zigbee різних виробників. Крім того, потенційним конкурентом Zigbee вважається протокол Thread, який поки є маловідомим на ринку розумних будинків.

У випадку з Bluetooth Low Energy, перспективи цього протоколу в чому залежать від того, наскільки успішними будуть спроби реалізувати в ньому топологію пористих мереж. Так чи інакше, і Bluetooth, і Zigbee, і Thread жорстко прив'язані до зашумлення радіодіапазону 2,4 ГГц. Ринок бездротових технологій РБ швидко змінюється. Незмінними залишаються тільки вимоги до енергоспоживання пристроїв, безпеки, відмовостійкості мережі, здатності пристроїв протистояти радіозавадам, простоті підключення, а також взаємної сумісності продуктів одного і того ж стандарту зв'язку [10].

1.4. Висновки до розділу 1

В процесі проведення огляду літературних джерел встановлено, що з кожним роком кількість «розумних пристроїв» постійно буде зростати, що в свою чергу призведе до зайвого нагромадження в ефірі пакетів даних, спричиненого використанням одного і того ж діапазону частот.

В результаті аналізу технологій побудови систем «Розумний будинок» обґрунтовано доцільність використання безпроводних технологій та встановлено, що для обміну даними в таких системах у всьому світі надаються неліцензовані радіочастотні діапазони, які можуть використовуватися без оформлення спеціального дозволу і абсолютно безкоштовно за умови дотримання вимог щодо ширини смуги, випромінюваної потужності.

Обґрунтовано важливість вибору частоти передавання даних при проектуванні системи «Розумний будинок» та актуальність розробки адаптивного методу вибору каналів зв'язку з метою формування переліку пріоритетних вільних частот для обміну інформацією між модулями розумного будинку.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ ВИБОРУ КАНАЛУ ЗВ'ЯЗКУ ДЛЯ РОЗУМНОГО БУДИНКУ

Найперспективнішим, в плані розвитку та інновацій, є напрям безпроводного обміну даними між пристроями системи «Розумний будинок» (РБ). При первинному підключенні девайсів важливим є вибір тих частот, які не задіяні іншими системами та пристроями в заданому локальному просторі. Для визначення загальних технологій та основних методів досліджень необхідно здійснити вибір частотного діапазону каналів зв'язку, а також аналіз методів розширення спектру частоти з метою передавання сигналів між пристроями в системі РБ. Для здійснення такої перевірки необхідно дослідити всі можливі варіанти передавання даних, зокрема методи, на яких вони реалізовані.

2.1. Технології розширення спектру частот в системі «Розумний будинок»

Підвищення ефективності передавання інформації в певному частотному діапазоні (ЧД) доцільно здійснювати через розширення спектру частот, як засобу, побудованого на основі методів модуляції сигналів через канал зв'язку (КЗ) з сильними лінійними спотвореннями сигналу. Для передавання сигналу в системі РБ та у безпроводній локальній мережі застосовують одну із наведених технологій передавання сигналу, а саме методи: OFDM, DFS, FHSS, CSS та DSSS.

2.1.1. Метод ортогонального мультиплексування частотних каналів (ОМРЧК). Це технологія поєднує декілька потоків даних в одному спільному просторі, який перерозподіляє спектр сигналів в системі на певний набір ортогональних піднесучих, саме через які і передається потрібна інформація [11].

Даний метод OFDM використовує одночасно і модуляцію і мультиплексування, але із об'єднанням різних складових частин одного і того ж сигналу. Цей метод відноситься до методів цифрової модуляції.

Важливою перевагою даного методу є те, що всі потоки даних можуть рухатися паралельно, практично впритул та не заважати один одному. При передаванні інформації між модулями системи РБ роль потоку виконують піднесучі сигнали. Аналогічний ефект щодо відношення до передавання сигналів зв'язку - ортогональність сигналів. Дані сигнали мають чудову властивість - їх взаємна енергія дорівнює нулю. Таким чином ортогональність даних піднесучих дозволяє їм, на прийомі сигналу приймачем, виділити кожен з них із загального сигналу та навіть у випадку часткового перекриття їх спектрів. Оскільки піднесучі розташовуються майже впритул один до одного і накладаються один на одного, тому спектральна ефективність даного модульованого OFDM сигналу виходить досить високою [12].

Кожна піднесуча представлена окремим піком, це означає що в точці піку кожної піднесучої значення інших піднесучих дорівнює нулю. При математичних розрахунках застосовується координатний графік, де на осі часу кожній кривій відповідає свій модульований сигнал. Сума всіх цих сигналів дає складний за формою OFDM-сигнал та їх параметри підбираються щоб вони були ортогональні. Для швидкої реалізації даної дії використовують метод зворотного швидкого перетворення Фур'є (ЗШПФ). В діапазоні частот 2,4ГГц число піднесучих вибирається як 256 каналів з усіх можливих в даному проміжку частот. Для кожної піднесучої частоти використовується свій тип модуляції в залежності від вимог і величини завад в КЗ між модулями системи [13].

Перевагами OFDM є:

- здатність протистояти складним умовам шуму в КЗ, тобто усувати міжсимвольну інтерференцію і боротися з вузькосмуговими завадами;
- висока спектральна ефективність в системах з частотним поділом каналів;
- адаптивність методу;
- проста реалізація;
- здатність протистояти інтерференції між піднесучими, що зумовлює доволі позитивні показники при багатопроменевому поширенні сигналу.

Основні недоліки OFDM:

- необхідність високоточної та надійної синхронізації за часом і за частотою вихідного сигналу;
- велике значення в пік-фактора сигналу, що призводить до високих енергетичних витрат;
- висока чутливість методу до ефекту Доплера, що означає складність використання в системах РБ.

2.1.2. Метод динамічного вибору частоти (ДВЧ). Дана технологія супроводжувалася впровадженням методів сканування ефіру та переходу між частотними каналами. Відбувається послідовне сканування каналів відповідно до частотної сітки. Результатом сканування є заповнена таблиця DFS, в якій кожному каналу відповідає рівень виявленого сигналу, який є завадою для пристрою.

Для кожного частотного каналу запам'ятовується максимальний рівень сигналу і фіксується в таблиці DFS. Для виключення помилкового спрацьовування, при оцінці рівня сигналу, також враховується його спектральна щільність, здійснюється аналіз таблиці DFS і вибір частотного каналу з мінімальним рівнем сигналу, установка центральної частоти обраного каналу як робочої центральної частоти бездротового пристрою. Це дозволяє виконувати рівномірний розподіл бездротових систем передавання даних по частотному спектру.

Масштабування і зростання продуктивності бездротових систем зв'язку в частотному діапазоні 5ГГц вимагає збільшення числа дозволених частотних каналів завдяки використанню каналів, які використовуються в основному для обміну даними з військовими і метеорологічними радарями. Для зниження впливу систем безпроводного широкосмугового доступу (БШСД) на радари до вимог протоколу обміну даними були включені правила по виявленню радарів і негайного припинення використання робочих частот [14].

Реалізація механізмів виявлення радарів супроводжувалася впровадженням методів сканування ефіру та переходу між частотними каналами. Перераховані методики були включені вимоги до бездротових систем і назву динамічного вибору частоти (DFS) [14].

Говорячи про DFS, слід розділяти механізми динамічного вибору частоти і виявлення радарів:

Вимоги до реалізації динамічного вибору частоти передбачають обов'язкове сканування доступних частотних каналів і вибір найбільш вільного КЗ. Таким чином виконується рівномірний розподіл бездротових систем передавання даних по частотному спектру.

Механізм виявлення радарів є необхідною умовою дотримання заборони на використання частотних каналів, які вже використовуються радаром. Таким чином, застосування технології DFS зберігає можливість використання таких каналів системами БШСД за умови їх негайного звільнення в разі виявлення роботи радарів.

Принцип роботи DFS алгоритм динамічного вибору частоти складається з таких етапів:

1) Увімкнути пристрій.

2) Послідовне сканування каналів відповідно до частотної сітки. Результатом сканування є заповнена таблиця DFS, в якій кожному каналу відповідає рівень виявленого сигналу, який є завадою для пристрою.

– Для кожного частотного каналу запам'ятовується максимальний рівень сигналу і фіксується в таблиці DFS. Для виключення помилкового спрацьовування, при оцінці рівня сигналу, також враховується його спектральна щільність.

– За замовчуванням тривалість сканування на кожному з частотних каналів становить 3 секунди, цей параметр є налаштованим.

– Загальна тривалість сканування залежить від числа каналів в частотній сітці.

3) Аналіз таблиці DFS і вибір частотного каналу з мінімальним рівнем сигналу.

4) Установка центральної частоти обраного каналу як робочої центральної частоти бездротового пристрою.

5) Кожні 24 години виконується повторне сканування та вибір частоти (пункти 2-4), але при цьому користувач може вручну встановити час повторного сканування ефіру.

Сектор базової станції (БС), а також сектор абонентська станція (АС) встановлені і налаштовані для організації бездротового каналу зв'язку, на БС активовано підтримку динамічного вибору частоти. Після включення, БС починає виконувати послідовне сканування доступних частотних каналів, фіксуючи дані в таблиці DFS (див. табл. 2.1), де вказано номер частотного каналу та зафіксований рівень сигналу [15].

Таблиця 2.1

DFS таблиця частотних каналів

Частотний канал, Wi-Fi 5ГГц	Рівень сигналу, дБм
F1	-85
F2	-80
F3	-91

Пристрій БС аналізує отриману таблицю і вибирає ЧК з мінімальним значенням рівня сигналу, тобто канал F3. Центральна частота обраного каналу встановлюється як робоча. Зміна середньої частоти призводить до розриву бездротового з'єднання. Пристрій АС починає перебирати список дозволених ЧК, перебуваючи в пошуку пристрою БС. Після виявлення БС, бездротові пристрої виконують асоціацію, встановлюючи КЗ, після чого відновлюється обмін даними між пристроями [15].

2.1.3. Метод лінійної частотної модуляції (ЛЧМ). Даний метод використовує широкопasmові лінійно-частотні модульовані імпульси для кодування інформації, де за синусоїдальним сигналом відбувається збільшення або зменшення частоти з часом, іноді частота підйомів збільшується експоненціально з часом. Суть методу ЛЧМ полягає в перебудові несучої частоти за лінійним законом. Даний метод використовується в системах радіолокації та в деяких радіомодемах комп'ютерних систем.

Як і у випадку з іншими методами розширення спектру метод ЛЧМ використовує всю виділену смугу пропускання для передавання сигналу, роблячи його надійним до шуму. Крім того, оскільки відбувається використання широкосмугового доступу, даний метод ЛЧМ також стійкий до багат шарового накладання навіть при роботі з дуже низькою потужністю. Однак, на відміну від спектра прямої послідовності поширення (DSSS) або спектра поширення частоти (FHSS), він не додає до сигналу жодних псевдовипадкових елементів, щоб допомогти відрізнити його від шуму в КЗ, замість цього покладаючись на лінійний характер імпульсу модуляції [16].

Метод ЛЧМ розроблений для конкуренції з ультраширокосмуговим діапазоном для точного діапазону та низькошвидкісних бездротових мереж у діапазоні 2,4ГГц. Широкий спектр поширення ідеально підходить для програм, що вимагають низького енергоспоживання та потребують відносно низьких швидкостей передавання даних (1Мбіт/с або менше). Зокрема, IEEE 802.15.4a визначає CSS, як техніку для використання в низькошвидкісних бездротових мережах особистого доступу (LR-WPAN). Стандарт IEEE 802.15.4a PHY фактично поєднує методи кодування CSS з диференціальною модуляцією зсуву фаз (DPSK) для досягнення кращої швидкості передавання даних.

CSS працює в діапазоні ISM 2,4ГГц і досягає максимальної швидкості передавання даних 2Мбіт/с. Кожен символ передається з лінійним імпульсом, що має смугу пропускання 80МГц та фіксованою тривалістю 1мкс. Системне підсилення CSS становить 17дБ.

Перевагами CSS є:

- стійкість проти вузьких смуг;
- стійкість проти широкосмугових порушень;
- надійність проти багатостороннього затування.

Оригінальний сигнал від передавача досягає приймача з декількома відлуннями та відбиттями від будівель та інших навколишніх середовищ за рахунок багат шарового поширення. Відбиття доходять до приймача у фазі або поза нею. Деякі частоти будуть посилені або ослаблені залежно від умов. Це призводить до

відключення зв'язку вузькосмугових систем передавання. Однак CSS відрізняється тим, що посилені та ослаблені сигнали знаходяться в рівновазі, оскільки всі частки енергії (які поширюються на смугу пропускання 80МГц) збираються. Це використовується в інтегрованій широкосмуговій техніці.

Використання даного методу дає більшу точність виявлення пристроїв, а також забезпечує краще одночасне розпізнавання сигналів за швидкістю та відстанню. В системах передавання інформації ЛЧМ застосовують з метою надійного передавання сигналів та підвищення завадостійкості [17].

2.1.4. Метод розширення спектру прямої послідовності (DSSS). Це метод модуляції, який в основному використовується для зменшення загальних завад на лінії сигналу. Модуляція прямої послідовності робить переданий сигнал ширшим по пропускній здатності, ніж пропускна здатність інформації [18].

З DSSS біти повідомлення модулюються псевдовипадковою бітовою послідовністю, відомою як послідовність поширення. Кожен біт послідовності поширення, який відомий як чіп, має набагато меншу тривалість (більша смуга пропускання), ніж початкові біти повідомлення. Модуляція повідомлення біт шифрує і поширює фрагменти даних, і тим самим призводить до того, що розмір пропускну здатності майже ідентичний розміру послідовності поширення. Чим менша тривалість чіпа, тим більша смуга пропускання отриманого сигналу DSSS; більша пропускна здатність, мультиплексована до сигналу повідомлення, призводить до кращого опору до завад [19].

DSSS фазових зсувів синусоїдальних хвиль псевдовипадкові з безперервною рядком чіпів, кожен з яких має значно меншу тривалість, ніж інформаційний біт. Тобто кожен інформаційний біт модулюється послідовністю набагато швидших чіпів. Тому швидкість чіпів значно вища за швидкість передавання інформації.

DSSS використовує структуру сигналу, в якій послідовність розповсюдження, що виробляється передавачем, вже відома приймачем. Потім приймач може використовувати ту саму послідовність розповсюдження для протидії його впливу на прийнятий сигнал з метою реконструкції інформаційного сигналу.

Передавання прямої послідовності з широким спектром передач множать дані, що передаються, на псевдовипадкову послідовність розповсюдження, яка має значно більшу швидкість передавання бітів, ніж вихідна швидкість передавання даних. Отриманий сигнал, що передається, нагадує смугу білого звуку, як звуковий запис. Однак цей шумоподібний сигнал використовується для точної реконструкції вихідних даних на приймальному кінці шляхом множення їх на ту саму послідовність розповсюдження.

Цей процес є математичним співвідношенням переданої послідовності розповсюдження з послідовністю розповсюдження, яку приймач уже знає, та сприймає ту що використовує передавач. Після формування відношення сигнал-шум збільшується коефіцієнт розповсюдження, який є відношенням швидкості послідовності розповсюдження до швидкості передавання даних [19].

Хоча переданий сигнал DSSS займає набагато більшу ширину смуги частот, ніж вимагає проста модуляція вихідного сигналу, його частотний спектр може бути дещо обмежений з метою економії спектру звичайним аналоговим смуговим фільтром, для отримання дзвоникоподібної оболонки, орієнтованої на несучу частоту. І навпаки, псевдовипадковий спектр поширення частоти стрибків здійснює зміну несучої частоти передавача та вимагає рівномірного частотного відгуку від приймача, оскільки будь-яке формування пропускнуої здатності викликає амплітудну модуляцію сигналу за допомогою стрибкового коду [20].

Переваги даного методу:

- стійкість до ненавмисного або передбачуваного глушіння;
- обмін одним каналом серед кількох користувачів;
- знижений рівень сигналу / фонового шуму, що не дозволяє здійснювати перехоплення;
- визначення відносного часу між передавачем та приймачем.

2.1.5. Метод стрибкоподібної зміни частоти (FHSS). Широкочастотний спектр поширення сигналу - це метод забезпечує безперебійну передачу сигналів без перешкод із псевдовипадковою зміною несучою частоти передавання радіосигналів

відому як передавачу, так і приймачу. Кожен наявний діапазон частот поділяється на певну кількість підчастот, на який відбувається швидка зміна несучої частоти. Це означає що завади в радіоефірі впливають тільки і той проміжок часу доки системам працює на даній робочій частоті. Метод FHSS тимчасово викликає завади в суміжних системах прямого послідовного поширення (DSSS) [21].

Широкоспектральна передача даних має наступні переваги:

- Сигнали з широким спектром частот мають високу стійкість до вузькосмугових завад.
- Сигнали які передаються методом FHSS важко перехопити.
- Передавальний сигнал може розділяти смугу частот з багатьма типами сигналів які створюють мінімальний рівень завад, що в результаті збільшує пропускну здатність.
- Сигнали з широким спектром частот відрізняються високою стійкістю до навмисного глушіння сигналу навмисним чи випадковим чином.

Технологія поширення спектру частотного стрибка використовується також у багатьох передавачах та приймачах RC, які використовуються для радіолюбителями для розробки моделей автомобілів, літаків та безпілотників. За допомогою такої технології досягається тип множинного доступу, що дозволяє сотням пар передавачів/приймачів одночасно працювати на одній смузі на відміну від попередніх систем FM або AM RC, які мали обмежені одночасні канали [22].

Загальна смуга пропускання, яка необхідна для стрибків частоти, набагато ширша, ніж необхідна для передавання тієї ж інформації, використовуючи лише одну несучу частоту. Одним із основних задач методу частотних стрибків є синхронізація передавального пристрою та приймача сигналу.

Передавач і приймач сигналу використовують однакові фіксовані таблиці КЗ, таким чином синхронізація поєднує функцію передачі цієї таблиці. На кожному етапі обміну даними між пристроями передавач може відправити дані синхронізації на даному етапі.[23].

2.2. Вибір частотного діапазону каналів зв'язку для розумного будинку

На сьогоднішній день відбувається широке впровадження пристроїв, що використовують у своїй роботі радіоканал. Кількість застосовуваних бездротових пристроїв неухильно зростає. З іншого боку, через ряд обмежень, що стосуються особливостей формування та прийому радіохвиль, особливостей поширення радіохвиль, а також законодавчих обмежень на діапазони доступних для приватного і комерційного використання частот, вибір частотного діапазону для того чи іншого додатка вельми обмежений.

Для обміну даними у всьому світі надаються неліцензовані радіочастотні діапазони. В Україні для цих цілей виділено такі діапазони частот, як 433,075-434,750МГц і 868,7-869,2МГц, 915МГц і 2,4ГГц, а також 5,8ГГц. Крім законодавчих критеріїв, при виборі частотного діапазону необхідно враховувати і технічні фактори. Зокрема, для діапазону 2,400-2,4835ГГц є більше частотних каналів, доступні вищі швидкості передавання, можливий безперервний режим роботи, компактніші антени. З іншого боку, стійка робота реалізується на більш коротких відстанях, зростає вплив різних завад [24].

Для частот, менше за 1ГГц, дозволені частотні діапазони в різних країнах відрізняються і не завжди можливо використовувати ту саму елементну базу. Також не скрізь дозволена неперервна активність пристрою в мережі. Перевагами є: краща дальність стійкої роботи в порівнянні з частотами 2,4ГГц діапазону при однакових значеннях вихідної потужності передавача, зменшення впливу завад на проходження сигналу.

Необхідно врахувати, що на діапазоні 2,4ГГц працює багато пристроїв, це комп'ютери і бездротове мережеве обладнання, бездротові навушники, гарнітури, системи типу «розумний будинок», побудовані на технології ZigBee та WiFi. Діаграма частотного діапазону даних технологій зображена на рис. 2.1. Обидва канали існують у діапазоні 2.4ГГц, в точно такому ж частотному просторі. Керування мережею ZigBee та мережею WiFi на одній частоті призведе до того, що вони будуть перешкоджати роботі один одного [25].

Саме тому, постійне зростання бездротових пристроїв, розширення бездротових мереж, постійне підключення все нових і нових девайсів, може впливати на їх стабільну роботу, стійкість зв'язку між ними. Продуктивність бездротової мережі в таких умовах буде визначатися ймовірністю успішного прийому пакетів мережі та її керуючих сигналів.

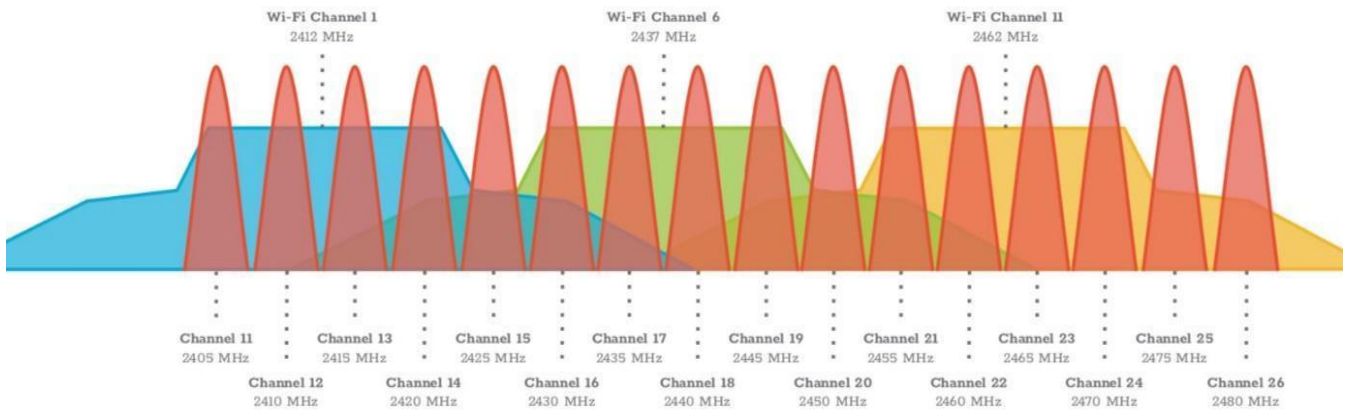


Рис. 2.1. Діаграма частотного діапазону 2,4 ГГц

Вихідна потужність передавачів для неліцензованих діапазонів частот обмежується нормативними регулюючими документами. За необхідності, шляхом застосування зовнішнього підсилювача, потужність вихідного сигналу можна встановити рівною гранично допустимій. Інколи додатково, або замість підсилювача, можливе застосування спрямованої антени. На чутливість приймача впливають його технологічні обмеження, власні шуми, взаємний вплив вузлів і т.ін. Крім цього реальна чутливість приймача може знижуватись через помилки у виконанні антенно-фідерного тракту.

В умовах щільного використання частотного діапазону і близького розміщення бездротових пристроїв, розширення бездротових мереж, постійне підключення все нових і нових девайсів, важливу роль відіграє здатність приймача відфільтрувати сигнал сусідніх частот, а також здатність придушити сигнальну заваду сусіднього (або близького) частотного каналу [25].

2.3. Адаптивний метод вибору каналу зв'язку для розумного будинку

Адаптивний метод вибору КЗ для системи РБ являє собою спосіб організації зв'язку між різними модулями системи РБ, який в свою чергу буде уникати частотних каналів із високим рівнем завад. Основною ідеєю є використання лише «хороших» частот та уникання «поганих» частотних каналів на яких, можливо, працює якесь інше обладнання, або, можливо, ці частоти активно глушаться. Такий метод призначений для використання у пристроях, які працюють на вузько-смуговому діапазоні взаємодії, тобто з використанням смуги в 1МГц та роботи в 2,4ГГц-діапазоні. Це означає що для перебору та використання робочої частоти девайсам доступно 128 КЗ.

Причому, за замовчуванням, усі девайси використовують спільний частотний КЗ, що унеможлиблює одночасну роботу великої кількості пристроїв в одній мережі. Адже такі девайси будуть створювати зайвий шум на спільній, для всіх, частоті, що значно ускладнить передавання даних та приведе до великої кількості повторних спроб та колізій. Це, в свою чергу, буде збільшувати рівень шумів, які виростуть у неперервний гул, а також призведе до глушіння даного діапазону. Така ситуація може відбутися в найвідповідальніший момент для системи РБ, наприклад, під час виявлення сигналів тривоги чи зламу, коли велика кількість давачів одночасно починають інформувати про свій статус центральний контролер. Це означатиме, що така система «ляже» під час першого ж серйозного випадку.

Щоб унеможливити такий сценарій та забезпечити розвиток майбутньої реалізації системи РБ запропоновано до методу адаптивної селекції КЗ ввести функціонал частотних стрибків. Така функція призначена для кращого зв'язку та можливості використання великої кількості модулів в одній безпроводній локальній мережі, коли використовуються однотипні девайси, які працюють на спільному ареалі та використовують радіомодулі на спільному частотному діапазоні, та в яких є спільний центральний контролер керування.

Для пошуку так званих «хороших» каналів запропоновано використати функцію сканера частот. Така функція виконує завдання сканування частотного

діапазону роботи протоколу зв'язку (2,4ГГц) та визначає, які канали є зашумленими, а які є вільними та придатними до використання.

Функція сканування частот виконується при першому запуску головного контролера системи РБ, а також викликається протягом усього часу його роботи з певними часовими інтервалами. Щоб данні сканування відбувались максимально ефективно та відображали усі можливі результати рівня сигналу в радіоефірі до даної функції включено метод створення рандомного часу сканування, тобто псевдовипадкова зміна періоду запуску функції сканування частот. Запропонований метод враховує всі можливі сценарії при появі нових девайсів чи проходженні масивів повідомлень, які зашумлюють діапазон частот.

При першому запуску здійснюється формування таблиці вільних частот, а всі інші подальші запуски - призначені для уточнення та доповнення результатів цієї таблиці. Також основною задачею при здійсненні адаптивної селекції КЗ є формування переліку пріоритетних частот, який складається з N-кількості одиниць (найменувань вільних частот) та має пріоритетний порядок від першого до останнього елементу. Такий перелік формується з таблиці вільних частот, отриманої в результаті виконання попередніх методів, які виконуються послідовно. Якщо відбуваються зміни в таблиці, то здійснюється перевірка впливу таких змін на перелік, а при впливі на більш як половину елементів - відбувається переформування переліку пріоритетних частот.

Перелік формується відповідно до алгоритму, який враховує діапазон послідовно вільних частот, сусідні частоти та розподіл по всьому діапазону частоти 2,4ГГц. А також вноситься коефіцієнт рандомності при формуванні послідовності переліку, що потрібно для роботи однакових систем, щоб сусідні пристрої не використовували вибрану частоту.

Процес виконання функції сканування частоти такий:

- сканування всіх частот в діапазоні (2,4ГГц – вільний (дозволений) діапазон частот) від 2400МГц до 2526Мц з кроком в 1МГц та визначення вільних і зашумлених частот;

- визначення середнього арифметичного кожної частоти з таблиці результатів сканування, отриманого після виконання декількох сканувань частоти з визначеним періодом (TScan – період сканувань) за один проміжок часу;
- відсіювання частот, в яких рівень сигналу перевищує 0.5;
- перемішування отриманого переліку з коефіцієнтом рандомності та визначення перших 12 частот;
- передавання отриманого переліку вільних частот до модулів системи РБ.

Сформований перелік розповсюджується на всі пристрої мережі, а, у випадку появи завад, на основній частоті відбувається зміна частоти відповідно до переліку пріоритетних частот на всіх, підключених пристроях. Якщо завади з'являються на новій частоті, тоді знову відбудеться зміна частот відповідно до переліку. Це забезпечує можливість використання декількох мереж в одному приміщенні (в одному радіусі дії) та в поєднанні з домашніми мережами (Wi-Fi, Bluetooth та ін.), які працюють в діапазоні дозволених частот 2,4ГГц. Запропонований метод передбачає завадостійкість та адаптивність системи до будь яких зовнішніх завад.

Іншою складовою методу адаптивної селекції КЗ для РБ є функція стрибкоподібної зміни частоти передавання даних, яка оперує даними, отриманими від попередніх дій, а саме переліком вільних частот. Така функція організовує передавання даних між модулями системи за таким сценарієм:

- формування короткого запиту на передавання даних до головного модуля системи РБ на базовій частоті;
- передавання даних при підтвердженні запиту, але при змінній частоті, попередньо відомій двом учасникам «розмови»;
- зміна частоти при наступному передаванні даних.

Таким чином, передавання даних здійснюється по частотах, вибраних із переліку вільних частот, проте кожного разу це нова частота, отримана рандомним методом із коефіцієнтом, який знають лише обидві сторони «розмови». Такий коефіцієнт формується на основі ідентифікатора інформаційного модуля та адреси мережі системи РБ. При цьому, у кожного модуля цей коефіцієнт відрізняється, що додає додаткову перевагу у частотному діапазоні.

2.4. Висновки до розділу 2

Розглянуто основні методи розширення спектру частот для адаптивної селекції каналів зв'язку для розумного будинку, а саме: ОМРЧК, DFS, ЛЧМ, DSSS, FHSS, їх недоліки та переваги, що дозволило розробити основний функціонал до роботи методу.

Проведено аналіз частотних діапазонів для вибору каналів зв'язку для розумного будинку.

Запропоновано використання діапазону частот 2,4 ГГц, як одного із найбільш відкритих та найрозповсюдженіших у всіх країнах, врахувавши також нормативно-правову сторону використання частот.

Описано принцип роботи запропонованого адаптивного методу вибору каналу зв'язку для розумного будинку. Основна ідея якого полягає у використанні лише «хороших» частот, уникаючи така званих «поганих» частотних каналів, а також у формуванні переліку вільних частот, який буде використовуватися усіма модулями системи розумний будинок.

РОЗДІЛ 3

ЗАСОБИ АДАПТИВНОЇ СЕЛЕКЦІЇ КАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ ДЛЯ РОЗУМНОГО БУДИНКУ

3.1. Апаратно-програмна реалізація методу адаптивної селекції каналів зв'язку для розумного будинку

3.1.1. Вибір апаратної платформи. Апаратна платформа для реалізації методу адаптивної селекції КЗ для РБ. Впровадження систем автоматики і автоматизації, незважаючи на гадану часом надмірність, показало свою ефективність. Поява і розвиток стандартів постійно розширює сферу застосування бездротових технологій. В основі цього лежать розгалужені мережі датчиків, керованих вузлів і механізмів. Більш того, сучасні завдання автоматизації вимагають прозорості між машинної взаємодії, розвинених сервісів, взаємодії з базами даних, і навіть для користувача інтерфейсу програми [26].

Основними критеріями, актуальними при виборі елементної бази є енергоспоживання, радіочастотні характеристики (чутливість приймача, вихідна потужність передавача), обсяг пам'яті, доступні додатки, а також безпека переданих даних.

Виробниками бездротових компонентів запропоновано і широко розвиваються три підходи до побудови бездротових вузлів.

Підхід перший - приймач спільно з керуючим мікроконтролером. В цьому випадку мікроконтролер відповідає за роботу мережевого стека і за роботу прикладних задач. Приймач підключається до контролера за допомогою SPI або UART інтерфейсу. Такий підхід дозволяє комбінувати бездротові компоненти і керуючі контролери для отримання оптимальних показників по одному або декількох: енергоспоживання, масо-габаритні характеристики, набір необхідних функцій, наявність програмних бібліотек, вартість. Крім того, цілком допускається комбінація рішень від різних виробників, хоча найчастіше буває достатньо елементної бази, запропонованої конкретним виробником.

Другим варіантом є застосування систем-на-кристалі (СНК), що містять в одному корпусі і приймач, і мікроконтролер. Процесорний ядро контролера при цьому також виконує стек протоколів і додатки. Така реалізація є компактнішою, а також вимагає меншої кількості компонентів [27].

В обох випадках при налагодженні програми необхідно відстежувати роботу і стека протоколів, і додатків. Крім цього, некоректна робота програми може призвести до припинення виконання процедур стека протоколів, і, як наслідок, виходу вузла з мережі, що в свою чергу може пошкодити виконання розподіленого додатка в цілому. Аналогічно, помилки в роботі стека протоколів можуть призвести до зависання мікроконтролера або припинення виконання програми. Вузол, в такому випадку, перестає виконувати свої функції.

Багатофункціональні однокристальні бездротові реалізації забезпечують розробникам можливість задоволення найвищих вимог споживачів при одночасному збільшенні гнучкості додатків, зменшення кількості необхідних комплектуючих і, відповідно зменшення розмірів друкованого вузла. У сучасному світі існують лише декілька виробників мікроконтролерів, таких як Atmel і Microchip, Nordic і STMicroelectronics, Texas Instruments та ін. Архітектура систем на кристалі постійно вдосконалюється, зокрема здійснюється оптимізація параметрів приймачів, режими енергозбереження, розвивається програмне забезпечення, пропонуючи програмні бібліотеки, стеки протоколів, середовища і засоби розробки.

Апаратні можливості мікроконтролерів бездротових СНК відрізняються, як розрядністю оброблюваних даних, так і максимальними робочими частотами. Досить часто, як керуючі мікроконтролери в бездротових СНК, зустрічаються стандартні процесорні ядра, такі як, 8-бітові ядра архітектури x51 і 32-розрядні ARM-ядра. У ряді випадків фірмами пропонуються закінчені реалізації - бездротові системи збору даних, інтегральні давачі фізичних величин.

Для виконання функцій мікроконтролера головного модуля системи використовується плата Arduino Mega2560 R3, побудована на основі мікропроцесора фірми ATMEL – ATmega2560 з 8-бітним мікроконтролером сімейства AVR – ATmega2560. Такий контролер має на 256КБ флеш-пам'яті, які використовуються для

зберігання прошивки, а також 8КБ оперативної пам'яті і 4КБ незалежній пам'яті EEPROM, що призначені для зберігання даних. В табл. 3.1 наведені основні характеристики мікроконтролера ATmega2560 [28].

Таблиця 3.1

Технічні характеристики мікроконтролера ATmega2560

Параметр	Значення
Ядро мікропроцесора	AVR 8-біт
Flash-пам'ять	256 кБайт
EEPROM-пам'ять	4 кБайт
RAM-пам'ять	8 кБайт
Кількість каналів АЦП	16
Розширення АЦП	10
Кількість каналів ШІМ	12
Розширення ШІМ	16
Сторожовий таймер	1
Годинник реального часу	1
Кількість інтерфейсів UART	4
Напруга живлення ядра	4,5...5,5 В
Напруга живлення периферії	4,5...5,5 В
Робоча температура	-40...85 °С

З метою реалізації інформаційних модулів системи безпроводного зв'язку в РБ використаємо плату Arduino Nano R3 побудована на основі мікропроцесора фірми ATMEL з 8-бітним мікроконтролером сімейства AVR, як платформу прототипування та макетування на базі мікроконтролера ATmega328. В табл. 3.2. подано основні характеристики мікроконтролера ATmega328 [28].

Таблиця 3.2.

Характеристики мікроконтролера ATmega328

Параметр	Значення
Робоча напруга	5 В
Вхідна напруга (рекомендований)	7-12 В
Вхідна напруга (граничне)	6-20 В
Цифрові Входи/Виходи	14 (6 з яких можуть використовуватися як виходи ШІМ)
Аналогові входи	6
Постійний струм через вхід / вихід	40 мА
Постійний струм для виведення 3.3 В	50 мА
Флеш-пам'ять	32 Кб (ATmega328) з яких 0.5 Кб використовуються для завантажувача
ОЗУ	2 Кб (ATmega328)
EEPROM	1 Кб (ATmega328)
Тактова частота	16 Гц

Також важливим елементом апаратного комплексу є модуль бездротового зв'язку nRF24L01, який використовується для побудови радіомережі на частоті 2,4ГГц. Цей радіомодем виконаний на базі мікросхеми nRF24L01+ і підтримує роботу зі швидкістю 250Кбіт/с, 1Мбіт/сек або 2Мбіт/с, а також може працювати на 126 незалежних каналах, тому відразу кілька пристроїв можуть спілкуватися між собою не заважаючи один одному [29].

Також модуль працює з мікроконтролером за рахунок інтерфейсу програмного протоколу SPI, відповідно модуль повинен підключатися до інтерфейсу SPI Arduino, який знаходиться на відповідних контактах мікроконтролера ATmega328 [28].

Основними технічними характеристиками радіо-модуля nRF24L01 + є такі:

- Частотний діапазон роботи 2,4ГГц;
- Дальність роботи до 100 метрів, в приміщенні – до 30 метрів;

- Швидкість передавання даних до 2Мбіт/с;
- Напруга живлення мікроконтролера 3-3.6В;
- Кількість каналів: 126;
- Інтерфейс взаємодії з мікроконтролером – SPI;
- Максимальна вихідна потужність сигналу: 0дБм;
- Коефіцієнт посилення антени (пікова): 2дБм;
- Кількість каналів: 126.

Призначення виводів радіомодуля nRF24L01+ наведенні в табл. 3.3.

Таблиця 3.3.

Призначення виводів на радіомодулі nRF24L01

Найменування виводу радіомодуля	Призначення виводу радіомодуля
SCK	трактований вивід (синхронізація)
MOSI/MI	вхід даних
MISO/MO	вихід даних
CE/SS	вибір на шині SPI з декількох пристроїв
SCN	вибір режиму прийому/передача, фактично - CE
IRQ	вихід переривання, найчастіше не використовується проте необхідний для негайної реакції мікроконтролера при прийомі нового пакета даних
GND	земля, маса
Vcc	живлення модуля 3,3В

Для надійної роботи радіомодуля необхідно паралельно живленню підключити електролітичний конденсатор з ємністю не менше 100мкФ, а також керамічний, ємністю 0.1мкФ [29].

3.1.2. Структурна схема керуючого блоку розумного будинку. На базі запропонованого методу адаптивної селекції КЗ для РБ представлена модернізована структурна схема (див. рис. 3.1.) керуючого блоку розумного будинку з можливістю вибору вільних частот для зв'язку між модулями системи РБ.

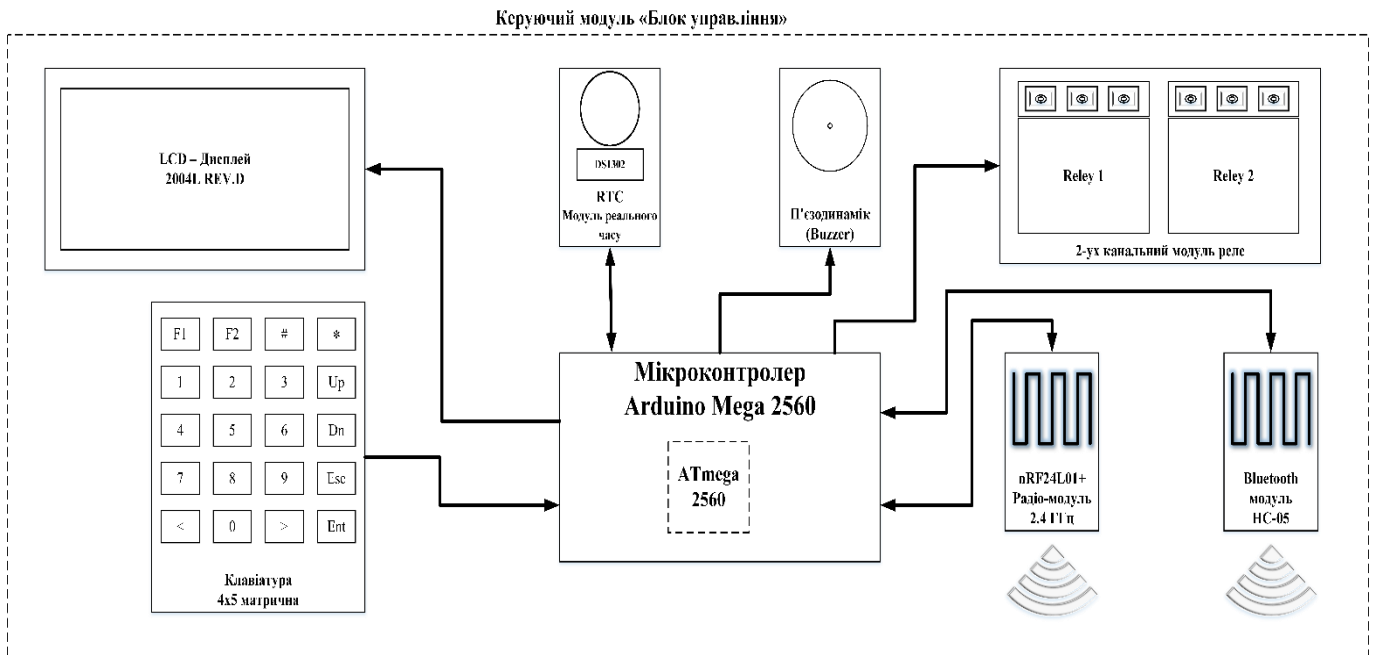


Рис. 3.1. Структурна схема керуючого модуля «Блок управління»

Система зв'язку розроблена для забезпечення таких вимог:

- Частотний діапазон - 2,4ГГц, що не потребує дозволів;
- Дальність - від 30 метрів в приміщенні;
- Швидкість - до 2Мб;
- Максимальна вихідна потужність - 0дБм;
- Коефіцієнт підсилення антени (пікова) - 2дБм;
- Кількість каналів - 120.

До складу головного модуля «Блок управління» системи безпроводного зв'язку для РБ повинні входити такі елементи:

- Мікропроцесор Arduino Mega2560, використовується для управління роботою керуючого модуля (передавання даних по модулю бездротового зв'язку nRF24L01+, подачі сигналу до рідкокристалічного дисплею та п'єзо випромінювача);

- Модуль бездротового зв'язку nRF24L01+, призначений для побудови радіомережі на частоті 2,4ГГц;
- Модуль реального часу DS1302, призначений для задання точного часу включення і виключення пристроїв, під'єднаних до двоканального реле;
- Матрична клавіатура 4*4, призначена для введення в систему команд користувача;
- П'єзо випромінювач HCM1205X, призначений для реалізації звукового сповіщення;
- Модуль реле двоканальний, призначений для підключення різних побутових приладів з великим вхідним струмом;
- Модуль I2C на базі мікросхеми PCF8574, призначений для зменшення кількості виводів, які використовуються для подачі сигналу на диспелей;
- Модуль LCD-дисплею, який виводу інформації про стан системи РБ та інших важливих повідомлень.

3.1.3. Схема електрична принципова керуючого блоку розумного будинку. Розробка схеми електричної принципової є одним із важливих проектних етапів, які визначають функціональну структуру та обсяг системи, яка проектується та її окремих модулів. Розроблено головний модуль системи – «Блок управління».

Основними блоками схеми електричної принципової головного модуля «Блок управління» є:

- DM1 – Мікропроцесор Arduino Mega2560;
- DM2 – П'єзо випромінювач HCM1205X;
- DM3 – Модуль бездротового зв'язку nRF24L01+;
- DM4 – Bluetooth модуль, призначений для зв'язку мікропроцесорної плати із смартфоном на базі ОС Android;
- DM5 – Модуль реального часу DS1302, призначений для задання точного часу включення і виключення пристроїв, під'єднаних до двоканального реле;
- DM6 – Модуль реле1 (Relay1);
- DM7 – Модуль реле2 (Relay2);

- KM1 – Матрична клавіатура 4*4;
- DD1 – Модуль I2C на базі мікросхеми PCF8574;
- HG1 – Модуль LCD-дисплею, призначений для відображення текстової та цифрової інформації.

Схема електрична принципова головного модуля «Блок управління» зображена на рисунку 3.2.

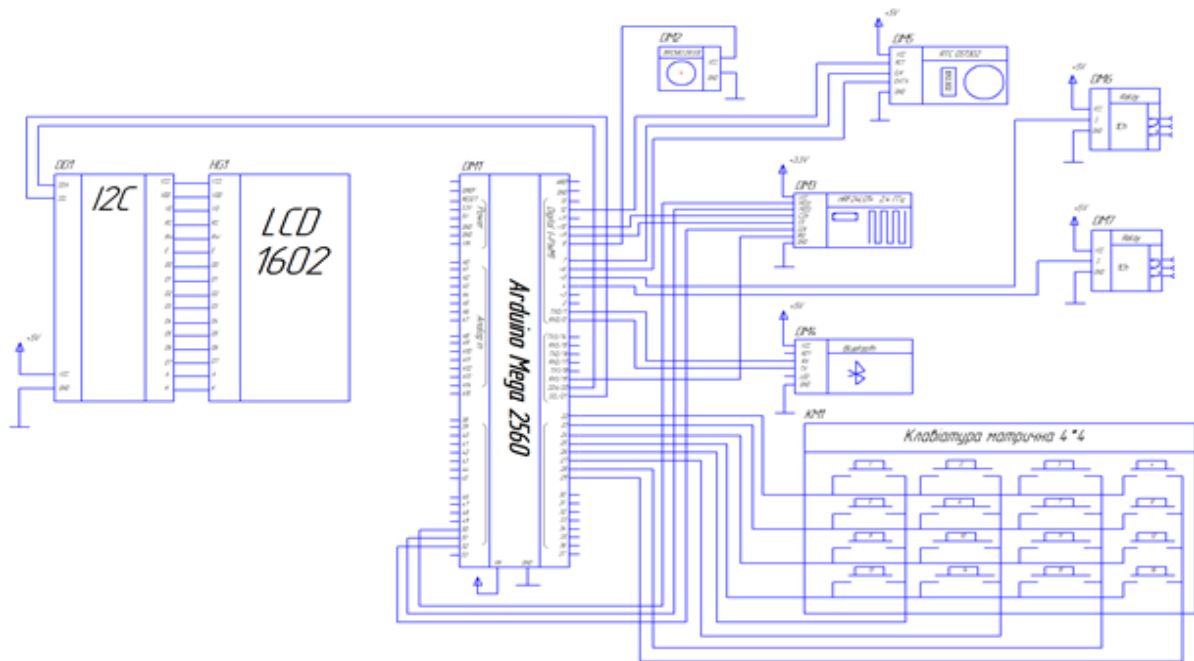


Рис. 3.2. Схема електрична принципова головного модуля «Блок управління»

3.1.4. Алгоритм роботи головного модуля системи розумний будинок. Запропонований алгоритм розроблений для реалізації тестової програми роботи методу адаптивної селекції КЗ для РБ. Основною задачею якого є встановлення зв'язування з інформаційними модулями та організація зв'язку та обміну інформацією методом адаптивної селекції КЗ для РБ, а також виводом отриманої інформації чи аварійних повідомлень на LCD-дисплей керуючого модуля «Блок управління».

Алгоритм роботи головного модуля «Блок управління» такий:

- 1) Підключення та ініціалізація бібліотек;
- 2) Оголошення змінних;
- 3) Ініціалізація портів вводу/виводу;

- 4) Ініціалізація зовнішніх модулів;
- 5) Сканування частотного діапазону;
- 6) Створення переліку вільних частот;
- 7) Встановлюємо базову частоту та прослуховуємо лінію;
- 8) Якщо є спроба з'єднання то йдемо далі, ні то переходим на пункт 11;
- 9) Встановлюємо з'єднання з новим модулем системи, отримуємо дані конфігурації (ІД-модуля та його адресу);
- 10) Передаємо перелік вільних частот та код базової частоти;
- 11) Прослуховуємо лінію на появу подій;
- 12) Відображаємо стан мережі на LCD-дисплей;
- 13) Відображаємо меню вибору дій користувача;
- 14) Опитуємо клавіатуру та опрацьовуємо введені команди;
- 15) Якщо введена команда то опрацьовуємо команду, якщо ні то йдемо далі;
- 16) Очікуємо встановлений час та переходимо до пункту 11.
- 17) Опитування модулів системи розумний дім, перевірка з'єднання;
- 18) Якщо спроба невдала, то відображаємо відповідне повідомлення на LCD-дисплей та повторяємо пункт 17 тричі, якщо спроба встановлення радіо-зв'язку вдала то йдемо далі;
- 19) Відправляється запит на отримання інформації від інформаційних модулів;
- 20) Отримуємо дані та відображення їх на LCD-дисплеї;
- 21) Якщо прийшло попереджувальне повідомлення, відображаємо дані показники на LCD-дисплей, якщо ні то йдемо далі;
- 22) Очікуємо встановлений час та переходимо до пункту 12.

3.1.5. Опис роботи програмного забезпечення головного модуля системи розумний будинок. Основні функції та їхні методи зображені на рисунках 3.3. – 3.10.

Лістинг програмного коду підключення бібліотек зображено на рисунку 3.3.

```
#include <Wire.h>
#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>      // LCD-дисплей
#include <Keypad.h>    // Клавіатура
#include <RTC.h> // Модуль реального часу
```

Рис. 3.3. Лістинг програми підключення бібліотек

Лістинг програмного коду оголошення виводів зображено на рисунку 3.4.

```
pinMode(led1Pin, OUTPUT);
pinMode(led2Pin, OUTPUT);
pinMode(BuzzPin, OUTPUT);
pinMode(RELAY1, OUTPUT);
pinMode(RELAY2, OUTPUT);
```

Рис. 3.4. Лістинг програми оголошення виводів

Лістинг програмного коду ініціалізації модуля реального часу показано на рисунку 3.5.

```
time.begin(RTC_DS1302, 8, 10, 9);
```

Рис. 3.5. Лістинг програми ініціалізація модуля часу

Лістинг програмного коду для точного виведення дати та часу на LCD-дисплей зображено на рисунку 3.6.

```
Serial.println(time.getTime("d-m-Y, H:i:s, D")); // виводимо час
  lcd.print(time.getTime("d-m-Y, H:i:s, D"));
  delay(2000);
  lcd.clear();
  Serial.println();
```

Рис. 3.6. Лістинг програми вивід даних на дисплей

Лістинг програмного коду налаштування радіомодуля nRF24L01+ зображено на рисунку 3.7.

```

#define CE_PIN    48
#define CSN_PIN   53
// ідентифікатор передачі "трубу", відрізняється молодшим байтом
// ПРИМІТКА: "LL" в кінці константи означає тип "LongLong"
const uint64_t pipe01 = 0xF0F1F2F3F4LL; //
const uint64_t pipe02 = 0xF0F1F2F3F1LL; //
const uint64_t pipe03 = 0xE8E8F0F0E1LL; //
RF24 radio(CE_PIN, CSN_PIN); // Створюємо радіо - ініціалізуємо CE,
CSN
    radio.begin(); // Ініціалізуємо включення радіомодуля
    delay(10);
    radio.setChannel(9); // канал (0-127)
        // швидкість, RF24_250KBPS, RF24_1MBPS або RF24_2MBPS
        // RF24_250KBPS на nRF24L01 (без +) не працює.
        // менша швидкість, вища чутливість передавача.
    radio.setDataRate(RF24_1MBPS);
        // потужність передавача RF24_PA_MIN=-18dBm, RF24_PA_LOW=-
12dBm, RF24_PA_MED=-6dBm,
    radio.setPALevel(RF24_PA_HIGH);
        // відкриваємо "труби" для різних модулів
    radio.openReadingPipe(1,pipe01); //
    radio.openReadingPipe(2,pipe02); //
    radio.openReadingPipe(2,pipe02); //
    // radio.openReadingPipe(0,pipe01); // або відкриваємо всі "труби"
разом
    radio.startListening(); // вмикаємо радіо-модуль на прослуховування
ефіру
    // radio.stopListening(); // зупиняємо прослуховування (потрібно
перед початком передачі)

```

Рис. 3.7. Лістинг програми налаштування радіомодуля nRF24L01

Лістинг програмного коду налаштування LCD-дисплея та виводу привітального тексту зображено на рисунку 3.8.

```

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2); // set the LCD address to 0x27
for a 16 chars and 2 line display
lcd.init();
lcd.init();
    // Print a message to the LCD.
    lcd.backlight();
    lcd.print("# Smart Home #"); // Привітання
    delay(1500);
    lcd.clear();

```

Рис. 3.8. Лістинг програми налаштування роботи дисплея

Лістинг програмного коду для здійснення передавання даних зображено на рисунку 3.9.

```
radio.stopListening(); // зупиняємо прослуховування
radio.openWritingPipe(1,pipe); //відкриваємо канал передачі
radio.write(&stan1, sizeof(stan1)); // відправляєм змінну та
вказуємо її розмір
radio.startListening(); // вмикаємо передавач на прослуховування
```

Рис. 3.9. Лістинг програми передачі даних

Лістинг програмного коду для виводу аварійного повідомлення зображено на рисунку 3.10.

```
if (data[1] == 1) {
    Serial.println("Warning = moving");
    Serial.println("Sensor = ");
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Warning = moving");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("Sensor = Moving ");
}
```

Рис. 3.10. Лістинг програми вивід аварійного повідомлення

Основний код до всієї системи РБ (головного та інформаційних модулів), а також усі змінні, константи, функції, методи та розрахункові формули для реалізації методу адаптивної селекції КЗ для РБ наведено в додатку Ж.

3.2. Опис системи розумний будинку з використанням методу адаптивної селекції каналів зв'язку

Система модулів «Розумний будинок» надаватиме користувачу інформаційні дані про стан навколишнього середовища (наприклад, температуру, вологість та рівень освітленості), а також дані «аварійних» станів, такі як присутність людини в приміщенні, наявність витoku газу та затоплення в зоні дії конкретного модуля.

3.2.1. Функціональні модулі системи розумний будинок. Розроблена система містить чотири безпроводні функціональні модулі, які взаємодіють між собою (див. рис. 3.11). А саме головний модуль системи – «Блок управління» («Home center») та три «інформаційні» модулі «Датчик руху» («Motion sensor»), «Датчик газу» («Smoke sensor»), «Датчик затоплення» («Flood sensor»).

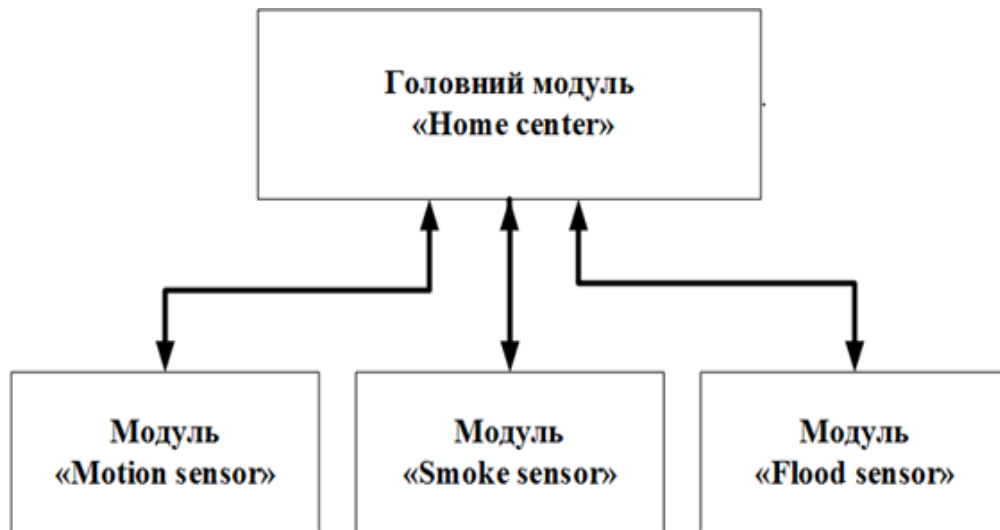


Рис. 3.11. Схема радіозв'язку між модулями системи РБ

Концепція РБ побудована на використанні радіозв'язку між усіма модулями системи. Цей зв'язок буде здійснюватися для передавання як керуючих команд, так і для отримання інформації від «інформаційних» модулів системи. Кожен модуль розглядається як окремий «об'єкт» системи із своїм ідентифікаційним номером.

В даній реалізації передбачається використання єдиного керуючого модуля «Блок управління» («Home center»), для управління чи отримання даних від інших модулів системи. А також реалізацію трьох інформаційних модулів модулі «Датчик руху» («Motion sensor»), «Датчик газу» («Smoke sensor»), «Датчик затоплення» («Flood sensor»), призначенням яких є збір інформації з датчиків і передавання цієї інформації по радіозв'язку та своєчасне реагування на перевищення встановлених рівнів на окремих датчиках (датчик руху, газу, затоплення, температури, вологості чи освітленості) відповідно до встановлених норм (див. рис. 3.12). Звичайно, що при

розробці основна увага приділяється головному модулю «Блок управління», так як в його функції входить:

- Встановлення з'єднання з периферійними модулями для отримання інформації або передавання команд управління;
- Візуальне відображення стану системи та режиму її роботи на інформаційному дисплеї пристрою;
- Керувати побутовими приладами за допомогою модуля реле;
- Підтримка управління головним модулем через інтерфейс клавіатури, безпосередньо на пристрої системи.

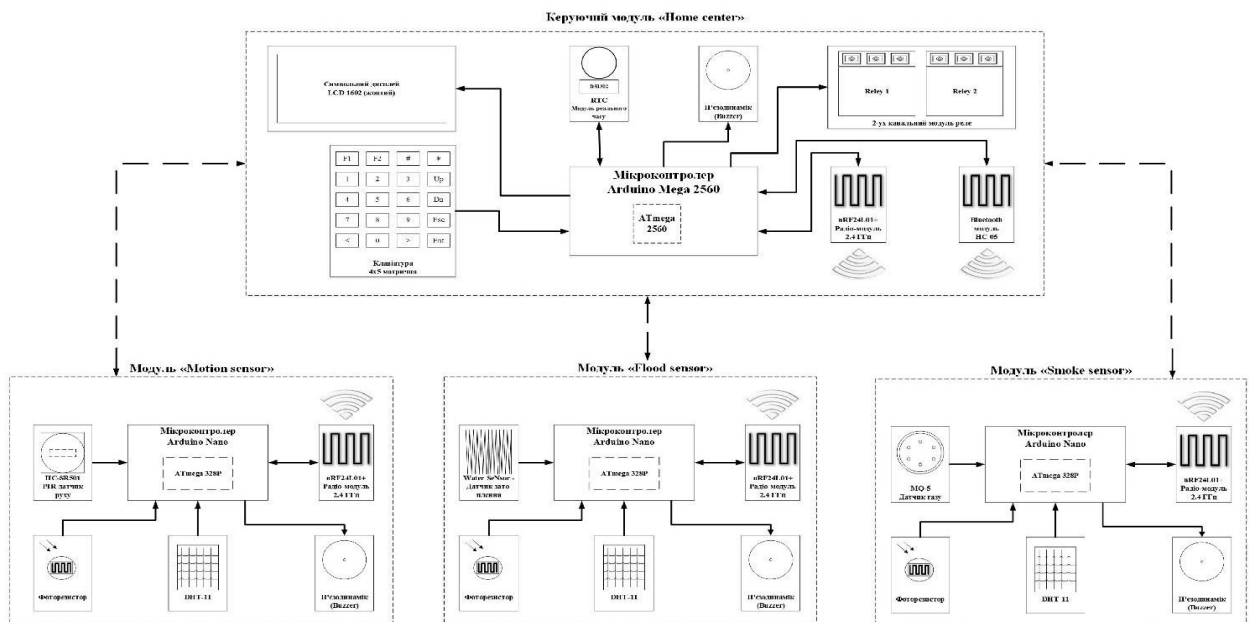


Рис. 3.12. Структурна схема основних модулів системи РБ

Конструктивне виконання периферійних модулів повинно бути максимально спрощеним, вони повинні займати мінімальні розміри та споживати мінімум електроенергії, і виконувати лише ті функції, які покладено на них головним модулем керування, відповідно до вибраного режиму роботи (див. рис. 3.13. – 3.15.).

Інформаційні модулі повинні підтримувати такі функції:

- Встановлення з'єднання з головним модулем «Блок управління»;
- Зчитування показників з інформаційних датчиків модуля;

- Здійснювати перевірку встановленим рівням параметрів давачів;
- Обробляти інформацію, отриману по радіозв'язку від головного модуля;
- Відправляти дані, відповідно до запиту головного модуля системи, про стан кожного датчика за допомогою радіозв'язку;
- Відправляти «аварійне» повідомлення на головний модуль, якщо допустимий рівень значення показника датчика перевищує норму.

На рисунку 3.13 показано структурна схема модуля «Датчик руху».

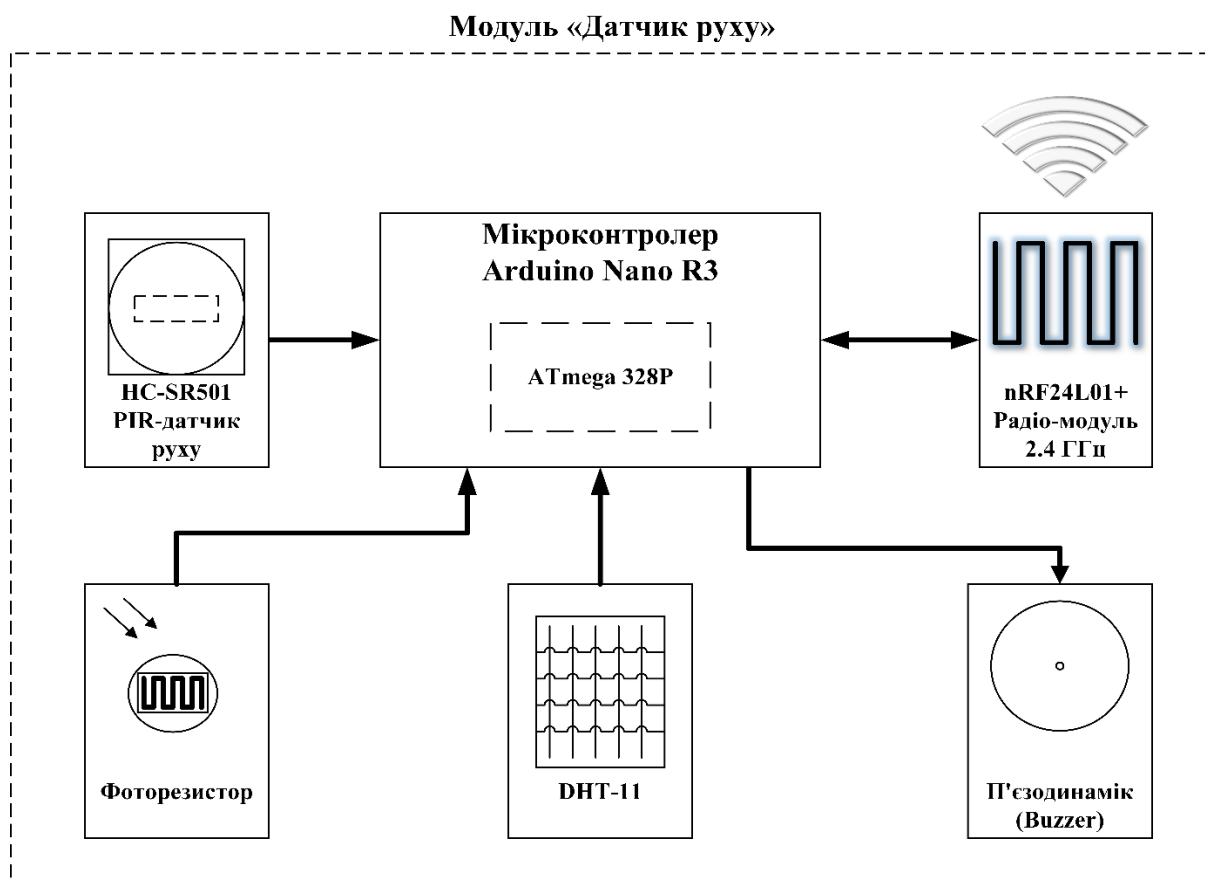


Рис. 3.13. Структурна схема модуля «Датчик руху»

До складу інформаційного модуля «Датчик руху» входить:

- Мікропроцесор Arduino Nano, призначений для управління роботою модуля «Датчик руху»;
- Модуль бездротового зв'язку nRF24L01+, призначений для побудови радіомережі на частоті 2,4ГГц;

- П'єзо випромінювач HCM1205X, призначений для реалізації звукового сповіщення;
- Датчик руху (PIR), призначений для виявлення переміщення людини в приміщенні;
- Датчик освітленості (фоторезистор), призначений для вимірювання рівня освітленості в приміщенні;
- Датчик вологості та температури (DHT-11), призначений для вимірювання вологості та температури в приміщенні.

На рисунку 3.14 показано структурну схему модуля «Датчик газу».

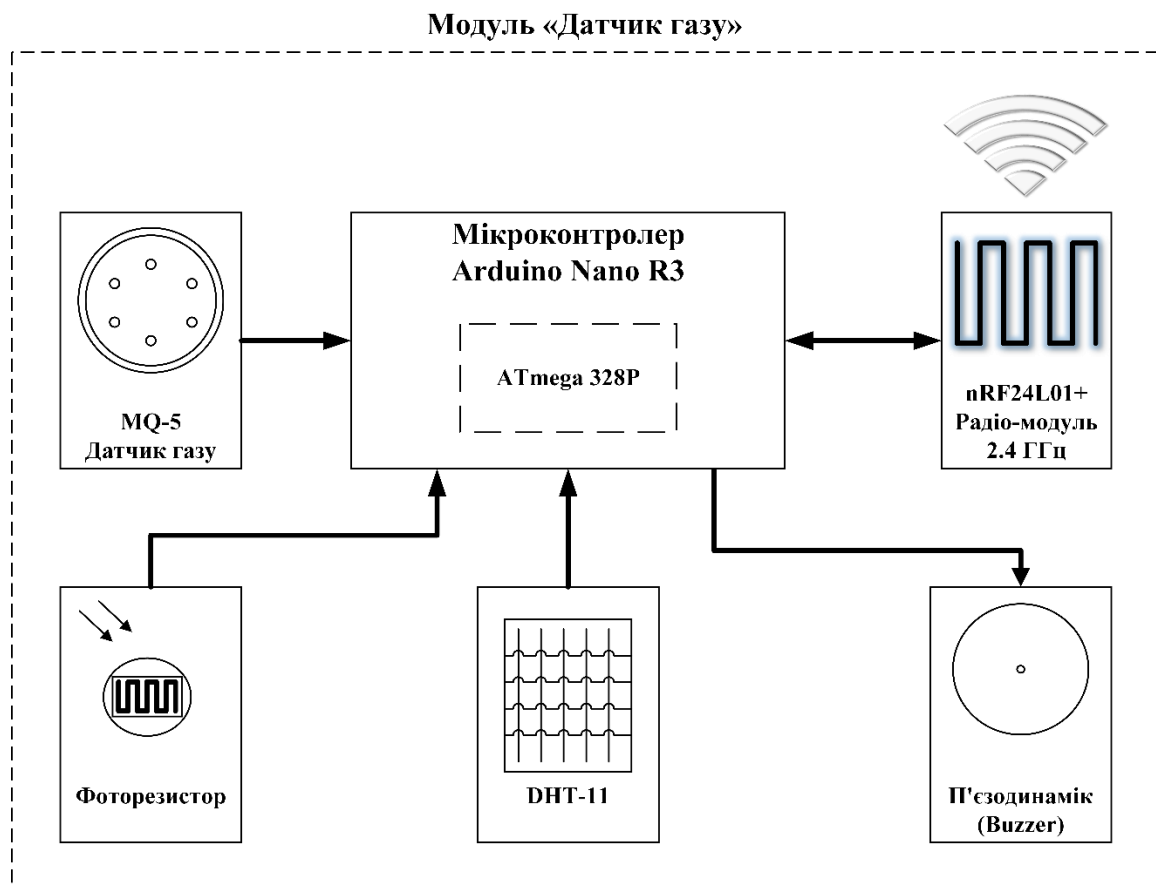


Рис. 3.14. Структурна схема модуля «Датчик газу»

До складу інформаційного модуля «Датчик газу» входить:

- Мікропроцесор Arduino Nano, призначений для управління роботою модуля «Датчик руху»;

- Модуль бездротового зв'язку nRF24L01+, призначений для побудови радіомережі на частоті 2,4ГГц;
- П'єзо випромінювач HCM1205X, призначений для реалізації звукового сповіщення;
- Датчик газу (MQ-5), призначений для вимірювання рівня природного газу, пропану, коксового газу, алкогольного пару і диму;
- Датчик освітленості (фоторезистор), призначений для вимірювання рівня освітленості в приміщенні;
- Датчик вологості та температури (DHT-11), призначений для вимірювання вологості та температури в приміщенні.

Рисунок 3.15. містить структурну схему модуля «Датчик затоплення».

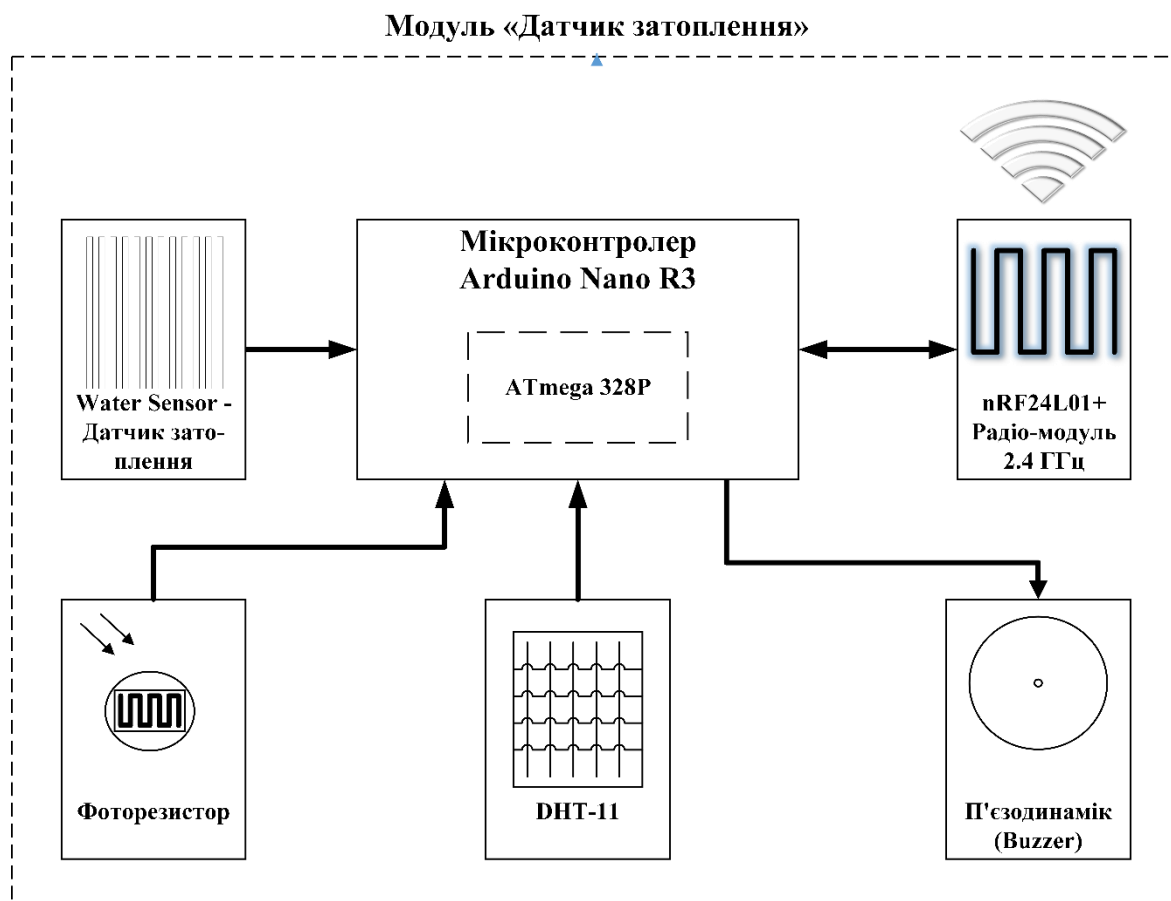


Рис. 3.15. Структурна схема модуля «Датчик затоплення»

До складу інформаційного модуля «Датчик затоплення» входить:

- Мікропроцесор Arduino Nano, призначений для управління роботою модуля «Датчик руху»;
- Модуль бездротового зв'язку nRF24L01+, призначений для побудови радіо мережі на частоті 2,4ГГц;
- П'єзо випромінювач HCM1205X, призначений для реалізації звукового сповіщення;
- Датчик затоплення (Water sensor), призначений для виявлення протічки води в переміщені;
- Датчик освітленості (фоторезистор), призначений для вимірювання рівня освітленості в приміщенні;
- Датчик вологості та температури (DHT-11), призначений для вимірювання вологості та температури в приміщенні.

Структурні схеми основних модулів системи РБ представленні в додатку Б.

3.2.2. Схема електрична принципова модулів системи розумний будинок. Опис принципу роботи модулів системи розумний будинок, побудований з використанням адаптивної селекції каналів зв'язку. Розроблена система РБ складається з таких периферійних модулів: «Датчик руху» («Motion sensor»), «Датчик газу» («Smoke sensor»), «Датчик затоплення» («Flood sensor»). Їх схеми розроблені на основі зв'язку мікропроцесора і радіомодуля та мають взаємозаміну модульну структуру. Це означає, що основною відмінністю між ними є лише використовуваний основний давач, від якого і походить назва модулів системи, а периферійна складова - спільна для всіх схем.

Схема електрична принципова призначена для відображення детальної структури даних пристроїв, а також основних блоків, вузлів, частин із вказанням зв'язків між ними. З такої схеми має бути зрозуміло використання вказаних блоків і принцип їх роботи на основних режимах, їх підключення і взаємодія складових частин. Схема електрична принципова модуля «Датчик руху» зображена на рисунку 3.16. Основні схеми електричні принципові модулів системи РБ представленні в додатку В даної дипломної роботи.

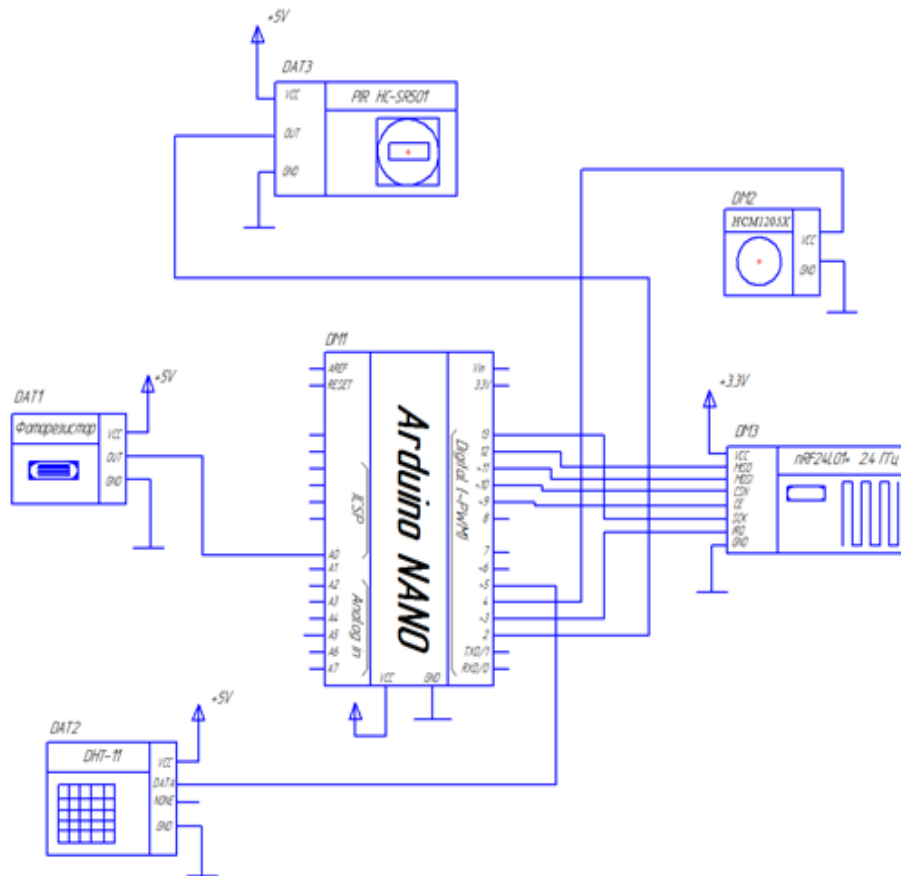


Рис. 3.16. Схема електрична принципова схема модуля «Датчик руху»

Основні блоки електричної принципової схеми модуля «Датчик руху»:

- DM1 – Мікропроцесор Arduino Nano, призначений для управління роботою модуля «Датчик руху»;
- DM2 – П'єзо випромінювач HCM1205X, призначений для реалізації звукового сповіщення;
- DM3 – Модуль бездротового зв'язку nRF24L01+, призначений для побудови радіо мережі на частоті 2,4 ГГц;
- DAT1 – Датчик освітленості (фоторезистор), призначений для вимірювання рівня освітленості в приміщенні;
- DAT2 – Датчик вологості та температури (DHT-11), призначений для вимірювання вологості та температури в приміщенні;
- DAT3 – Датчик руху (PIR), призначений для виявлення переміщення людини в приміщенні.

Схема електрична принципова модуля «Датчик газу» зображена на рис. 3.17.

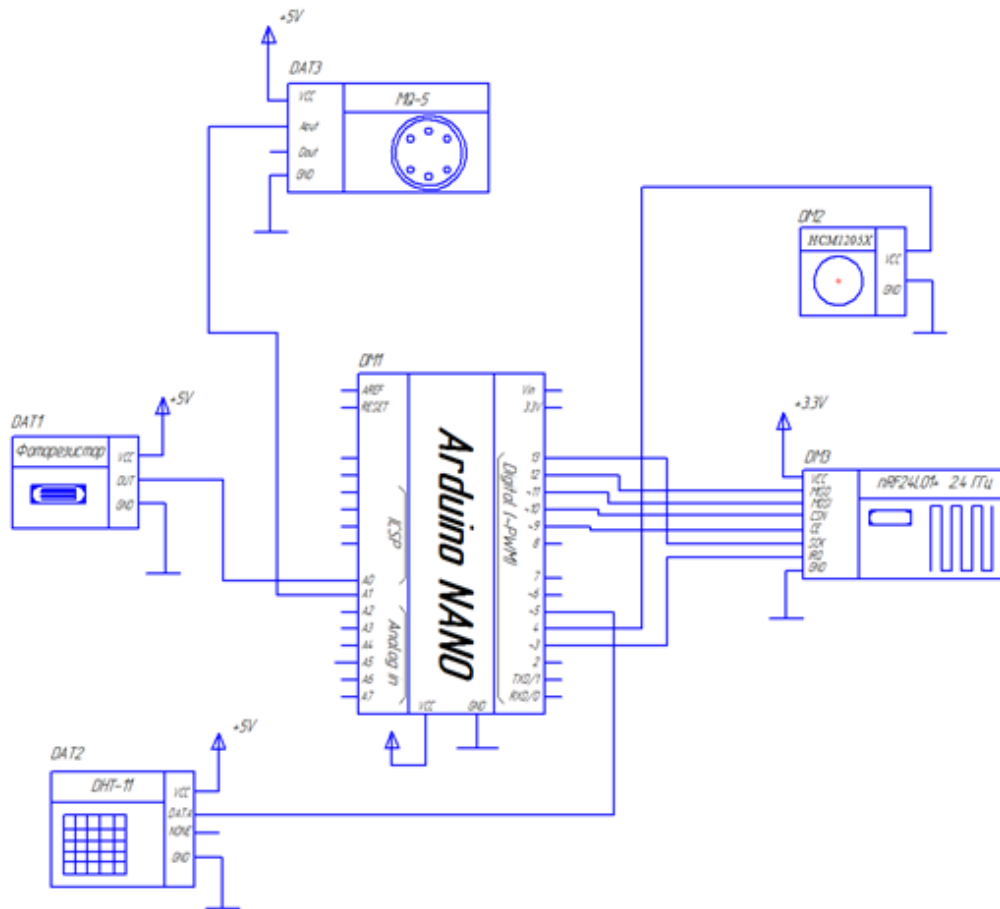


Рис. 3.17. Схема електрична принципова модуля «Датчик газу»

Основні блоки електричної принципової схеми модуля «Датчик газу»:

- DM1 – Мікропроцесор Arduino Nano, призначений для управління роботою модуля «Датчик руху»;
- DM2 – П'єзо випромінювач HCM1205X, призначений для реалізації звукового сповіщення;
- DM3 – Модуль бездротового зв'язку nRF24L01+, призначений для побудови радіо мережі на частоті 2,4 ГГц;
- DAT1 – Датчик освітленості (фоторезистор), призначений для вимірювання рівня освітленості в приміщенні;
- DAT2 – Датчик вологості та температури (DHT-11), призначений для вимірювання вологості та температури в приміщенні;

– DAT3 – Датчик газа (MQ-5), призначений для вимірювання рівня природного газу, пропану, ізобутані, коксового газу, алкогольного пару і диму.

Схема електрична принципова модуля «Датчик затоплення» зображена на рис. 3.18.

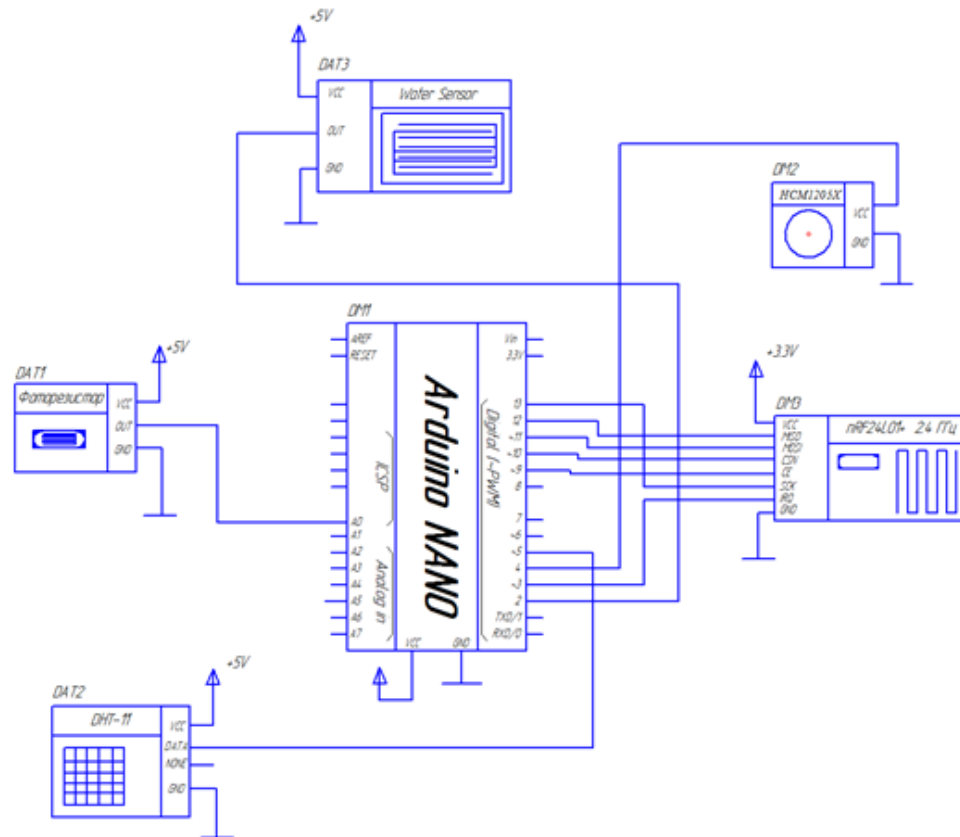


Рис. 3.18. Схема електрична принципова модуля «Датчик затоплення»

Основні блоки електричної принципової схеми модуля «Датчик затоплення»:

- DM1 – Мікропроцесор Arduino Nano, призначений для управління роботою модуля «Датчик руху»;
- DM2 – П'єзо випромінювач HCM1205X, призначений для реалізації звукового сповіщення;
- DM3 – Модуль бездротового зв'язку nRF24L01 +, призначений для побудови радіо мережі на частоті 2,4 ГГц;
- DAT1 – Датчик освітленості (фоторезистор), призначений для вимірювання рівня освітленості в приміщенні;

- DAT2 – Датчик вологості та температури (DHT-11), призначений для вимірювання вологості та температури в приміщенні;
- DAT3 – Датчик затоплення (Water sensor), призначений для виявлення протічки води в приміщенні.

3.2.3. Алгоритм роботи інформаційних модулів системи розумний будинок. Послідовний опис дій виконання алгоритму роботи інформаційних модулів «Датчик руху» («Motion sensor»), «Датчик газу» («Smoke sensor»), «Датчик затоплення» («Flood sensor»):

- 1) Підключення та ініціалізація бібліотек;
- 2) Оголошення змінних;
- 3) Виконання функції сканування частотного діапазону;
- 4) Ініціалізація зовнішніх модулів;
- 5) Спроба встановлення радіо-зв'язку із головним модулем;
- 6) Якщо спроба вдала то йдемо далі, якщо ні прослуховуємо лінію, чекаємо деякий час та спробуємо ще раз.
- 7) Передача конфігураційних даних (ІД-модуля та адреси);
- 8) Отримання переліку вільних частот та базову частоту;
- 9) Виконання функції стрибкоподібної зміни частоти передавання даних;
- 10) Зчитування даних з інформаційних датчиків;
- 11) Перевірка даних на встановлений критичний рівень показників конкретних датчиків;
- 12) Якщо дані перевищують встановлену норму показників датчика, то відбувається відправлення попереджувального повідомлення до головного модуля;
- 13) Прослуховуємо лінію радіо-зв'язку;
- 14) Якщо прийшла команда запиту на передачу, то передаємо отримані дані на головний модуль, якщо ні то йдемо далі;
- 15) Очікуємо встановлений час та переходимо до пункту 10.

Блок-схема алгоритму роботи програми головного модуля системи РБ «Блок управління» представлена в додатку Е.

3.3. Тестування методу адаптивної селекції каналів зв'язку для розумного будинку

Під час розробки методу адаптивної селекції каналів зв'язку для розумного будинку було написано ретельний план досліджень та тестувань. Для тестування функції сканера частот було написано тестове програмне забезпечення, завданням якого є візуалізація отриманого результату, а також можливість експортування та перевірки даних.

Тестування запропонованого методу адаптивної селекції КЗ для РБ було проведено в чотирьох місцях найбільшої скупченості людей та технічних пристроїв і, які працюють на вибраному діапазоні частот в м. Тернополі.

3.3.1. Експериментальні дослідження функції сканування частот. Процес тестування функції «сканер частот» було проведено на трьох незалежних пристроях з різною модифікацією антени на 2,4ГГц та в чотирьох місцях найбільшої скупченості людей та технічних пристроїв в м. Тернополі. Сканування було здійснено в таких часових рамках: діапазон частот сканувався протягом 15 хв. 5 разів (з інтервалом 3 год. кожен), а саме в 9.00 год., 12.00год., 15.00год., 18.00год. та 21.00 год. за Київським часом, впродовж чотирьох днів, при чому, кожного дня - за іншою адресою. В результаті тестування отримано чотири таблиці вільних частот відповідно до місць сканувань та сформований перелік пріоритетних частот (див. Додаток Г).

Місця тестування та їх адреси:

- 1) «ТНТУ ім. І. Пулюя корпус №1» – вул. Руська, 56, Тернопіль, Тернопільська область, Україна.
- 2) «Театральний майдан» – бульвар Тараса Шевченка, 22, Тернопіль, Тернопільська область, Україна.
- 3) «ТРЦ «Подолляни»» – вул. Текстильна, 28ч, Тернопіль, Тернопільська область, Україна.
- 4) «ТЦ «Орнава»» – вул. Анатолія Живова, 15А, Тернопіль, Тернопільська область, Україна.

Дати тестування з 07.10.2019 р. по 10.10.2019 р.

Вхідними даними для процесу сканування є результати виявлення точок Wi-Fi мереж та займані ними канали відповідно. Ці дані, отримані, використовуючи додаток на смартфоні Wi-Fi Analyzer, який дозволяє виявити та відобразити усі наявні точки Wi-Fi мереж відповідно до займаної ними каналу зв'язку, а також перелік даних мереж із даними по рівню сигналу та несучою частотою.

Результати використання даної програми в «ТРЦ «Подільняни»» (вул. Текстильна 28ч, м. Тернопіль, Тернопільська обл., Україна), де спостерігається досить велике скупчення Wi-Fi точок - близько тридцяти в місці сканування та найоптимальніше розповсюдження цих точок по частотному діапазоні 2,4ГГц, як показано на рисунку 3.19.

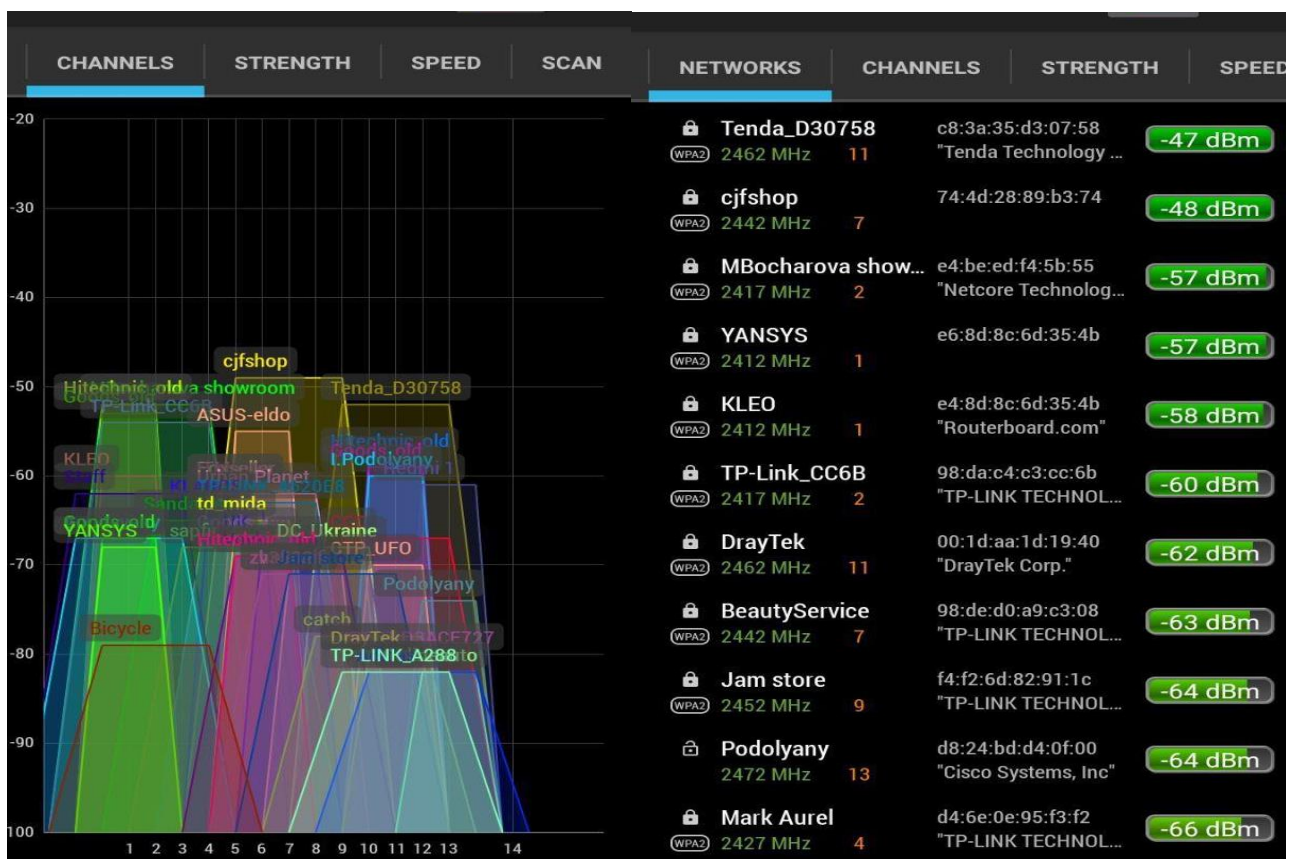


Рис. 3.19. Wi-Fi Analyzer графік візуального відображення займаних каналів точками Wi-Fi мережі та їх перелік

Як видно з рисунку 3.20, процес сканування відбувався в кілька етапів. Весь частотний діапазон 2,4ГГц розділений на 128 вузькосмугових каналів із шириною смуги в 1 МГц. Ці канали сканувались по чергово впродовж 75 мікросекунд кожен із 128 каналів, в результаті - загальний час в 10 секунд на сканування всього діапазону. Для отримання точнішого результату цей метод було повторено близько 100 разів, тобто маємо сто неперервних сканувань в одній точці, що зайняло близько 15 хв. Тестування було повторено 5 разів о 9.00год., 12.00год., 15.00год., 18.00год. та 21.00год. Отримані дані представлені у вигляді матриці, до якої застосовується математичний вираз визначення середньої величини по частоті за весь період сканувань. Ці дані оформленні в таблицю результати сканувань та наведені в Додатку Д. Частину основної таблиці результатів сканувань в точці за адресою «ТНТУ ім. І. Пулюя корпус №1» наведені в табл. 3.4.

Таблиця 3.4

Результати сканування в «ТНТУ ім. І. Пулюя корпус №1»

Номер каналу	Рівень шуму	Номер каналу	Рівень шуму	Номер каналу	Рівень шуму	Номер каналу	Рівень шуму	Номер каналу	Рівень шуму
1	0,00	26	0,00	51	0,00	76	0,02	101	0,00
2	0,00	27	0,02	52	0,00	77	0,02	102	0,00
3	0,02	28	0,00	53	0,02	78	0,02	103	0,00
4	0,00	29	0,02	54	0,02	79	0,00	104	0,00
5	0,00	30	0,00	55	0,02	80	1,14	105	0,00
6	0,02	31	0,02	56	0,05	81	0,00	106	0,00
7	0,00	32	0,02	57	0,02	82	0,00	107	0,00
8	0,00	33	0,73	58	0,00	83	0,00	108	0,02
9	0,00	34	4,95	59	0,52	84	0,00	109	0,00
10	0,02	35	4,34	60	0,77	85	0,00	110	0,00

За результатами проведених тестувань було складено порівняльний графік скану частот діапазону 2,4ГГц (див. рис.3.21). Графік відображає стан частотного сканування в приміщенні ТНТУ ім. І. Пулюя корпус №1, де на осі X – представлено частотний діапазон 2,4ГГц, а на осі Y – Рівень сигналу. Графіки інших місць, де проводилось тестування системи - наведені в додатку Д.

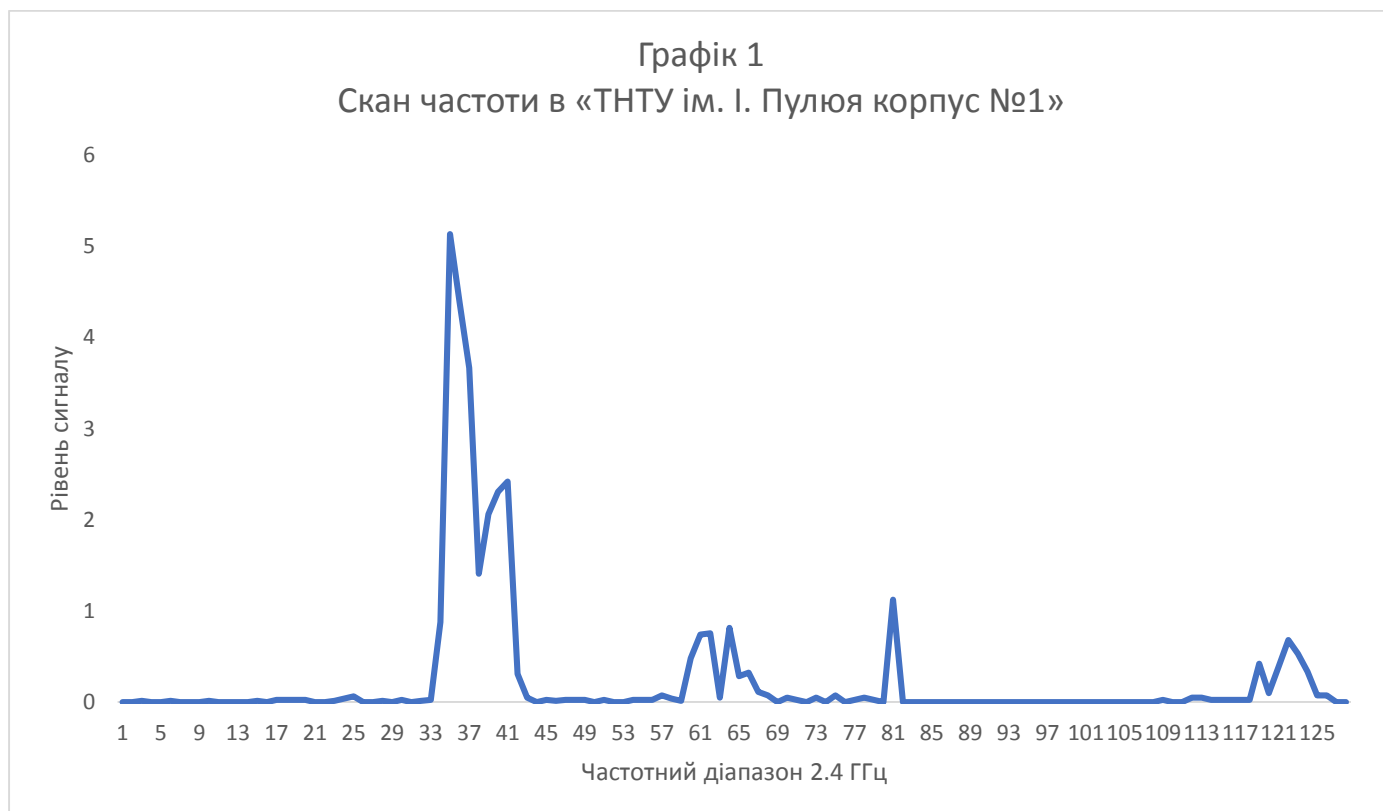


Рис. 3.21. Скан частотного діапазону в «ТНТУ ім. І. Пулюя корпус №1»

З метою наочної демонстрації працездатності та ефективної роботи методу адаптивної селекції каналів зв'язку проведемо порівняння широкосмуговий та вузькосмуговий методу поширення сигналу. Для більшої наочності представлених досліджень продемонструємо результат сканування ЧД в приміщенні «ТРЦ «Подoliaни»», на якому зображено сканування широкосмугового діапазону Wi-Fi мереж (рис. 3.22) та сканування вузькосмугового діапазону частот 2,4ГГц (рис. 2.23).



Рис. 3.22. Скан частотного вузькосмугового діапазону 2,4ГГц в «ТРЦ Подоляни»

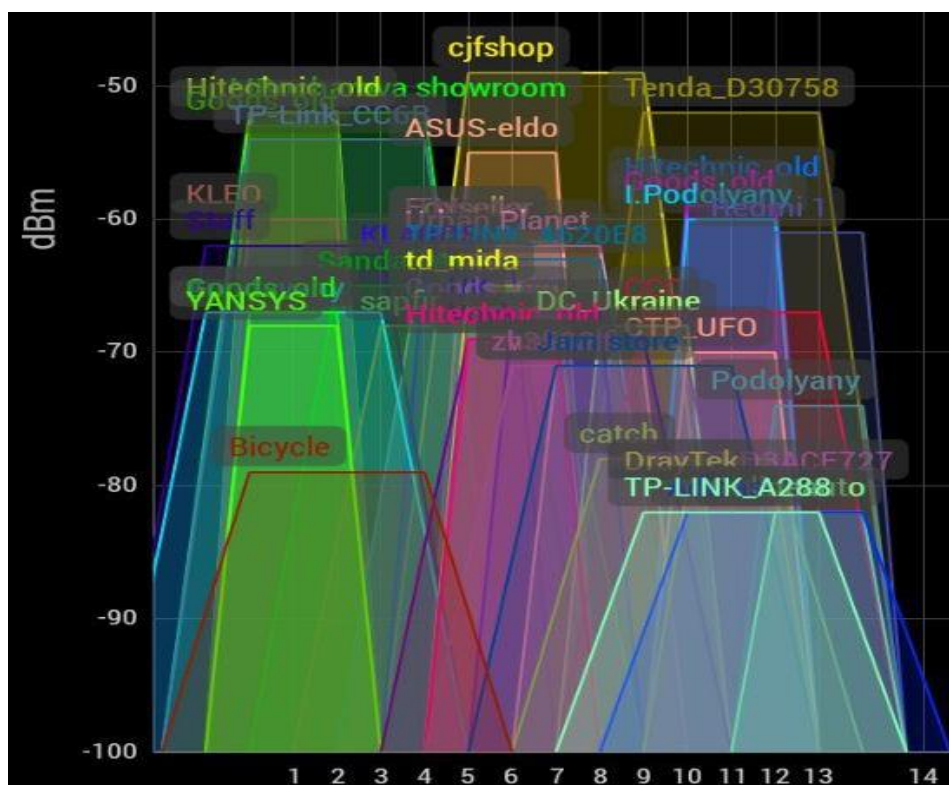


Рис. 3.23. Скан частотного широкосмугового діапазону Wi-Fi мереж в «ТРЦ Подоляни»

З наведених даних, можна зробити висновок, що поширення сигналу з використанням різних методів передавання даних, таких як широкопasmовий та вузькопasmовий сигнал, при правильному підході та організації мережі не впливає один на одного. Даний висновок виведений по результатах досліджень та спостережень за даними сканувань радіоефіру в найбільш людній та технологічній точці міста Тернопіль в «ТРЦ Подоляни». Як видно з двох графіків, не зважаючи на те, що на першому графіку спостерігається висока щільність Wi-Fi сигналів та мереж, проте на другому графіку - цієї картини не спостерігається причому частоти від 80 до 128 каналів майже вільні.

3.3.2. Експериментальні дослідження функції стрибкоподібної зміни частоти передавання даних.. Ця функція тестувалась способом втрати пакетів інформації. Для тестування було написано тестове програмне забезпечення (ПЗ), яке виконувало передавання даних неперервно від інформаційного модуля системи до головного модуля «Блок управління» системи РБ. Також основною задачею цього тесту було визначення кількості помилкових спроб передавання даних. Цей механізм обраховувався та виводився на LCD-дисплей головного модуля в процентному співвідношенні відповідно до обсягу всіх спроб передавання даних.

Процедура тестування складалася з встановлення з'єднання з інформаційним модулем та подальшим неперервним прийомом нових пакетів інформації головним модулем системи. Тривалість тестування - 15хв. та проводилася 5 разів: о 9:00год., 12:00год., 15:00год., 18:00год., 21:00год. (з інтервалом 3 год.), впродовж чотирьох днів (з 07.10.2019 р. по 10.10.2019 р.) в різних місцях м. Тернополя: «ТНТУ ім. І. Пулюя корпус №1», «Театральний майдан», «ТРЦ «Подоляни»», «ТЦ «Орнава»».

В результаті тестування було отримано співвідношення відсотку втрачених пакетів даних до загального обсягу переданих. На всіх місцях проведення тестування загальний відсоток втрат не перевищував 5%, а середньоарифметичний показник склав 4,36% втрачених даних. Що підтверджує працездатність даної функції та методу адаптивної селекції КЗ для РБ. Результати досліджень методу адаптивної селекції каналів зв'язку для розумного будинку представлені в додатку Д.

3.4. Висновки до розділу 3

На основі проведеного аналізу методів та засобів передавання даних в системі «Розумний будинок» запропоновано апаратно-програмну реалізацію методу адаптивної селекції каналів зв'язку для розумного будинку.

Здійснено вибір апаратної платформи для реалізації запропонованого методу, а також розроблено структурну та електричну принципову схему керуючого блоку розумного будинку, яка дозволяє здійснити адаптивну селекцію каналів зв'язку для розумного будинку. На базі запропонованого методу розроблено алгоритм роботи головного модуля системи розумний будинок та на його основі розроблено програмне забезпечення.

Описано загальну структуру системи «Розумний будинок» з використанням методу адаптивної селекції каналів зв'язку та її функціональні модулі, а також розроблено дослідний макет системи.

Проведено тестування методу адаптивної селекції каналів зв'язку для розумного будинку в чотирьох місцях м. Тернополя, де найбільше скупчення людей та технічних пристроїв, які працюють в діапазоні частот 2,4 ГГц, а саме: «ТНТУ ім. І. Пулюя корпус №1», «Театральний майдан», «ТРЦ «Подільняни»», «ТЦ «Орнава»», тривалістю тестування - 15хв. з інтервалом 3 год., в період з 07.10.2019р. по 10.10.2019р.

По результатам написання третього розділу дипломної роботи магістра можна сказати, що було успішно доведено на практиці та експериментальних дослідженнях ефективність та працездатність запропонованого методу адаптивної селекції каналів зв'язку для розумного будинку. Результати тестування двох функцій: функції сканування частот та функції стрибкоподібні зміни частоти передачі даних показали доволі позитивні результати, чим довели актуальність та ефективність даної роботи.

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 дослідження методів та засобів адаптивної селекції каналів зв'язку для розумного будинку. Як відомо, розробка надійної і ефективної інформаційної 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 інформаційної системи можна поділити на такі етапи:

- 1) постановка задачі;
- 2) збір потрібної інформації і наступне її опрацювання;
- 3) прийняття рішень щодо вибору оптимального шляху розв'язання поставленої задачі;
- 4) аналіз математичної моделі інформаційної системи;
- 5) розробка алгоритму програми інформаційної системи;
- 6) налаштування середовища розробки і роботи вже готової програми;
- 7) написання програми;
- 8) написання і оформлення документації (електронної і паперової).

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:

$$T_{вс} = (t_{min} + 4t_{н.й} + t_{max}) / 6,$$

- при двох оцінках:

$$T_{вс} = (3t_{min} + 2t_{max}) / 5,$$

де $T_{вс}$ - 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 табл. 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	Постановка задачі	3	10
2	Збір потрібної інформації і наступне її опрацювання	10	5
3	Прийняття рішень щодо вибору оптимального шляху розв'язання поставленої задачі	10	5

№ з/п	Етап	Середній час виконання етапу, год	
		Інженер	Керівник
4	Аналіз математичної моделі інформаційної системи	15	12
5	Розробка алгоритму програми інформаційної системи	20	10
6	Налаштування середовища розробки і роботи вже готової програми	5	3
7	Написання програми	80	10
8	Написання і оформлення документації (електронної і паперової)	30	20
Разом		160	60

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 розуміти що у 2019 році з 365 днів робочих припадає 250 дні в році, згідно даним міністерства соціальної політики України, розділивши цю кількість дні на 12 місяців в році знайдемо $250 / 12 = 21$ день середня кількість робочих днів в середньостатистичному місяці 2019 року. Відповідно до таблиці «Норми тривалості робочого часу на 2019 рік» при 40 годинному робочому тижні та 21 робочому дні в місяці норма в годинах відповідає 168 год./міс [30].

Розмір місячних окладів керівника та інженерів слід приймати згідно існуючих на даний час норм. Основна заробітна плата розраховується за формулою:

$$Z_{осн} = T_c \times K_z,$$

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 2019 році посадові оклади (тарифні ставки) розраховуються згідно з Законом України «Про Державний бюджет України на 2019 рік».

Мінімальна зарплата в 2019 р. прирівняна до прожиткового мінімуму для працездатних осіб 4173 гривень, в погодинному розмірі – 24,84 гривень, прийmemo 50 грн. для інженера, для керівника — 80 грн. Тарифні ставки: керівник проекту – 80,0 грн./год., інженер – 50,0 грн./год. Основна заробітна плата становитиме:

$$Z_{осн} = T_{осн} \times K_{год}.$$

– Керівник проекту:

$$Z_{осн} = 80 \times 60 = 4800 \text{ грн.}$$

– Інженер:

$$Z_{осн} = 50 \times 160 = 8000 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата становить 10–15 % від суми основної заробітної плати і визначається за формулою:

$$Z_{дод} = Z_{осн} \times K_{дод},$$

– Керівник проекту:

$$Z_{дод} = 4800 \times 0.1 = 480 \text{ грн.}$$

– Інженер:

$$Z_{дод} = 8000 \times 0.1 = 800 \text{ грн. ,}$$

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

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

$$V_{оп} = Z_{осн} + Z_{дод},$$

– Керівник проекту:

$$V_{оп} = 4800 + 480 = 5280 \text{ грн.}$$

– Інженер:

$$B_{\text{ОП}} = 8000 + 800 = 8800 \text{ грн.}$$

Таким чином загальна сума становить 14080 грн. Крім того, слід визначити відрахування на соціальні заходи:

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

У сумі зазначені відрахування становлять 41,5%.

Отже, загальна сума відрахувань на соціальні заходи розраховується за формулою і становитиме:

$$B_{\text{с.з.}} = \text{ФОП} \times 0,415$$

$$B_{\text{с.з.}} = 14080 \times 0,415 = 5843,20 \text{ грн.},$$

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. 6=3+4+5
		Тарифна ставка, грн.	К-сть відпрацьов. год.	Фактично нарах. з/пл., грн.			
1	2	3	4	5	6	7	8
А	Б	1	2	3	4	5	6
1.	Керівник проекту	80	60	4800	480	2191,20	7471,20
2.	Інженер	50	160	8000	800	3652	12452
Разом				12800	1280	5843,20	19923,20

4.3. Розрахунок витрат на електроенергію

Затрати на електроенергію 1-ці обладнання визначаються за формулою:

$$Z_e = W \times T \times S,$$

де W – необхідна потужність, кВт;

T – кількість годин роботи обладнання;

S – вартість кіловат-години електроенергії.

З 01 березня 2017 року вводяться в дію нові тарифи на електричну енергію, що відпускається населенню, згідно з Постановою Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг від 26.02.2015 року за №220 (zareєстровано в Міністерстві юстиції України 02.03.2015 за №235/26680).

Тарифи на електроенергію, що відпускається населенню, з 01 березня 2017 року населенню (у тому числі яке проживає в житлових будинках, обладнаних кухонними електроплитами) за обсяг, спожитий до 100 кВт·год електроенергії на місяць (включно) 90 копійках, за 1 кВт·год, а за обсяг, спожитий понад 100 кВт·год електроенергії на місяць 168 коп. / кВт. год.

Потужність комп'ютера – 300 Вт з підключеним маршрутизатором, кількість годин роботи обладнання згідно таблиці 4.1 – 220 годин:

$$Z_e = 0,3 \times 220 \times 0,9 = 59,40 \text{ грн.}$$

4.4. Розрахунок витрат на матеріали

Результати розрахунку затрат на матеріали зводяться в табл. 4.3.

Таблиця 4.3

Визначення величини затрат на матеріали

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	Штук	8	10	80	-	80
Коректор	Штук	1	20	20	-	20
Друк паперу	Штук	120	1	120	-	120
Друк ватману	Штук	8	40	320	-	320
Олівець	Штук	1	10	10	-	10
Ручка кулькова (чорна)	Штук	2	20	40	-	40
Файлик	Штук	10	1	10	-	10
Разом						700

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:

$$A = \frac{B_6 \cdot H_A}{100} ,$$

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

B_6 – балансова вартість комп'ютера, на початок звітного періоду, грн..

H_A – норма амортизації, %.

$$A = \frac{20000 \cdot 15\%}{100\%} = 3000$$

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 та розраховуються за формулою:

$$H_B = B_{O.P.} \times 0.2,$$

$$H_B = 14080 \times 0,2 = 2816 \text{ грн.}$$

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:

$$C_B = B_{o.n.} + B_{c.z.} + Z_{m.v.} + Z_e + T_v + A + H_B ,$$

$$C_6 = 14080 + 5843,20 + 59,40 + 700 + 3000 + 2816 = 26498,60 \text{ грн.}$$

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)	14080	53,14
Відрахування на соціальні заходи	5843,20	22,05
Матеріальні витрати	700	2,64
Витрати на електроенергію	59,40	0,22
Амортизаційні відрахування	3000	11,32
Накладні витрати	2816	10,63
Собівартість	26498,60	100

4.8. Розрахунок ціни НДР

Ціну НДР можна визначити за формулою:

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

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

K – кількість замовлень, од. (встановлюється лише при розробці програмного продукту та мікропроцесорних систем);

$B_{н.і.}$ – вартість носія інформації, грн. (встановлюється лише при розробці програмного продукту);

ПДВ – ставка податку на додану вартість, (20 %).

Оскільки розробка є прикладною, і використовуватиметься тільки для одного підприємства, то для розрахунку ціни не потрібно вказувати коефіцієнти K та $B_{н.і.}$, оскільки їх в даному випадку не потрібно.

Тоді, формула для обчислення ціни розробки буде мати вигляд:

$$C = C_B \cdot (1 + P_{рен}) \cdot (1 + ПДВ)$$

$$C = 26498,60 \cdot (1 + 0,3) \cdot (1 + 0,2) = 41337,82 \text{ грн.}$$

Таким чином ціна рівна 41337,82 грн. Визначимо величину прибутку за формулою:

$$П = C - C_B,$$

Згідно даної формули отримаємо 14839,22 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, що представлено формулою:

$$E_p = П / C_B,$$

де $П$ – прибуток;

C_B – собівартість.

$$E_p = 14839,22 / 26469,60 = 0,56.$$

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

$$T_p = 1 / E_p,$$

$$T_p = 1 / 0,56 = 1,79 \text{ р.}$$

Про доцільність розробки програми можна сказати при врахуванні наступних критеріїв, які подані в табл. 4.5.

Таблиця 4.5

Техніко-економічні показники НДР

№ п/п	Показник	Значення
1.	Собівартість, грн.	26498,60
2.	Плановий прибуток, грн.	14839,22
3.	Ціна, грн	41337,82
4.	Економічна ефективність	0,56
5.	Термін окупності, рік	1,79

4.10. Висновки до розділу 4

У результаті проведення розрахунків можна зробити висновок: розробка матиме оптимальну економічну ефективність 0,56 і термін окупності становитиме майже два роки (1,79 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 В НАДЗИВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Кожен має право на належні, безпечні і здорові умови праці. Це гарантує нам Конституція України (ч. 4 ст. 43) [31].

Одним із найважливіших елементів будь-якого підприємства є робоче місце, в межах якого відбувається цілеспрямована діяльність (тобто праця) конкретного працівника. Робоче місце — це частина виробничого простору одного або групи працівників, оснащена основним і допоміжним технологічним обладнанням, інвентарем, інструментом, робочими меблями, необхідними для виробництва певного виду робіт. З розвитком виробничих процесів та інформаційні технології все частіше робочі місця працівників оснащуються персональним комп'ютером. Однак їх використання загострило проблеми збереження власного та суспільного здоров'я, вимагає удосконалення існуючих та розробки нових підходів до організації робочих місць, проведення профілактичних заходів для запобігання розвитку негативних наслідків впливу на здоров'я робітників [32].

5.1. Охорона праці

При дослідженні методів та засобів адаптивної селекції каналів зв'язку для розумного будинку було здійснено розробку модулів системи РБ із дотриманням усіх норм та правил з охорони праці та техніки безпеки. Враховуючи той факт, що виконання досліджень вимагає використання засобів обчислювальної техніки, то необхідним є створенням безпечних умов праці при використанні персональної електронно-обчислювальної машини (ПЕОМ). Також потрібно приділити особливу увагу питанням електро- та пожежної безпеки.

З урахуванням вимог ДСанПіН 3.3.2.007-98 та НПАОП 0.00-7.15-18 необхідно визначити небезпечні і шкідливі фактори, які впливають на користувачів ВДТ (візуально дисплейний термінал) ПЕОМ при експлуатації, дослідити ці фактори,

розглянути їхній вплив, принципи їх нормування і способи запобігання їхнього шкідливого впливу на людину [33].

Основними шкідливими та небезпечними виробничими факторами, які пов'язані з використанням ПЕОМ, є такі:

- електромагнітне випромінювання радіочастотного діапазону;
- наявність іонізуючого рентгенівське випромінювання;
- випромінювання оптичного діапазону (ультрафіолетове, інфрачервоне і випромінювання видимого діапазону);
- електростатичне поле;
- недостатня освітленість робочої зони;
- підвищений рівень шуму;
- значна напруга зорових органів і пов'язане з цим перевтомлення користувача ПЕОМ;
- значне навантаження на пальці і кисті рук, що при відсутності профілактики і медичного контролю, може викликати професійні захворювання;
- тривале перебування в одному й тому ж самому положенні сидячи, що викликає застійні явища в організмі людини;
- відблиски на екрані монітора;
- можливість ураження електричним струмом;
- можливість виникнення пожежі.

Робоче приміщення з ПЕОМ по рівню безпеки ураження людей електричним струмом згідно ПУЕ можна віднести, до помешкань без підвищеної небезпеки, тому що:

- відносна вологість повітря не перевищує 75%;
- матеріал підлоги (паркет) є діелектриком;
- температура повітря не досягає значень, більших +30 °С;
- відсутня можливість одночасного дотику людини до з'єднаних з землею металоконструкцій будівлі, технологічних апаратів, механізмів і т.п., з одного боку, і до металевих корпусів електроустаткування - з іншого боку;
- відсутні хімічно агресивні середовища.

Електромережа трьохфазна з глухозаземленою нейтраллю, із зануленням і повторним заземленням нульового дроту відповідно до вимог ПУЕ (правил улаштування електроустановок). Мережа обладнана автоматом струмового захисту, розрахованого на струм 12 А. Час спрацювання автомату 0,1 с.

Для того, щоб не допустити ураження працівника електричним струмом при виникненні аварійних ситуацій, необхідно заземлити все обладнання, що працює від мережі 220 В, 50 Гц. Опір нульового дроту повинен бути таким, щоб при замиканні на корпус або нульовий дріт; виникав струм короткого замикання, сила якого повинна перевищувати в 1,4 рази номінальний струм спрацювання автомата струмового захисту (при струмі короткого замикання менше 100 А).

Тобто струм короткого замикання при виникненні аварійної ситуації в рази перевищує номінальний струм спрацювання автомату, що задовольняє встановленим нормам $K > 1,4$. Виконано всі необхідні заходи щодо електробезпеки відповідно до ДНАОП 0.00-1.21-98, додаткових заходів по електробезпеці впроваджувати не потрібно.

Облаштування робочих місць, обладнаних відеотерміналами, повинно забезпечувати:

- належні умови освітлення приміщення і робочого місця, відсутність відблисків;
- оптимальні параметри мікроклімату (температура, відносна вологість, швидкість руху та рівень іонізації повітря);
- належні ергономічні характеристики основних елементів робочого місця.

А також необхідно вжити заходи проти таких небезпечних і шкідливих чинників, як наявність шуму та вібрації, електромагнітного, ультрафіолетового і інфрачервоного випромінювання, електростатичного поля між екраном монітору і оператором, наявність пилу, озону, оксидів азоту й аероіонізації.

Будівлі і ті їх частини, в яких розташовуються ЕОМ, повинні мати не нижче II ступеня вогнестійкості.

Службові приміщення, в яких розташовані ПЕОМ, не повинні межувати з приміщеннями, де рівні шуму та вібрації перевищують норму (механічні цехи, майстерні тощо) [34].

Відповідно до ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» площа приміщення, у яких розташовують відеотермінали, визначається, виходячи з розрахунку на одне робоче місце - не менше 6,0 кв. м, об'єм - не менше 20,0 куб. м, з урахуванням максимальної кількості осіб, які одночасно працюють у зміні [33].

Заземлені конструкції, що знаходяться в приміщеннях (батареї опалення, водопровідні труби, кабелі із заземленим відкритим екраном тощо), мають бути надійно захищені діелектричними щитками або сітками від випадкового дотику. У приміщеннях з ПЕОМ слід щоденно проводити вологе прибирання, повинні бути медичні аптечки першої допомоги, а також система автоматичної пожежної сигналізації. [32].

Загальне освітлення має бути виконане у вигляді суцільних або переривчастих ліній світильників, що розміщуються збоку від робочих місць (переважно зліва) паралельно лінії зору працівників. Як джерело світла при штучному освітленні повинні застосовуватися, як правило, люмінесцентні лампи типу ЛБ. Допускається у світильниках місцевого освітлення застосовувати лампи розжарювання.

Рівень освітленості на робочому столі в зоні розташування документів має бути в межах 300-500 лк. У разі неможливості забезпечити даний рівень освітленості системою загального освітлення допускається застосування світильників місцевого освітлення, але при цьому не повинно бути відблисків на поверхні екрана та збільшення освітленості екрана більше ніж до 300 лк.

При дотриманні цих вимог, виконання всіх видів робіт на ПЕОМ при дослідженні методів та засобів адаптивної селекції каналів зв'язку для розумного будинку, є безпечним з точки зору охорони праці, техніки безпеки та протипожежної безпеки.

5.2. Оцінка надійності захисту виробничого персоналу об'єкта у воєнний час

При оцінці надійності захисту виробничого персоналу необхідно враховувати, що практично будь-які наслідки НС можуть призвести до ураження людей та стати причиною їхньої смерті або призвести до втрати працездатності на тривалий час. Надійність захисту виробничого персоналу є одним з важливих факторів, які визначають стійкість роботи підприємств у надзвичайних ситуаціях мирного та воєнного часів [35].

Найбільш ефективним заходом захисту є укриття людей в захисних спорудах (ЗС) при дотриманні таких умов: - загальна місткість ЗС дозволяє укрити всіх робітників та службовців, тобто весь виробничий персонал об'єкту; - захисні споруди задовольняють вимогам захисту від усіх небезпечних наслідків НС; - захисні споруди устатковані системами життєзабезпечення на необхідну тривалість перебування у них; - розміщення ЗС відносно робочих місць дозволяє своєчасно укритися всім робітникам за сигналами сповіщення про НС; - робітники та службовці своєчасно сповіщаються та навчені способам захисту та правилам дії за сигналами сповіщення. За показник надійності захисту робітників та службовців з використанням ЗС можна прийняти коефіцієнт надійності захисту $K_{НЗ}$, що показує яка частина робітників та службовців забезпечується надійним захистом від усіх небезпечних наслідків виникнення НС. Коефіцієнт надійності захисту визначається на основі окремих показників, що характеризують підготовленість об'єкту до виконання завдань захисту робітників та службовців за основними складовими задачами.

Оцінка надійності захисту виробничого персоналу проводиться в такій послідовності:

1) Оцінюється інженерний захист робітників та службовців об'єкта. Показником інженерного захисту є коефіцієнт $K_{ІНЖ. ЗАХ.}$, що показує, яка частина виробничого персоналу працюючої зміни може укритися своєчасно в ЗС з достатніми захисними властивостями та системами життєзабезпечення, які дозволяють укривати людей протягом встановленого терміну: $K_{ІНЖ. ЗАХ.} = N_{ІНЖ. ЗАХ.} / N$, де N – це чисельність найбільшої працюючої зміни;

2) Вивчається система сповіщення та оцінюється можливість своєчасного доведення сигналу сповіщення до робітників та службовців. Показником надійності з урахуванням сповіщення є коефіцієнт $K_{СП} : K_{СП} = N_{СП} / N$;

3) Оцінюється навченість виробничого персоналу способам захисту та діям за сигналами сповіщення. Показник – коефіцієнт навченості $K_{НАВЧ} : K_{НАВЧ} = N_{НАВЧ} / N$;

4) Визначається готовність сховища до прийому людей. Для цього визначається час, протягом якого сховища, що використовуються за подвійним призначенням, можуть бути підготовлені до прийому людей (звільнюються від сторонніх речей, поновлюється запас їжі, води, здійснюється перевірка герметичності, функціонування систем життєзабезпечення). Порівнюючи фактичний час підготовки сховища $T_{Г. ФАК.}$ з потрібним $T_{Г. ПОТ.}$, визначається готовність сховища до прийому людей. Для оцінки надійності захисту враховуються лише ті сховища, для яких: $T_{Г. ФАК.} / T_{Г. ПОТ.} \leq 1$;

5) Показником надійності захисту з урахуванням готовності є коефіцієнт готовності $K_{ГОТ} : K_{ГОТ} = N_{ГОТ} / N$;

На основі окремих показників визначається коефіцієнт надійності захисту робітників та службовців $K_{Н. З.}$ за мінімальним значенням окремих показників: $K_{ІНЖ.ЗАХ.}$, $K_{СП.}$, $K_{НАВЧ.}$, $K_{ГОТ.}$. Визначаються слабкі місця в підготовці об'єкту до успішного вирішення задачі захисту виробничого персоналу у надзвичайних ситуаціях та передбачаються можливі шляхи підвищення показників надійності захисту [36].

У висновках вказується: надійність захисту робітників та службовців; необхідність підвищення захисних властивостей наявних захисних споруд та заходи для підвищення надійності; приміщення, які доцільно пристосувати під ЗС; кількість та тип ЗС, що швидко зводяться; заходи надійного захисту чергового персоналу; заходи з повного забезпечення персоналу ЗІЗ; заходи покращення умов зберігання, профілактики та ремонту ЗІЗ; заходи забезпечення об'єкту в умовах Р. Х. Б. З.

Інженерний захист – це захист з використанням інженерних споруд. Оцінка інженерного захисту полягає у визначенні показників, що характеризують здатність інженерних споруд забезпечити надійний захист людей: це показники за місткістю захисної споруди – $K_{ВМ.}$, показник за здатністю захисної споруди відповідати

захисним вимогам – $K_{з,т}$, показник за здатністю систем життєзабезпечення захисної споруди забезпечити усім необхідним тих хто укриваються протягом усього терміну укриття – $K_{ж.о.}$, показник за здатністю виробничого персоналу своєчасно зайняти захисну споруду – $K_{СВР}$. Вихідні дані для оцінки:

- 1) Вид можливої надзвичайної ситуації, значення параметрів її основних вражаючих факторів.
- 2) Віддаленість об'єктів від місця прояву надзвичайних ситуацій, км;
- 3) Метеоумови: $V_{с.в.}$ – середня швидкість вітру, км/годину, напрямок вітру, хмарність;
- 4) Кліматичні умови – кліматична зона – для України це 1V або V;
- 5) Загальна кількість робітників та службовців, яких треба укрити у сховищі, в тому числі жінок;
- б) Розподіл робітників за робочими ділянками та їх віддаленість від ЗС.

Характеристики ЗС:

- розміщення ЗС відносно житлового або виробничого комплексу;
- тип ЗС (клас) – надмірний тиск, який витримують конструкції;
- $K_{ПОСЛ}$ конструкцій або тип захисного матеріалу та товщина кожного шару захисного матеріалу укриття;
- основні та допоміжні приміщення в сховищі та їх розміри (площа - S, висота - h);
- тип і склад елементів системи повітропостачання;
- об'єм резервних ємностей систем водопостачання та ємностей для збору стічних вод – при відсутності виходу каналізації у міську каналізаційну мережу (не проточна каналізація);
- елементи санітарно-технічних пристроїв.

Місткість ЗС визначають відповідно до прийнятих норм за площею і об'ємом приміщень на одну людину. Розрахунок роблять окремо за кожною захисною спорудою, а потім визначають загальну кількість місць в усіх сховищах на об'єкті і показник інженерного захисту за місткістю K_M [37].

При здійсненні оцінки надійності захисту виробничого персоналу спочатку визначають максимальні параметри тих вражаючих факторів, які можуть суттєво впливати на надійність захисту:

- для землетрусу – за інтенсивністю землетрусу визначають відповідну йому величину надмірного тиску;
- для аварії на атомній електростанції – визначають напрямок розповсюдження хмари зараженого повітря, розраховують час початку формування сліду радіоактивної хмари на об'єкті і рівень радіації на об'єкті на одну годину після аварії;
- для аварії на хімічно небезпечному підприємстві - визначають напрямок розповсюдження хмари зараженого повітря, глибину зони хімічного зараження, час підходу хмари зараженого повітря до об'єкта, тривалість дії джерела забруднення;
- для пожежі - визначають напрямок розповсюдження пожежі, час підходу пожежі до об'єкту, можливу тривалість горіння; для катастрофічного затоплення - визначають час підходу хвилі прориву до об'єкту, можливу висоту хвилі прориву на об'єкті, час спорожнення водосховища [35].

На заключному етапі аналізують результати оцінювання надійності захисту об'єкта, роблять висновки та висувають пропозиції, в яких зазначають:

- надійність захисту (коефіцієнт надійного захисту $K_{НЗ}$ – за мінімальним значенням з окремих показників: K_M , $K_{З.В.}$, $K_{ЖЗ.}$, $K_{СВ.}$ УКР.);
- визначають слабкі місця в захисті;
- намічають заходи із вдосконалення інженерного захисту робітників і службовців об'єкта.

Об'єктивний стан захисту працівників слід відобразити в графічному документі «Плані укриття». На плані зазначають місце розташування захисних споруд, їх характеристики на підставі розрахунків, розподіл працівників за спорудами та маршрути руху до них. Допустимо укривати на 5–7 % людей більше, ніж дозволяє розрахункова місткість сховища [37].

5.3. Організація протипожежного захисту та проведення протипожежної профілактики на промисловому підприємстві

Протипожежна профілактика - комплекс організаційних і технічних заходів щодо попередження, локалізації та ліквідації пожеж, а також щодо забезпечення безпечної евакуації людей та матеріальних цінностей у разі пожеж.

Пожежна безпека - це такий стан промислового об'єкта, при якому виключається можливість пожежі, а в разі його виникнення попереджається вплив на людей небезпечних факторів і забезпечується захист матеріальних цінностей. Пожежі завдають величезних матеріальних збитків, призводять до травм та загибелі людей, так як супроводжуються виникненням небезпечних чинників, таких як відкритий вогонь, підвищена температура, токсичні речовини, дим, нестача кисню, ушкодження і порушення будівель, споруд, вибухи технічного обладнання тощо. Тому виконання правил пожежної безпеки на підприємствах є обов'язковим для всіх посадових осіб і громадян. Основи пожежної безпеки закладаються на стадії проектування підприємства, будівлі, споруди, планування технологічного процесу, встановлення обладнання, тобто враховується інженерно - технологічними заходами, які представлені в проектах при розробці проектної документації на будівництво, і вимагає суворого дотримання протипожежних правил у процесі експлуатації [37].

Пожежна безпека промислових підприємств складається з системи попередження пожеж, системи пожежного захисту і організаційно-технічних заходів.

Система попередження пожеж - це комплекс організаційних і технічних засобів, спрямованих на виключення можливості виникнення пожеж, на запобігання утворення горючої і вибухонебезпечного середовища шляхом регламентації вмісту горючих газів, парів і пилу в повітрі, а також виключення можливості виникнення джерел загоряння або вибуху; забезпечення пожежної безпеки технологічних процесів, обладнання, електрообладнання, систем вентиляції, збереження сировини та інших матеріалів [38].

Виключенню та запобігання пожеж сприяє: герметизація виробничого устаткування, заміна горючих речовин, які застосовуються в технологічних процесах

на негорючі, обмеження обсягів речовин, які застосовуються і зберігаються на підприємстві; контроль над концентрацією речовин в повітрі в приміщеннях і технологічному обладнанні; застосування робочої та аварійної вентиляції; відвід займистою середовища в спеціальні пристрої та безпечні місця; застосування інгібруючих і флегматизуючих домішок; вибір безпечних швидкісних режимів руху середовища [39].

Система пожежної захисту забезпечується застосуванням архітектурно-проектних рішень, перешкод шляху поширення пожежі, вогневідсічних пристроїв на технологічних комунікаціях, в системах вентиляції, повітряного опалювання і кондиціонування повітря.

Організаційно-технічні заходи пов'язані з системами попередження пожеж та системами протипожежного захисту і повинні включати: організацію пожежної охорони, організацію відомчих служб відповідно до законодавства України та рішеннями місцевих органів самоврядування; паспортизацію речовин, матеріалів, виробів, технологічних процесів, будівель і споруд в частині забезпечення [32].

Усі заходи пожежної безпеки виробництва за призначенням поділяються на чотири групи:

1). Заходи, які забезпечують пожежну безпеку технологічного процесу та обладнання, збереження сировини і готової продукції.

2). Будівельно-технічні заходи, спрямовані на виключення причин виникнення пожеж і на створення стійкості огорожувальних конструкцій і будівель, на запобігання можливості розповсюдження пожеж і вибухів.

3). Організаційні заходи, які забезпечують організацію пожежної охорони, навчання працюючих методів запобігання пожеж і застосування первинних способів гасіння пожеж.

4). Заходи щодо ефективного вибору способів гасіння пожеж, оснащення пожежного водопостачання, пожежної сигналізації, створення запасу засобів гасіння.

Протипожежний захист забезпечується: вибором класу вогнестійкості об'єкта і меж вогнестійкості будівельних конструкцій; обмеженням поширення вогню в разі виникнення вогнища пожежі; застосуванням систем проти димного захисту;

забезпеченням безпечної евакуації людей; застосуванням засобів пожежної сигналізації, сповіщення та пожежогасіння; організацією пожежної охорони підприємства.

Згідно Закону України «Про пожежну безпеку», забезпечення безпеки підприємств, установ покладено на керівників або уповноважених ними осіб. Обов'язки власників підприємств щодо забезпечення пожежної безпеки визначені ст.5 даного Закону України [34].

Власники підприємств, установ і організацій, а також орендарі зобов'язані:

- Розробляти комплексні заходи щодо забезпечення профілактики пожежної безпеки;
- Відповідно до нормативних актів з пожежної безпеки розробляти, затверджувати положення, інструкції, інші нормативні акти, що діють в межах підприємства, здійснювати постійний контроль за їх виконанням;
- Забезпечувати виконання протипожежних вимог, норм та правил, а також виконання приписів і постанов органів державного пожежного нагляду;
- Організовувати навчання працівників правилам пожежної безпеки та пропагувати заходи щодо їх забезпечення;
- Утримувати у справному стані засоби протипожежного захисту і зв'язку, пожежну техніку, обладнання та інвентар, не допускати їх використання не за призначенням;
- Створювати у разі потреби, відповідно до встановленого порядку, підрозділи пожежної безпеки та необхідну для їх функціонування матеріально-технічну базу;
- Подавати на вимогу державної пожежної охорони відомості та документи про стан пожежної безпеки об'єктів і продукції, яка ними випускається;
- Проводяться заходи щодо впровадження автоматичних засобів виявлення та гасіння пожеж;
- Своєчасно інформувати пожежну охорону про несправність пожежної техніки, систем пожежогасіння, водопостачання і т.д. [39].

5.4. Висновок до розділу 5

Приведені рекомендації щодо організації робочого місця на підприємстві дозволяють підвищити рівень безпеки праці, попередити виникнення надзвичайних ситуацій та надати першу медичну допомогу при виникненні надзвичайної ситуації. Служби охорони праці, а саме відповідні служби і структурні підрозділи підприємства повинні здійснювати постійний контроль за виконанням робіт у відповідності з вимогами з охорони праці, електро-, газо- і пожежобезпеки, не допускати до роботи осіб, які не пройшли інструктаж та не здали заліки по питаннях охорони праці. Роботодавець повинен впроваджувати сучасні засоби техніки безпеки, які запобігають виробничому травматизмові, і забезпечувати санітарно-гігієнічні умови, що запобігають виникненню професійних захворювань працівників.

Перед початком роботи слід переконатися у справності електропроводки, вимикачів, штепсельних розеток, за допомогою яких обладнання включається в мережу, наявності заземлення комп'ютера, його працездатності.

Щоб уникнути пошкодження ізоляції проводів і виникнення коротких замикань не дозволяється: вішати що-небудь на дроти, зафарбовувати й білити шнури і дроти, закладати дроти і шнури за газові та водопровідні труби, за батареї опалювальної системи, висмикувати штепсельну вилку з розетки за шнур, зусилля повинне бути додане до корпусу вилки.

Для виключення ураження електричним струмом забороняється: часто вмикати і вимикати комп'ютер без необхідності, торкатися до екрану і до тильної сторони блоків комп'ютера, працювати мокрими руками, працювати на засобах обчислювальної техніки та периферійному обладнанні, що мають порушення 70 цілісності корпусу, порушення ізоляції проводів, несправну індикацію включення живлення, з ознаками електричної напруги на корпусі, класти на обладнання сторонні предмети.

Забороняється під напругою очищати від пилу і забруднення електрообладнання. Забороняється перевіряти працездатність електроустаткування в непристосованих для експлуатації приміщеннях з струмопровідними підлогами,

сирих, не дозволяючи заземлити доступні металеві частини. Неприпустимо під напругою проводити ремонт засобів обчислювальної техніки і периферійного обладнання. Ремонт електроапаратури проводиться тільки фахівцями-техніками з дотриманням необхідних технічних вимог.

Після закінчення роботи необхідно знеструмити всі засоби обчислювальної техніки і периферійне устаткування. У разі безперервного виробничого процесу необхідно залишити включеними тільки необхідне обладнання.

Оцінка надійності захисту виробничого персоналу об'єкта у воєнний час та організація протипожежного захисту і проведення протипожежної профілактики на промисловому підприємстві проводиться згідно основних норм та вимог законодавства з охорони праці та техніки безпеки на підприємстві.

На основі окремих показників визначається коефіцієнт надійності захисту робітників та службовців. Визначаються слабкі місця в підготовці об'єкту до успішного вирішення задачі захисту виробничого персоналу у надзвичайних ситуаціях та передбачаються можливі шляхи підвищення показників надійності захисту. Вказується: надійність захисту робітників та службовців; необхідність підвищення захисних властивостей наявних захисних споруд та заходи для підвищення надійності; приміщення, які доцільно пристосувати під ЗС; кількість та тип ЗС, що швидко зводяться; заходи надійного захисту чергового персоналу; заходи з повного забезпечення персоналу ЗІЗ; заходи покращення умов зберігання, профілактики та ремонту ЗІЗ; заходи забезпечення об'єкту в умовах Р. Х. Б. З.

Система пожежної захисту забезпечується застосуванням архітектурно-проектних рішень, перешкод шляху поширення пожежі, вогневідсічних пристроїв на технологічних комунікаціях, в системах вентиляції, повітряного опалювання і кондиціонування повітря. Організаційно-технічні заходи пов'язані з системами попередження пожеж та системами протипожежного захисту і повинні включати: організацію пожежної охорони, організацію відомчих служб відповідно до законодавства України та рішеннями місцевих органів самоврядування; паспортизацію речовин, матеріалів, виробів, технологічних процесів, будівель і споруд в частині забезпечення.

РОЗДІЛ 6

ЕКОЛОГІЯ

6.1. Зведення та первинне оброблення статистичних даних екологічної інформації

До найактуальніших проблем сьогодення, від яких залежить існування людства, є екологічні проблеми. Для їх вирішення, перш за все, необхідні нові підходи до природного середовища. Екологічна статистика є невід'ємним атрибутом системи управлінських рішень в охороні навколишнього середовища від невеликого локального екологічного об'єкту до глобального масштабу оцінки екологічного стану всієї біосфери. Сьогодні статистичні методи і моделі широко використовуються для діагностики стану довкілля, при вивченні причинно-наслідкового механізму формування варіації та динаміки екологічних явищ і процесів, у моніторингу навколишнього природного середовища, при прогнозуванні стану екологічних процесів і ситуацій та прийнятті оптимальних управлінських рішень [40].

Теоретичне узагальнення фактів є другим ступенем складнішого процесу пізнання світу, адже на цьому етапі здійснюється наукове узагальнення статистичних даних. Таке узагальнення дає можливість встановити внутрішні зв'язки між явищами, їх кількісно-якісні перетворення. Процес теоретичного узагальнення статистичних даних, зведення фактів у єдине ціле в статистиці називають зведенням статистичних даних [44].

Зміст і завдання статистичного зведення це первинне наукове оброблення даних спостереження для характеристики суцільного явища узагальнюючими показниками. Статистичне зведення являє собою сукупність прийомів, які дозволяють одержати узагальнюючі статистичні показники як зведені ознаки масових явищ, що характеризують стан, взаємозв'язки і закономірності розвитку явищ в цілому. Зведення являє собою другий ступінь статистичного дослідження і від його якості значною мірою залежить результат усієї статистичної роботи.

Етапи зведення. В цілому статистичне зведенню включає такі етапи:

- статистичне групування;
- підсумовування даних;
- табличне і графічне оформлення одержаних даних.

Одержана в процесі зведення система статистичних показників підлягає подальшому аналізу в наукових і практичних цілях. За допомогою статистичного зведення розв'язують такі завдання: групування даних, розроблення системи показників для характеристики груп і всієї статистичної сукупності, обчислення групових і загальних показників, зведення результатів обчислення у статистичних таблицях.

Одержана в процесі зведення система статистичних показників підлягає подальшому аналізу в наукових і практичних цілях. Завдання зведення за допомогою статистичного зведення розв'язують такі завдання: групування даних, розроблення системи показників для характеристики груп і всієї статистичної сукупності, обчислення групових і загальних показників, зведення результатів обчислення у статистичних таблицях [42].

Статистичні ряди і первинне оброблення статистичної інформації. У результаті обробки та систематизації статистичних матеріалів отримуємо ряди цифрових показників, які характеризують окремі сторони явищ, що вивчаються, в просторі або зміну цих явищ у часі. Тому побудова статистичних рядів є основою будь-якого первинного оброблення статистичної інформації.

Статистичні ряди - це ряди цифр, які характеризує окремі сторони екологічних явищ у просторі або в часі. Їхнє значення полягає в тому, що вони використовуються як прийом первинної обробки цифрової інформації, як проміжна ланка при побудові угруповань, як самостійний прийом аналізу при вивченні закономірностей розвитку суспільних явищ [43].

Часові ряди представляють собою ряди статистичних даних, розташованих у хронологічному порядку. Ці ряди мають особливо важливе значення при вивченні динаміки явищ і розглядатимуться далі окремою темою «Елементи рядів». Усі ряди складаються з двох елементів: варіантів і частот.

Варіант - це окреме значення групувальної ознаки, частота число, яке показують, як часто варіант зустрічається в ряді. Замість частот може бути частка, виражена коефіцієнтом чи відсотком. Значення рядів розподілу багатогранне – це первинна обробка інформації при зведенні, проміжний прийом при побудові угруповань, спеціальний самостійний прийом для вивчення закономірності розподілу. Основні поняття, що використовуються при вивченні рядів розподілу: частковість нагромадження частот, обсяг ряду, інтервал, границі інтервалу, щільність розподілу. Побудова та аналіз статистичних рядів. Неупорядковані ряди — ряди чисел первинної інформації, отримані внаслідок спостереження. Вони служать джерелом інформації про стан явищ і однорідність сукупності, є початковим етапом статистичного аналізу.

Дані цього ряду характеризують стан, рівень явища, який склався в кожній одиниці сукупності. Однак, якщо ряд великий, то не можливо візуально узагальнити досягнуті рівні по різних об'єктах. Для великих сукупностей інформацію зручніше і наочніше представити графічно у вигляді поля розсіювання (діаграми казусів), побудованого в системі прямокутних координат, де на горизонтальній осі відкладаються номери об'єктів, а на вертикальній — назви показників. При цьому шкалу розмічають, починаючи не з нуля, а з мінімального і до максимального значення ознаки. Числові значення ознак конкретних об'єктів на координатне поле наносяться у вигляді точок, які відповідають номеру об'єктів [40].

Ранжируваний ряд — упорядкований ряд одиниць сукупності за зростанням чи спаданням ознаки. Він також складається з двох елементів: рангового номера об'єкту і ознаки, яка має здатність варіювати, побудованої за зростанням. Огіва може мати різні обриси залежно від характеру варіації ознаки. Отже ранжирування є як самостійним методом дослідження закономірності розподілу, так і початковим етапом побудови варіаційних рядів розподілу - дискретного та інтервального. Ряди розподілу, що засновані на признанні цієї мінливості, дозволяють систематизувати та узагальнити результати спостереження, а також встановити відповідності отриманого матеріалу з теоретичними розрахунками [43].

6.2. Роль матеріало- та ресурсозбереження у вирішенні екологічних проблем

Із розвитком цивілізації та науково-технічного прогресу, обсягів виробництва та його відходів проблеми стосунків між природою і суспільством дедалі загострюються. Основною причиною забруднення навколишнього середовища є ресурсоємні забруднюючі технології, що приводять до утворення відходів і їх величезного накопичення. Основний шлях вирішення еколого-енергетичних проблем - це енергозбереження. Перехід на інтелектуальні технології (комп'ютерні, телекомунікаційні, біогенні і ін.), як значно менш енергоємні, а також більш високорентабельні і екологічно чисті [41].

Одним із важливих чинників ефективної екологічної політики є впровадження в практику досягнень науково-технічного прогресу, це перш за все нової техніки і технології, прогресивної структури виробництва та ресурсозберігаючих технологій. Цей прогрес наглядно можна спостерігати на прикладі історії розвитку ЕОМ, що за весь час свого існування пройшли чотири покоління розвитку [45].

Перше покоління (кінець 40-х - кінець 50-х років ХХ ст.) ЕОМ виготовлені на основі електронних ламп. Вони мали невелику швидкодію - кілька тисяч операцій на секунду, потребували великої площі розміщення обладнання, а також великої енергоємності. Для введення програм у цих машинах використовувалася перфострічка, яку готували на телеграфних апаратах. Як пристрій управління використовувався виключно інженерний пульт, а єдиним пристроєм введення був ТБПМ, що видавав лише неформатовані числа.

Друге покоління (кінець 50-х - кінець 60-х років ХХ ст.) ЕОМ виготовлені на основі напівпровідникових транзисторів. Вони мали . на два-три порядки вищу швидкодію. Значно зменшили енергоємність (десятки кВт). Вперше з'явився пристрій АЦПУ, що давав змогу роздруковувати на рулонному папері літери і цифри рядками по 128 символів. Крім того, для введення інформації почали використовуватися паперові перфокарти, а для запам'ятовування інформації - магнітні стрічки.

Третє покоління (кінець 60-х - початок 80-х років ХХ ст.) ЕОМ виготовлені на основі інтегральних мікросхем. Вони мали швидкодію до 10 млн операцій на секунду.

Деякі моделі ЕОМ мали розміри не більше за холодильник. Енергозатрати - не більше кількох кВт. Уперше почали використовувати відео термінали (дисплеї).

Четверте покоління (початок 80-х років ХХ ст. і донині). ЕОМ виготовлені на НВІС. Швидкодія - сотні млн. операцій на секунду. Переважно найпоширенішими стали персональні комп'ю-тери (ПК) як окремий клас машин із невеликими розмірами, до-статніми для розміщення на столі. Енергоживлення - кілька сотень Вт.

Обмеженість ресурсів зумовлює необхідність їх ефективного використання. Одним зі способів такої діяльності є ресурсозбереження. Під ресурсозбереженням варто розуміти діяльність, яка пов'язана з економією та у вирішенні екологічних проблем, будь-яких видів ресурсів, тобто ресурсозбереження визначається конкретними формами прояву: матеріало-, земле-, трудо-, енергозбереженням та іншими ресурсами. Під економією ресурсів можна розуміти раціональне, комплексне використання та ощадливе споживання всіх видів ресурсів виходячи з наявного рівня розвитку техніки і технології за одночасного зниження впливу на навколишнє середовище з метою вирішенні екологічних проблем [41].

Згідно з Державним стандартом України (ДСТУ 3051-95), ресурсозбереження – це діяльність (організаційна, економічна, технічна, наукова, практична, інформаційна), методи, процеси, комплекс організаційно-технічних засобів, що супроводжують усі стадії життєвого циклу обкатів і спрямованих на раціональне використання та економне витрачання ресурсів [44].

Вирішення питань ресурсозбереження потребує розробки ефективної системи управління цими процесами і залежить від технології виробництва.

Для вирішення поставлених заходів по ресурсозбереженню необхідно:

- вдосконалення норм та нормативів, впровадження результатів науково-технічного прогресу;
- впровадження автоматизації виробничих процесів та вдосконалення матеріально-технічного постачання та забезпечення;
- організація розробки і реалізації галузевих і регіональних ресурсозберігаючих програм як основного документа в галузі створення високоефективних продукцій і технологій;

- розробка завдань по підвищенню ефективності використання матеріальних ресурсів з урахуванням використання відповідних видів вторинної сировини;
- встановлення граничних лімітів використання ресурсів для формування замовлень, посилення міжгалузевих зв'язків при розробці виробничих програм, балансів розподілу продукції з метою випуску найбільш економічної продукції і зняття з виробництва застарілих виробів, використання вторинних ресурсів;
- вдосконалення показників ефективності виробництва, в тому числі розрахованих на одиницю основного якісного параметра виробів, з наступним уточненням нормативів витрат ресурсів і застосування економічних нормативів;
- створення банку нормативної інформації ресурсозбереження [45].

Запровадження всебічної екологізації. Екологізація – це процес неухильного і послідовного впровадження систем технологічних, управлінських, юридичних та інших рішень, які дають змогу підвищувати ефективність використання природних ресурсів та умов поряд із поліпшенням або хоча б збереженням якості довкілля. Крім того, це поширення екологічних принципів та підходів на всі сфери життєдіяльності людського суспільства: культуру, науку, виробництво та соціальні явища. Передусім це стосується запровадження екологічної освіти та виховання для формування екологічно свідомого ставлення до навколишнього природного середовища, встановлення гармонійних зв'язків між природою та антропогенною діяльністю [46].

Запровадження політики раціонального використання виробничих ресурсів. Ресурсозберігаюча політика може здійснюватися із підвищенням науково-технічного рівня і може включати такі заходи:

- створення наукоємної продукції;
- підвищення якості сировини і матеріалів;
- упровадження нової техніки і технології на основі досягнень науково-технічного прогресу;
- впровадження ресурсозберігаючої технології;
- підвищення якості, надійності і довговічності конструкції в рамках її життєвого циклу;

- впровадження нових видів матеріалів, у тому числі сучасних замінників;
- скорочення витрат і відходів виробництва;
- використання сировини і матеріалів економічних сортів, марок, розмірів;
- удосконалення якості оснащення і пристроїв;
- вибір вихідних матеріалів за розмірами, що наближуються до розмірів і форми готових деталей;
- використання раціональних витрат матеріалів на ділянках і вибір найбільш раціональних форм замовлення;
- підвищення рівня спеціалізації виробництва під час виготовлення деталей масового використання;
- підвищення потужності, продуктивності та експлуатаційної надійності;
- зменшення маси і габаритів на одиницю технічного параметра потужності, продуктивності;
- встановлення оптимальних запасів міцності деталей та вузлів за рахунок удосконалення методів інженерних розрахунків під час конструювання;
- підвищення технічних вимог до випробувань і здачі продукції [47].

6.3. Висновок до розділу 6

Зведення та первинне оброблення статистичних даних екологічної інформації дають ефективне використання статистичних методів обліку, обробки, аналізу і прогнозування екологічних процесів збільшується при використанні комп'ютерних технологій. Статистичне спостереження, даючи об'ємний і різноманітний матеріал про окремі явища досліджуваної сукупності, ще не дає змоги зробити будь-які висновки про цю сукупність. Адже в результаті збирання фактів дійсність стає відомою, але ще не пізнаною. Статистичне спостереження збігається з першим ступенем людського пізнання дійсності — емпіричним. Щоб за науково зібраними фактами зробити об'єктивні висновки, глибоко пізнати дійсність, ці фактори необхідно узагальнити, теоретично обміркувати.

Роль матеріало- та ресурсозбереження у вирішенні екологічних проблем вирішуються засобами відтворення і ефективного використання природно-ресурсного потенціалу є одним з основним завдань, які стоять перед усіма господарюючими суб'єктами. Адже з використанням інноваційних ресурсозберігаючих технологій досягається збільшення виробництва продукції при незначному негативному впливові на довкілля, а, відповідно, і зростає конкурентоспроможність підприємств на ринку. Уміле застосування еколого-економічних інструментів в поєднанні з іншим методами управління дозволяє ефективно вирішувати проблеми ресурсозбереження в рамках механізмів саморегулювання ринкової економічної системи. При комплексному поєднанні відповідних заходів можна суттєво знизити рівень навантаження на природні комплекси та запобігти значному антропогенному навантаженню. Використання заміників природних ресурсів у виробництві та вживання відходів та побічної продукції не тільки зменшує експлуатацію природних ресурсів, а й ліквідує проблеми, пов'язані із забрудненням навколишнього середовища.

ВИСНОВОК

У дипломній роботі вирішено актуальну наукову задачу підвищення якості передавання інформації каналами зв'язку між модулями системи «Розумний будинок». При цьому отримано такі основні результати:

1. В процесі проведення огляду літературних джерел встановлено, що з кожним роком кількість «розумних пристроїв» постійно буде зростати, що в свою чергу призведе до зайвого нагромадження в ефірі пакетів даних, спричиненого використанням одного і того ж діапазону частот.

2. В результаті аналізу технологій побудови систем «Розумний будинок» обґрунтовано доцільність використання безпроводних технологій та встановлено, що для обміну даними в таких системах у всьому світі надаються неліцензовані радіочастотні діапазони, які можуть використовуватися без оформлення спеціального дозволу і абсолютно безкоштовно за умови дотримання вимог щодо ширини смуги, випромінюваної потужності.

3. Обґрунтовано важливість вибору частоти передавання даних при проектуванні системи «Розумний будинок» та актуальність розробки адаптивного методу вибору каналів зв'язку з метою формування переліку пріоритетних вільних частот для обміну інформацією між модулями розумного будинку.

4. Розглянуто основні методи розширення спектру частот для адаптивної селекції каналів зв'язку для розумного будинку, а саме технології: OMPЧК, DFS, ЛЧМ, DSSS, FHSS, їх недоліки та переваги, що дозволило розробити основний функціонал до роботи методу.

5. Проведено аналіз частотних діапазонів для вибору каналів зв'язку для розумного будинку та запропоновано використання діапазону частот 2,4 ГГц, як одного із найбільш відкритих та найрозповсюдженіших у всіх країнах, врахувавши також нормативно-правову сторону використання частот.

6. Описано принцип роботи адаптивного методу вибору каналів зв'язку для розумного будинку, що дозволило сформувати перелік вільних частот, який буде використовуватися усіма модулями системи розумного будинку.

7. На основі проведеного аналізу методів та засобів передавання даних в системі розумний будинок запропоновано апаратно-програмну реалізацію методу адаптивної селекції каналів зв'язку для розумного будинку.

8. Здійснено вибір апаратної платформи для реалізації запропонованого методу, а також розроблено структурну та електричну принципову схему керуючого блоку розумного будинку, яка дозволяє здійснити адаптивну селекцію каналів зв'язку для розумного будинку.

9. На базі запропонованого методу розроблено алгоритм роботи головного модуля системи розумний будинок та на його основі - програмне забезпечення.

10. Описано загальну структуру системи розумний будинок з використанням методу адаптивної селекції каналів зв'язку та її функціональні модулі, а також розроблено дослідний макет системи.

11. Проведено тестування методу адаптивної селекції каналів зв'язку для розумного будинку в чотирьох місцях м. Тернополя, де найбільше скупчення людей та технічних пристроїв, які працюють в діапазоні частот 2,4 ГГц, а саме: «ТНТУ ім. І. Пулюя корпус №1», «Театральний майдан», «ТРЦ «Подільняни»», «ТЦ «Орнава»», тривалістю тестування - 15хв. з інтервалом 3 год., в період з 07.10.2019р. по 10.10.2019р.

12. Підтверджено працездатність та доцільність використання методу адаптивної селекції каналів зв'язку для розумного будинку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1) Менахем Домб. Системи розумного дому, заснованого на основі інтернет речей. URL: <https://www.intechopen.com/books/internet-of-things-iot-for-automated-and-smart-applications/smart-home-systems-based-on-internet-of-things> (дата звернення 03.09.2019).
- 2) Паньків В. Г. Український ринок систем автоматизації та диспетчеризації. Мережі та бізнес системи, 2011. №3. С. 58–62.
- 3) Тесля Е. В. «Розумний дім» своїми руками. Будуємо інтелектуальну цифрову систему в своїй квартирі. Спб: Питер, 2008. 370 с.
- 4) Баранов В. Н. Застосування Мікроконтролерів AVR: схеми, алгоритми, програми. Додека-XXI, 2006р. 231 с.
- 5) Academy Ocean. Академія Ажах. Ajax Systems UA. URL: <https://ua-academy.ajax.systems/auth/sign/in> (дата звернення: 03.09.2019).
- 6) Огляд бездротової системи безпеки Ажах: центральний хаб та універсальні датчики. URL: <https://www.ixbt.com/home/ajax-wireless-security-review.html> (дата звернення: 04.09.2019).
- 7) Огляд готових рішень систем «Розумний дім». URL: <https://sprut.ai/client/article/1544> (дата звернення: 05.09.2019).
- 8) Інтеграція з Google Assistant URL: <https://developers.google.com/assistant> (дата звернення: 05.09.2019).
- 9) Nordic Semiconductor. Короткий огляд бездротового продуктового асортименту. URL: <https://www.nordicsemi.com/Products> (дата звернення: 05.09.2019).
- 10) Бездротові мережі URL: http://old.ci.ru/inform11_04/p_24.htm (дата звернення: 05.09.2019).
- 11) Слюсар В. А. Неортогональне частотне мультиплексування (N-OFDM) сигналів. Частина 1. Технології та засоби зв'язку. 2013. № 5. С. 61 – 65.
- 12) Горбенко І. Д., Замула О. А. Інформаційні технології. Оцінка показників захищеності сучасних бездротових систем зв'язку широкосмугового доступу на основі врахування особливостей технологій OFDM. ХНУ. 2012. 67-75 с.

13) Беспровідна передача сигналів. Беспровідні локальні мережі. URL: wad00m.narod.ru/index/0-22 (дата звернення: 05.09.2019).

14) Просто про складні технології. URL: nag.ru/articles/article/32365/prosto-o-slojnom-ofdm-modulyatsiya.html (дата звернення: 05.09.2019).

15) InfiNet Wireless. Динамічний вибір частот. URL: <https://infinet.ru/wiki/pages/viewpage.action?pageId=56198523> (дата звернення: 05.09.2019).

16) Кузик А. О. Спектральний та кореляційний аналіз сигналів з неперервною та дискретною частотною модуляцією. Нац. Ун. Львівська політехніка. 31-44 с.

17) Кочемасов В. Н., Белов В. А., Оконешников В. С. Формування сигналів з лінійно частотною модуляцією. М.: Радіо і зв'язок. 192 с.

18) Спектр поширення прямої послідовності URL: <https://www.electronic-notes.com/articles/radio/dsss/what-is-direct-sequence-spread-spectrum.php> (дата звернення: 05.09.2019).

19) Science Direct. Спектр поширення прямої послідовності. URL: sciencedirect.com/topics/engineering/direct-sequence-spread-spectrum (дата звернення: 05.09.2019).

20) Telecom ABC. Спектр поширення прямої. URL: <http://www.telecomabc.com/d/dsss.html> (дата звернення: 05.09.2019).

21) Saearch Net Working. Передача частоти з широким спектром (FHSS). URL: <https://searchnetworking.techtarget.com/definition/frequency-hopping-spread-spectrum> (дата звернення: 05.09.2019).

22) Метод стрибкоподібної передачі даних URL: <https://www.hackster.io/ahmed-alfadhel/frequency-hopping-spread-spectrum-fhss-system-c72dde> (дата звернення: 05.09.2019).

23) Підручник з технології розповсюдження спектру. EE Times. URL: <https://www.eetimes.com/tutorial-on-spread-spectrum-technology/> (дата звернення: 05.09.2019).

24) Світ безпроводних технологій. Технології nanoNET і nanoLOC Networks. URL: <http://www.wless.ru/technology/?tech=11> (дата звернення: 05.09.2019).

25) Мережі без проводів. Апаратні та програмні рішення для бездротових сенсорних мереж. URL: <http://intuit.valrkl.ru/course-1240/#ID.1.lecture> (дата звернення: 05.09.2019).

26) Апаратні та програмні рішення для бездротових сенсорних мереж. Сенсорні мережі. URL: intuit.valrkl.ru/course-1240/ (дата звернення: 05.09.2019).

27) Канали ZigBee та Wi-Fi. Співіснування ZigBee та WiFi Networks. URL: <https://support.metageek.com/hc/en-us/articles/203845040-ZigBee-and-WiFi-Coexistence> (дата звернення: 05.09.2019).

28) Міні SMD радіомодуль. URL: <https://diylab.com.ua/p81695762-mini-smd-radiomodul.html> (дата звернення: 05.09.2019).

29) Радіомодуль nRF24L01 Wireless Transceiver nRF24L01+. URL: <http://ardu.net/uk/bez-drotiv/121-radiomodul-nrf24l01-wireless-transceiver-nrf24l01-24ggc-spi--120581039.html> (дата звернення: 05.09.2019).

30) Норми робочого часу. Бухгалтерський вісник. URL: <https://buhgalter.com.ua/dovidnik/normi-robochogo-chasu/normi-trivalosti-robochogo-chasu-na-2019-rik/> (дата звернення: 05.09.2019).

31) Верховна Рада України. Кодекс цивільного захисту України. URL: <http://www.rada.gov.ua> (дата звернення: 05.09.2019).

32) Про захист людини від впливу іонізуючих випромінювань: Закон України від 14 січня 1998 р. Київ, 1998. 24 с.

33) НПАОП 0.00-7.15-18. Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин, затверджені наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 26.03.2010 «Про затвердження Вимог щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» від 14.02.2018 № 207

34) Про охорону атмосферного повітря: Закон України від від 14 січня 1992 р Київ: Відомості Верховної Ради України, 1992. – № 50.– Ст. 678.

35) Бикова О.В. Болієв О.В., Деревинський Д.М., Єлісеєв В.Н., Миронець С.М., Осипенко С.І., Півень Ю.О. та інш. Основи цивільного захисту: Навч. посібник К: 2008. 223 с.

36) Васійчук В.О., Гончарук В.Є., Качан С.І., Мохняк С.М. Основи цивільного захисту: Навч. Посібник. Львів, 2010. 384 с.

37) Гончарук В.Є., Качан С.І., Орел С.М., Пуцило В.І., «Оцінка обстановки у надзвичайних ситуаціях». Навчальний посібник, Видавництво НУ «Львівська політехніка». Львів, 2004р. 136 с.

38) Демиденко Г. П. Безпека життєдіяльності: навч. посібник для студ. вищ. навч. закладів / Національний технічний ун-т України Київський політехнічний ін-т. К.: НТУУ КПІ, 2008. 300 с.

39) Депутат О.П., Коваленко І.В., Мужик І.С., Цивільна оборона. Навчальний посібник. За ред. Кашина П.І. – Львів. 2005. 338 с.

40) Тарасова В.В. Екологічна статистика. Київ.: «Центр учбової літератури», 2008. 392 с.

41) Ковальова О.О., Дегтерева Л.І. Конспект лекцій з дисципліни «Основи екології». Конспект лекцій. Харківська національна академія міського господарства. Харків: ХНАМГ, 2010. 94 с.

42) Всеукраїнська екологічна ліга. Екологія та статистика. URL: <http://www.ecoleague.net/index.php> (дата звернення 05.19.2019).

43) Екологічні норми промислових приміщень. Державна служба України з надзвичайних ситуацій. URL: <http://www.dsns.gov.ua> (дата звернення 05.09.2019).

44) Міністерство екології та природних ресурсів України. Екологічні норми. URL: <https://menr.gov.ua> (дата звернення 05.19.2019).

45) Нормативно правова база у сфері екології. Законодавча база екологічних норм. URL: <http://www.rada.kiev.ua> (дата звернення 08.010.2019).

46) ДСТУ 3051-95 (ГОСТ 30166-95). Ресурсозбереження. Основні положення. Чинний від 1997.01.01. К.: Держстандарт України, 1996. 15 с.

47) Кондратенко Н.О., Тарадай В.Н. Механізми підвищення ефективності ресурсозбереження у регіональних економічних системах. Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Економічна». 2011. № 970. Вип. 81. С. 266–273.

48) Овчарук Є. С., Осухівська Г. М. Аналіз передавання даних в комп'ютеризованій системі обліку електроенергії. Матеріали VI науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології», 2018, С.45.

49) Білостоцький Т., Осухівська Г. М. Математичне моделювання передачі даних в комп'ютерних мережах. Матеріали II науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології», 2012. С.36.

50) Осухівська Г.М., Лобур Т.Б., Білостоцький Т.О. Дослідження та моделювання інтернет-трафіку комп'ютерної мережі. Збірник тез доповідей XVI наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя, 2012, с. 58.

51) M.Sangeetha, C.Udhayanila, G.Gayathri, N.Rakshana. Smart Home Control System by Internet of Things Based on WIFI Module. International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering. Vol. 5, Issue 3, March 2017.

52) Domb, Menachem. «Smart Home Systems Based on Internet of Things» IoT and Smart Home Automation. IntechOpen. URL: <https://www.intechopen.com/books/internet-of-things-iot-for-automated-and-smart-applications/smart-home-systems-based-on-internet-of-things> (дата звернення 13.10.2019).

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. Гедімінаса (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**

УДК621.396.019.4:621.396.4.037.372

М.С. Бедрийчук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

АДАПТИВНИЙ МЕТОД ВИБОРУ КАНАЛУ ЗВ'ЯЗКУ ДЛЯ РОЗУМНОГО БУДИНКУ

M.S. Bedriychuk

ADAPTIVE METHOD OF SELECTING A COMMUNICATION CHANNEL FOR A SMART HOUSE

На сьогоднішній день система «Розумний будинок» широко розповсюджена на ринку побутової електроніки та повсюдно застосовується для автоматизації побутових процесів в помешканні сучасної людини. З кожним роком кількість таких девайсів постійно буде зростати, що в свою чергу призведе до зайвого нагромадження в ефірі пакетів даних, спричиненого використанням одного і того ж діапазону частот. Вибір частоти передавання даних є одним з найважливіших етапів при проектуванні мережі зв'язку для модулів «Розумного будинку», тому розробка адаптивного методу вибору каналів зв'язку, який би дозволив сформувавши переліктаких пріоритетних частот, є актуальною задачею.

Для обміну даними в системі «Розумний будинок» у всьому світі надаються не ліцензовані радіочастотні діапазони. Ці частоти можуть використовуватися без оформлення спеціального дозволу і абсолютно безкоштовно за умови дотримання вимог щодо ширини смуги, випромінюваної потужності (до 10 мВт в діапазоні частоти 434 МГц, до 25 мВт- в діапазоні 868 МГц, до 100 мВт- в діапазоні 2,4 ГГц) [1].

Адаптивний метод вибору каналу зв'язку використовує технологію динамічного вибору частоти для діапазону в 2,4 ГГц із застосуванням математичних методів визначення середнього арифметичного частот кожного каналу зв'язку (шириною в 1 Гц) в діапазоні 2,4 ГГц. Сканування частотного діапазону здійснюється сканером частот, який визначає задіяні та вільні, придатні до використання, канали. Така перевірка виконується при першому запуску головного контролера та протягом усього часу роботи контролера з певними часовими інтервалами (1 – 4 рази на день в довільний час – при постійній роботі (тихий режим) або декілька разів на годину – при формуванні маршрутів зв'язку (інтенсивний режим)), які не зашкодять виконанню основного блоку програми. Перший запуск - формує таблицю вільних частот, а всі подальші - призначенні для уточнення та доповнення результатів цієї таблиці.

Даний метод дозволяє врахувати всі можливі сценарії при появі нових девайсів чи проходженні масивів повідомлень, які зашумлюють діапазон частот.

Використання запропонованого адаптивного методу вибору каналу зв'язку дозволить проектувати систему «Розумний будинок» з безпечним передаванням даних.

Література

1. Апаратні та програмні рішення для бездротових сенсорних мереж. [Електронний ресурс] – Режим доступу: intuit.valrkl.ru/course-1240/
2. Канали зв'язку ZigBee та WiFi [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://support.metageek.com/hc/en-us/articles/203845040-ZigBee-and-WiFi-Coexistence>
3. Динамічний вибір частот. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://infinet.ru/wiki/pages/viewpage.action?pageId=56198523>

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ: КОМП'ЮТЕРНО-ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ

1. **М.М. Баранчук, А.М.Шельвіка, П.Д. Стухляк**
РОЗРОБКА ТА ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ
ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ВИРОБНИЦТВА КВАСУ 5
2. **Д.О. Батошний, А.П. Петрук, Р.З. Золотий**
РОЗРОБКА ТА ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ АНАЛІЗУ КЛІМАТИЧНИХ
ДАНИХ 6
3. **М.С. Бедрийчук**
АДАПТИВНИЙ МЕТОД ВИБОРУ КАНАЛУ ЗВ'ЯЗКУ ДЛЯ РОЗУМНОГО
БУДИНКУ 7
4. **С.В. Бенедюк, Б.І. Яворський**
МЕТОД ВИЯВЛЕННЯ КОРИСНОГО СИГНАЛУ У ШУМІ В
КОРОТКОХВИЛЬОВОМУ ДІАПАЗОНІ РАДІОХВИЛЬ 8
5. **Є. М. Білоус, С. П. Галайко, А. А. Липак, А. О. Порядко, Н. В. Цвіркун**
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВІДХИЛЕНЬ НЕСУЧОЇ ПЛАТФОРМИ НА
ЗМІЩЕННЯ ДІАГРАМИ НАПРАВЛЕНОСТІ АНТЕНИ 9
6. **А.Р. Бориславський**
ВИЯВЛЕННЯ ШКІДЛИВОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В ОС
ANDROID НА ОСНОВІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ 10
7. **Р.А. Буцій**
ВПРОВАДЖЕННЯ БЕЗДРОТОВИХ LoRa MESH-МЕРЕЖ НА БАЗІ
ПЛАТФОРМИ ARDUINO UNO В СИСТЕМИ ІоТ 11
8. **В.В. Вайман**
ВИКОРИСТАННЯ QR-КОДУ В СУЧАСНОМУ СВІТІ 12
9. **Д.А. Войцехівський, С.І. Глазков, В.О. Наумов, І.Г.Добротвор**
ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ ПРОЦЕСІВ УТИЛІЗАЦІЇ ТА
ПЕРЕРОБКИ ПЛАСТИКОВИХ ВИРОБІВ 13
10. **С.Б. Волох, Р.М. Кирилів, Д.І. Полоз, І.В. Півторак, Ю.О. Апостол**
ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ
НЕКОРЕЛЬОВАНОЇ ЕЛІПТИЧНОСТІ РОТОРА І СТАТОРА НА
ВИНИКНЕННЯ ВІБРАЦІЙ ЕЛЕКТРОДВИГУНА 14
11. **Р.Р. Гаван, В.В. Яцишин**
ПІДХОДИ ДО ВДОСКОНАЛЕННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ НА
ОСНОВІ АНАЛІЗУ ТОНАЛЬНОСТІ ВІДГУКІВ КОРИСТУВАЧІВ 16

**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**

УДК 621.396.019.4:621.396.4.037.372

М. Бедрійчук

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ АДАПТИВНОЇ СЕЛЕКЦІЇ КАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ ДЛЯ СИСТЕМИ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК»

UDC 621.396.019.4:621.396.4.037.372

M. Bedriyчук

(Ternopil Ivan Puluj National Technical Universtiy, Ukraine)

IMPLEMENTATION OF THE METHOD OF ADAPTIVE SELECTION OF COMMUNICATION CHANNELS FOR THE "SMART HOUSE" SYSTEM

Основною задачею використання методу адаптивної селекції каналів зв'язку для системи «Розумний будинок» є формування переліку пріоритетних вільних частот. Такий перелік формується згідно алгоритму побудованого на основі адаптивного методу вибору каналу зв'язку [1], який враховує діапазон послідовно вільних частот, сусідні частоти та розподіл по всьому діапазону частоти 2.4 ГГц, із врахуванням коефіцієнту випадковості при формуванні послідовності переліку, що потрібно для роботи однакових систем, аби сусідні пристрої не використовували вибрану частоту.

Структура системи «Розумний будинок» з використанням методу адаптивної селекції каналів зв'язку наведена на рисунку 1. Вона складається з єдиного керуючого модуля (головний модуль – «Home center») та інформаційних модулів («Motion sensor», «Smoke sensor», «Flood sensor»). Керуючий модуль «Home center» здійснює управління даними, отриманими від інших модулів системи, виявлення пріоритетних вільних частот, на основі запропонованого методу [1], а також передавання інформації по них.

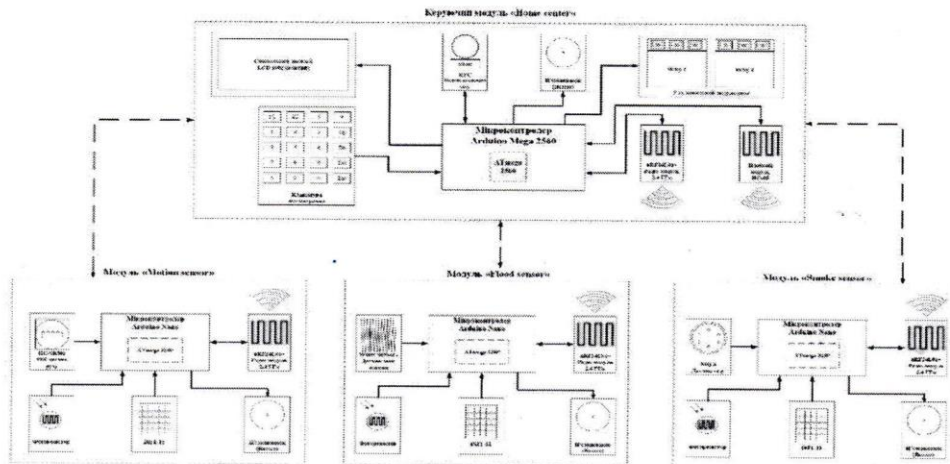


Рисунок 1 – Структура системи «Розумний будинок» з використанням методу адаптивної селекції каналів зв'язку

Отже, використання методу адаптивної селекції каналів зв'язку дозволить здійснювати передавання інформації в системі «Розумний будинок» по пріоритетних вільних частотах, враховуючи всі можливі сценарії при появі нових датчиків чи проходженні масивів повідомлень, з метою моніторингу та своєчасного реагування на перевищення встановлених рівнів на окремих датчиках (датчик руху, газу, затоплення, температури, вологості чи освітленості) відповідно до встановлених норм.

Література:

1. Бедрійчук М. Адаптивний метод вибору каналу зв'язку для розумного будинку. Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей VIII міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 27–28 листоп. 2019.) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль: ТНТУ, 2019. – 7.

СЕКЦІЯ 3. КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ	
В. Владика, Д. Величко, Г. Осухівська ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ В СИСТЕМІ «ЦИФРОВА ЛІКАРНЯ»	109
В. Барбарич, Ю. Івануса ШКІДЛИВИЙ ВПЛИВ WI-FI НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ	110
М. Бедрийчук РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ АДАПТИВНОЇ СЕЛЕКЦІЇ КАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ ДЛЯ СИСТЕМИ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК»	112
Д. Войтина, В. Яцишин АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ КРИТИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	113
Р. Гаван, В. Яцишин ОСОБЛИВОСТІ АНАЛІЗУ ТОНАЛЬНОСТІ ТЕКСТУ НА ОСНОВІ АСПЕКТІВ ПРИВДОСКОНАЛЕННІ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ	114
С. Галан, В. Яцишин ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ «РОЗУМНИХ СИСТЕМ» З МОЖЛИВІСТЮ ВЗАЄМОДІЇ З ХМАРНИМИ СЕРВІСАМИ	115
Р. Гайдук, Д. Михалик РОЗРОБКА СОЦІАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ БІБЛІОТЕК З ВИКОРИСТАННЯМ .NET ТЕХНОЛОГІЙ	116
Ю. Голояд МЕТОДИ ТА АЛГОРИТМИ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ	117
І. Голуб, О. Ясній МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПОБУДОВИ МЕРЕЖЕВИХ КОМУТАТОРІВ ЗПІДТРИМКОЮ ТЕХНОЛОГІЙ GERON ТА LTE	118
А. Джинджиристий, М. Паламар АНАЛІЗ МЕТОДІВ КОЛАБОРАТИВНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ПРИ ПІДБОРІ КОМАНДИ РОЗРОБНИКІВ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ	119
П. Євтух, В. Храпа МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ УЗГОДЖЕННЯ ЦИФРОВИХ ПОТОКІВ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ІОТ ДО МЕДИЧНИХ ПРИЛАДІВ	120
А. Жуйвода МЕТОД ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПЕРЕДАЧІ ГОЛОСОВИХ СИГНАЛІВ В КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ	121
А. Жуйвода ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПЕРЕДАЧІ ПОТОКОВОГО ТРАФІКУ	122
О. Зимницький ВРАЗЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ КРИПТОГРАФІЧНИХ МЕТОДІВ ЗАХИСТУ ПРОТОКОЛУ SSL/TLS	123
Б. Калиниченко, І. Грод ДОСЛІДЖЕННЯ ВРАЗЛИВОСТЕЙ МЕРЕЖІ ОФІСУ "ZoomSupport" ТА МЕТОДІВ ЇХ УСУНЕННЯ	124
В. Ковальов, С. Лупенко МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПОБУДОВИ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ ДІАЛОГОВИХ СИСТЕМ ТОРГОВОГО ЦЕНТРУ	125
І. Купратий НЕЙРОМЕРЕЖІ У СИСТЕМАХ БІОМЕТРИЧНОЇ АУТЕНТИФІКАЦІЇ ЗА КЛАВІАТУРНИМ ПОЧЕРКОМ	126
О. Лішук, Є. Тиш ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ АГРЕГАЦІЇ КАНАЛІВ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ	127

Додаток Б

Структурна схема модулів системи розумний будинок»

Структурні схеми основних модулів системи розумний будинок зображенні на рисунках Б.1. – Б.6..

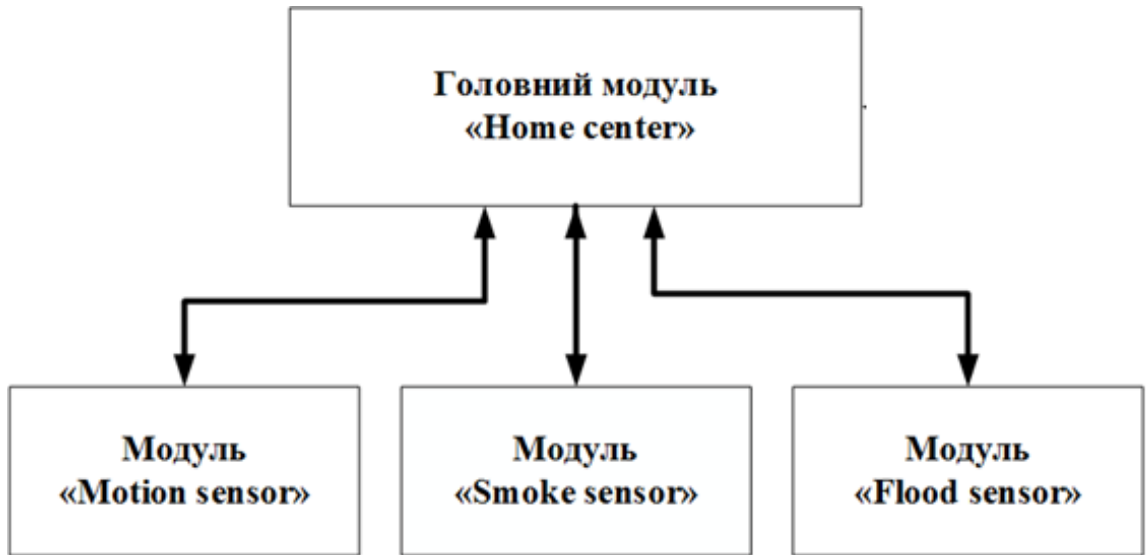


Рис. Б.1. Структурна схема системи «Розумний будинок» спрощена

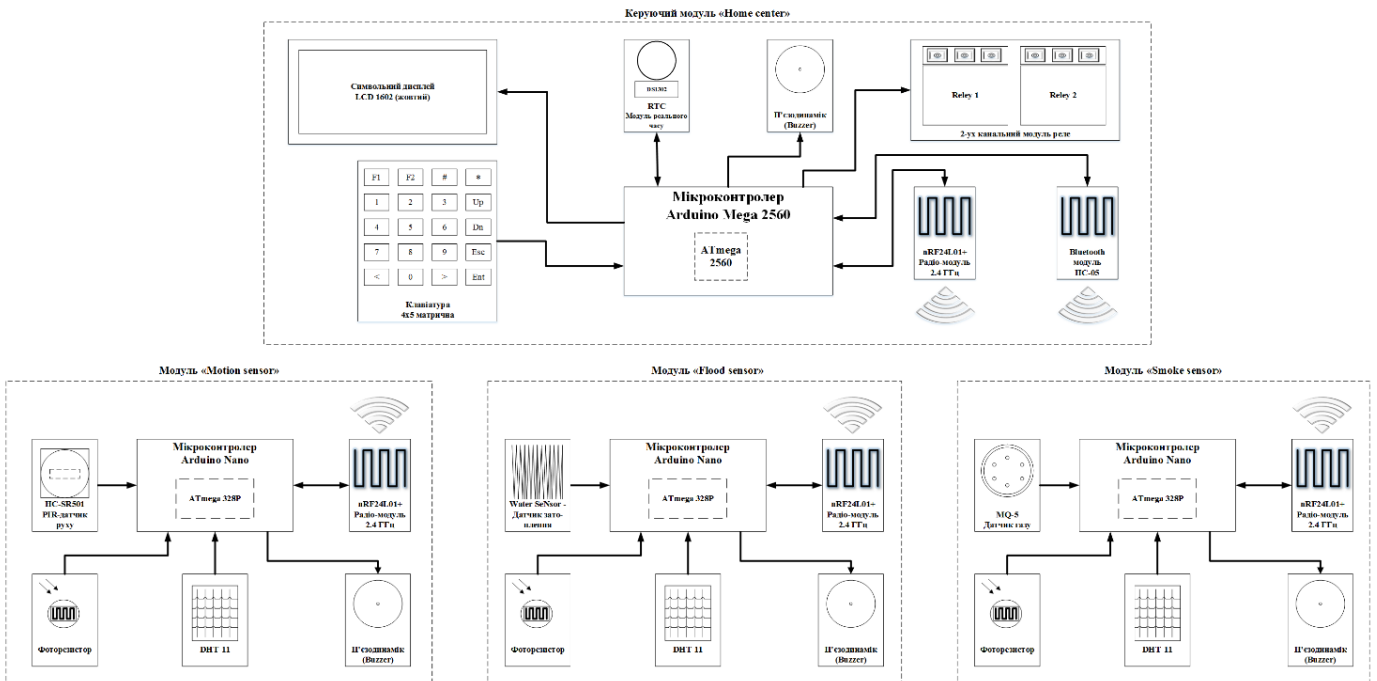


Рис. Б.2. Структурна схема системи «Розумний будинок» розширена

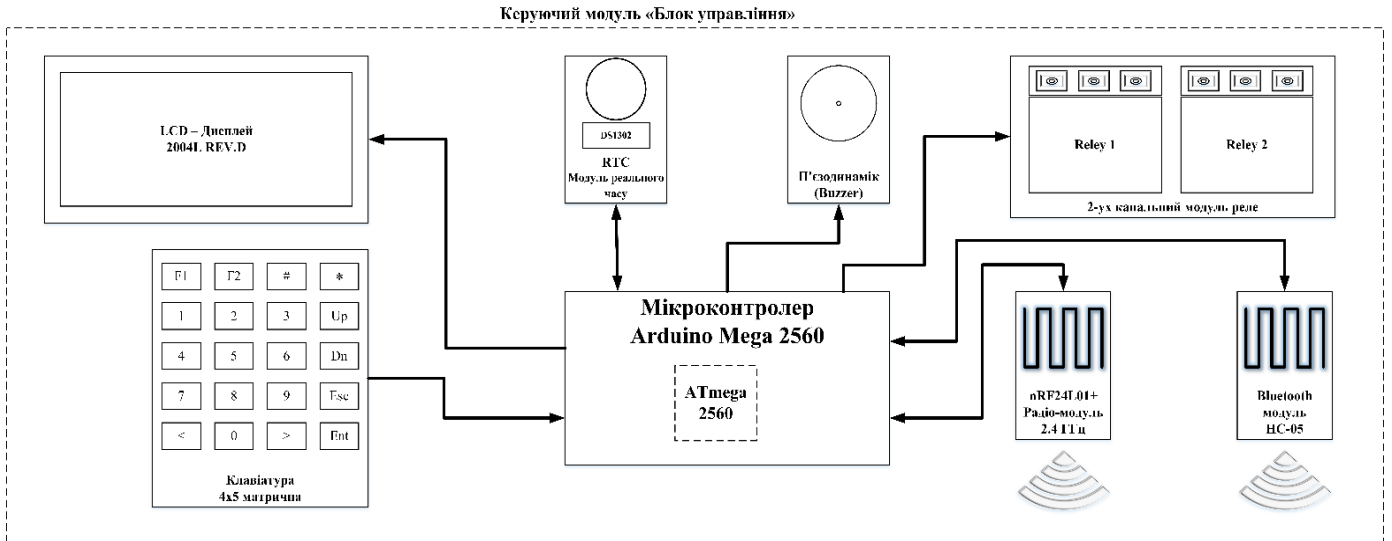


Рис. Б.3. Структурна схема керуючого модуля «Блок управління»

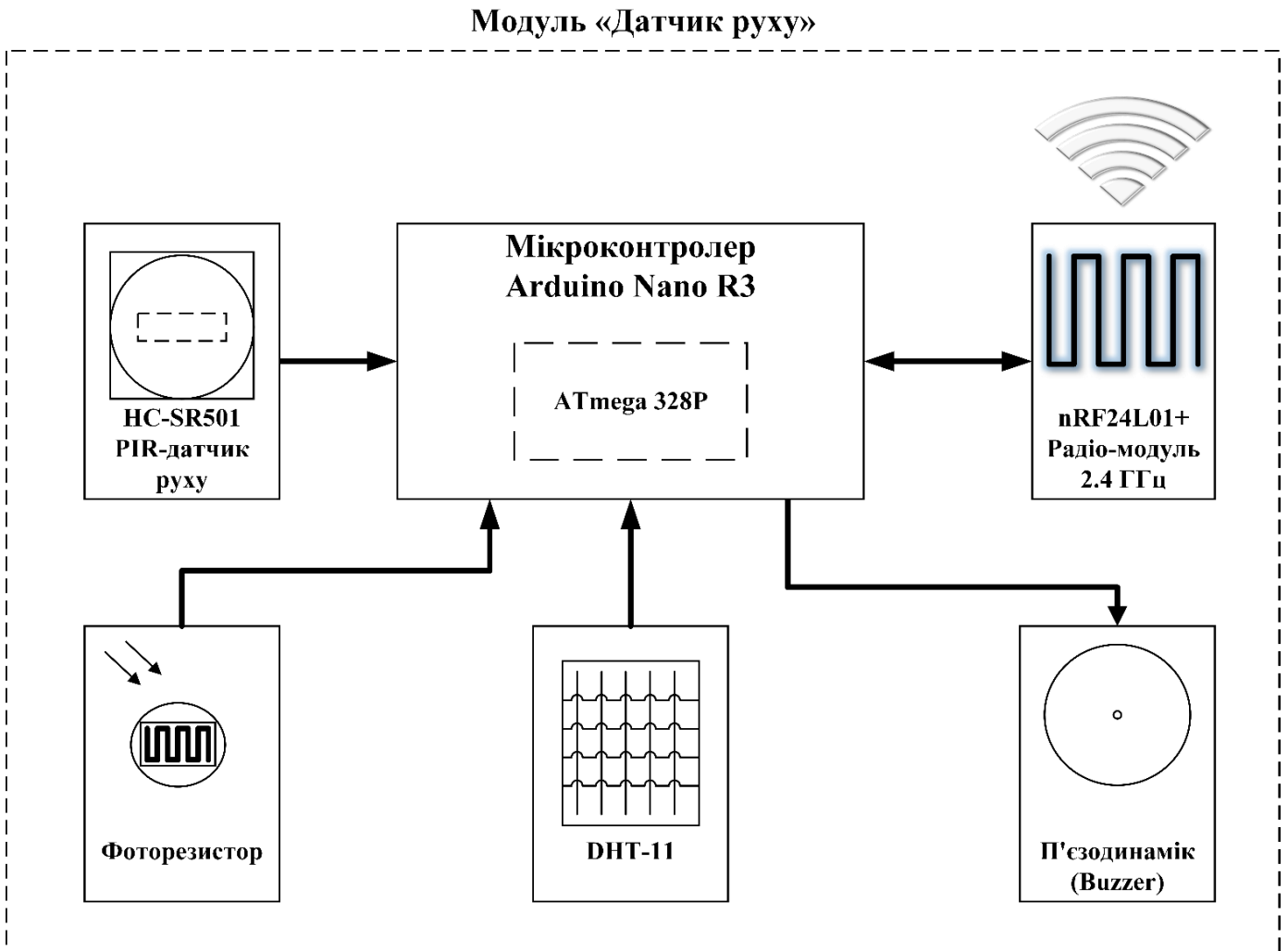


Рис. Б.4. Структурна схема модуля «Датчик руху»

Модуль «Датчик газу»

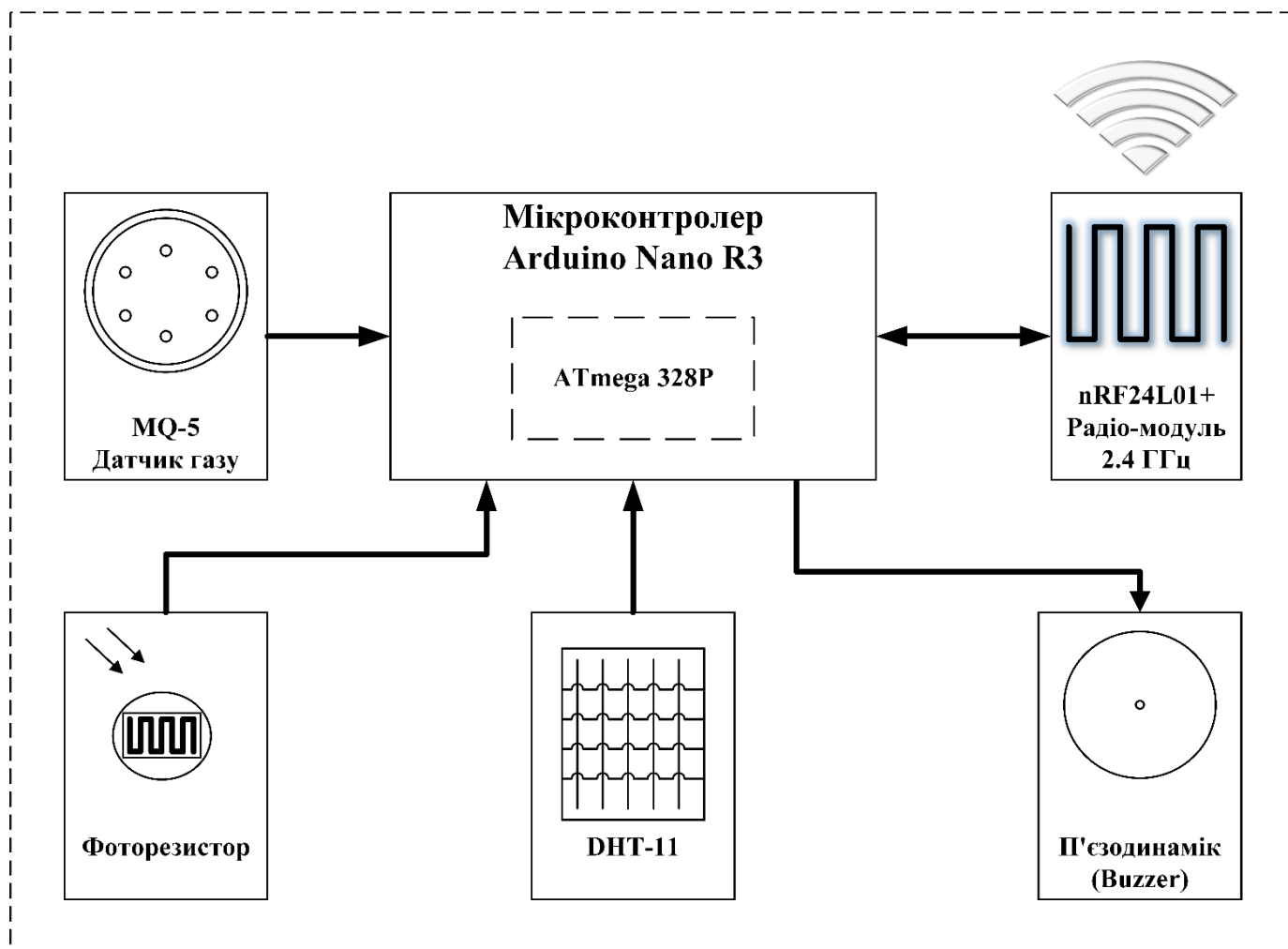


Рис. Б.5. Структурна схема модуля «Датчик газу»

Модуль «Датчик затоплення»

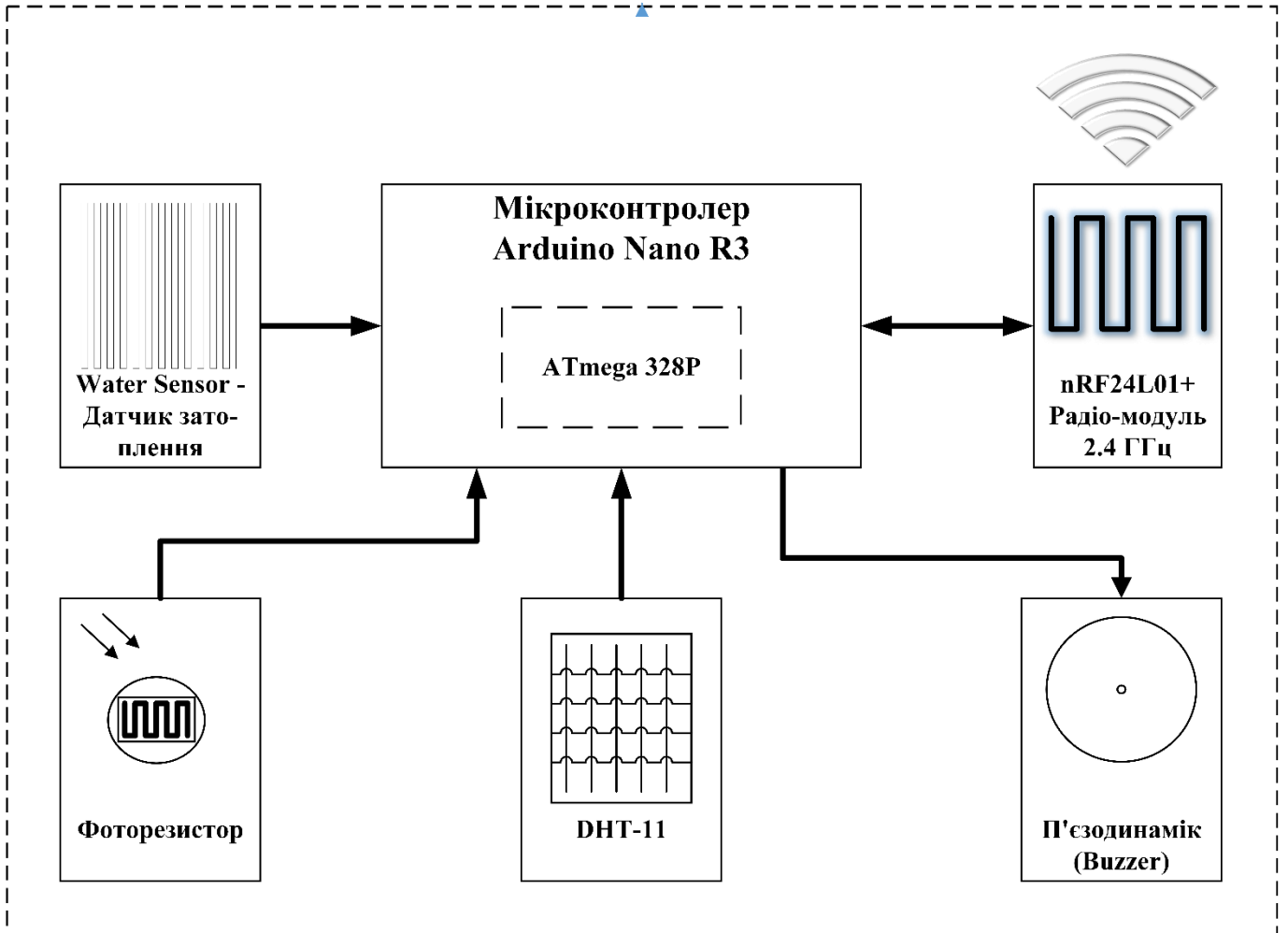


Рис. Б.6. Структурна схема модуля «Датчик затоплення»

Додаток В

Схема електрична принципова модулів розумний будинок

Схема електрична принципова основних модулів системи розумний будинок зображенні на рисунках В.1. – В.4..

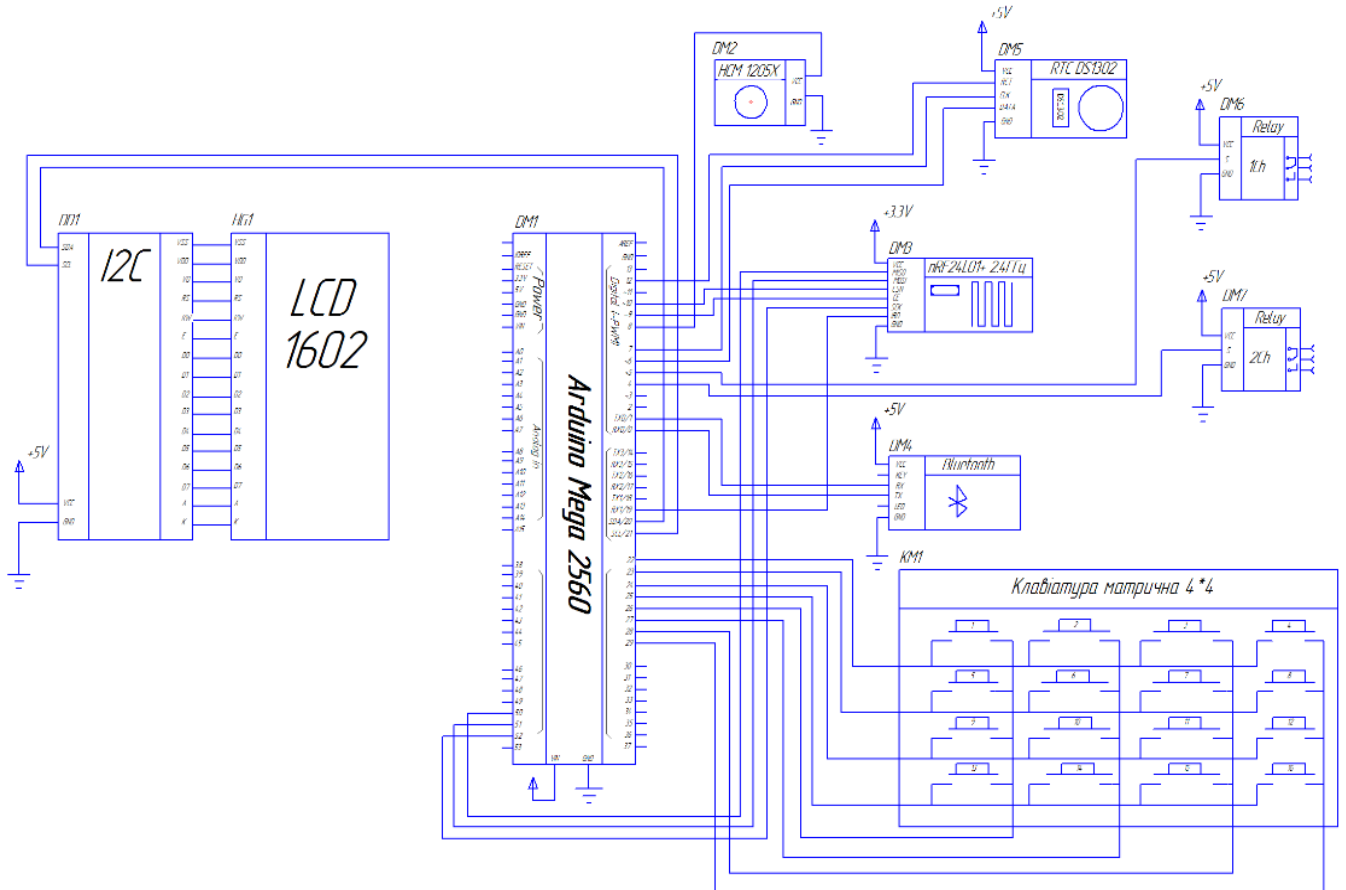


Рис. В.1. Схема електрична принципова керуючого модуля «Блок управління»

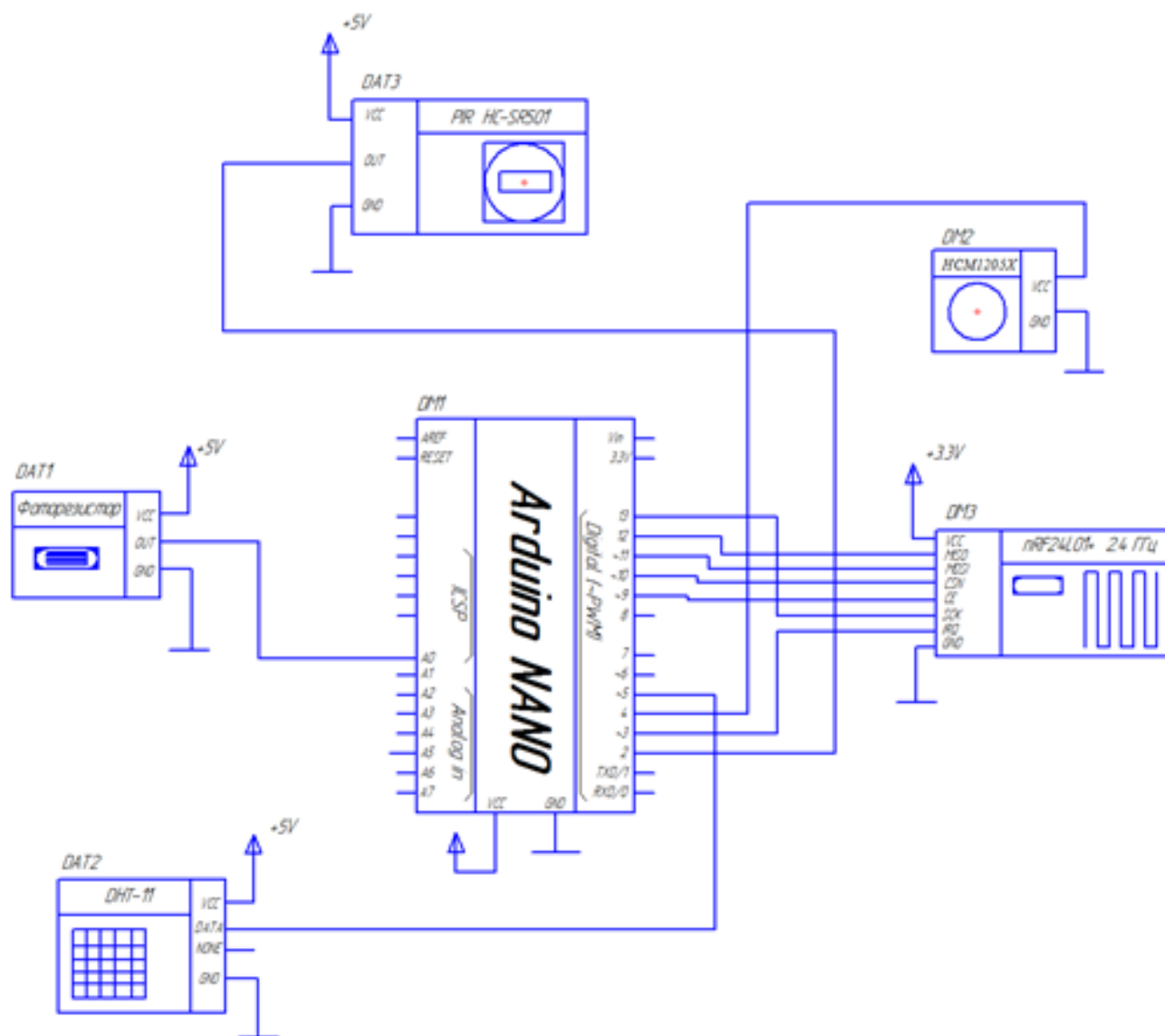


Рис. В.2. Схема електрична принципова модуля «Датчик руху»

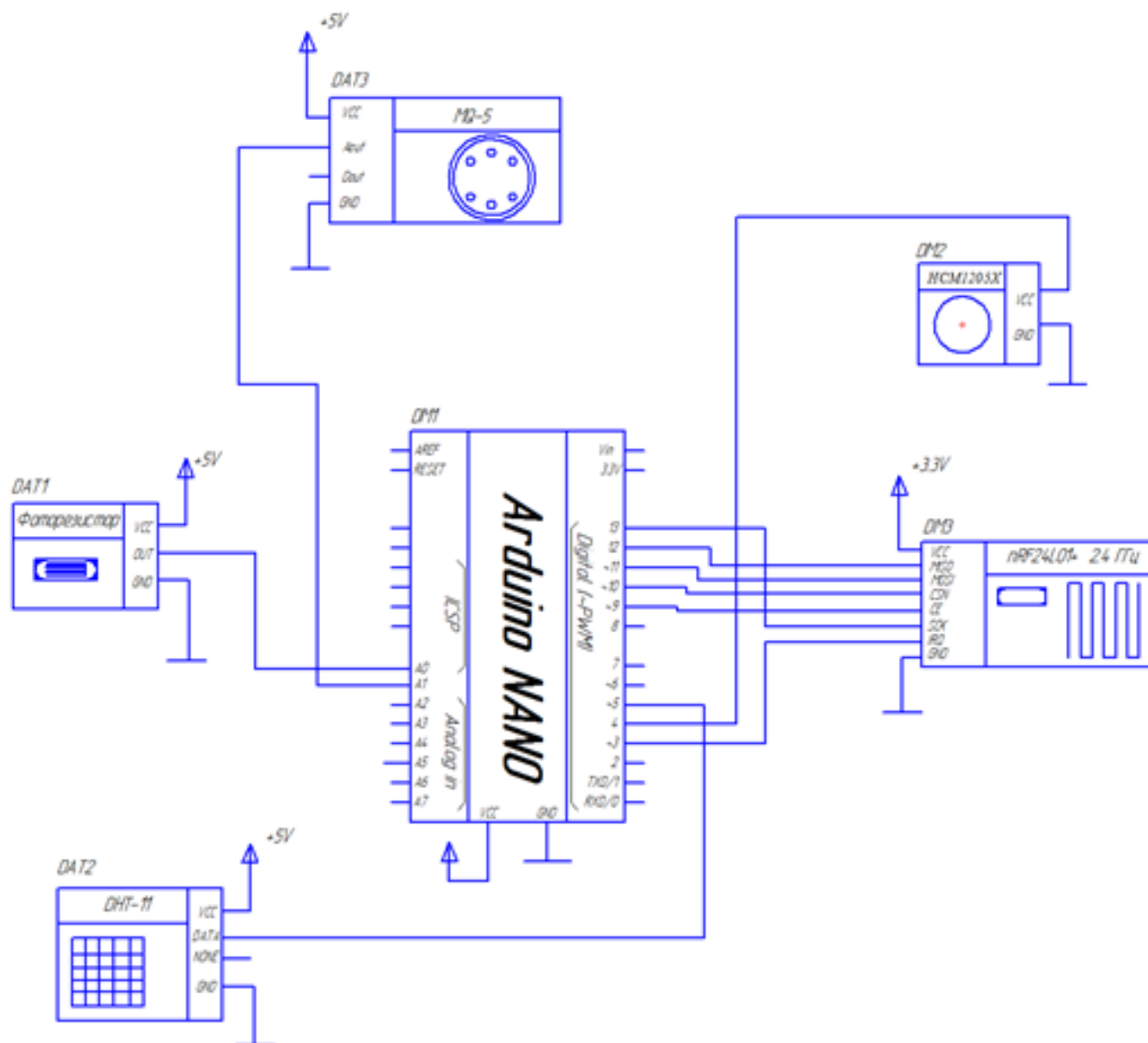


Рис. В.3. Схема електрична принципова модуля «Датчик газу»

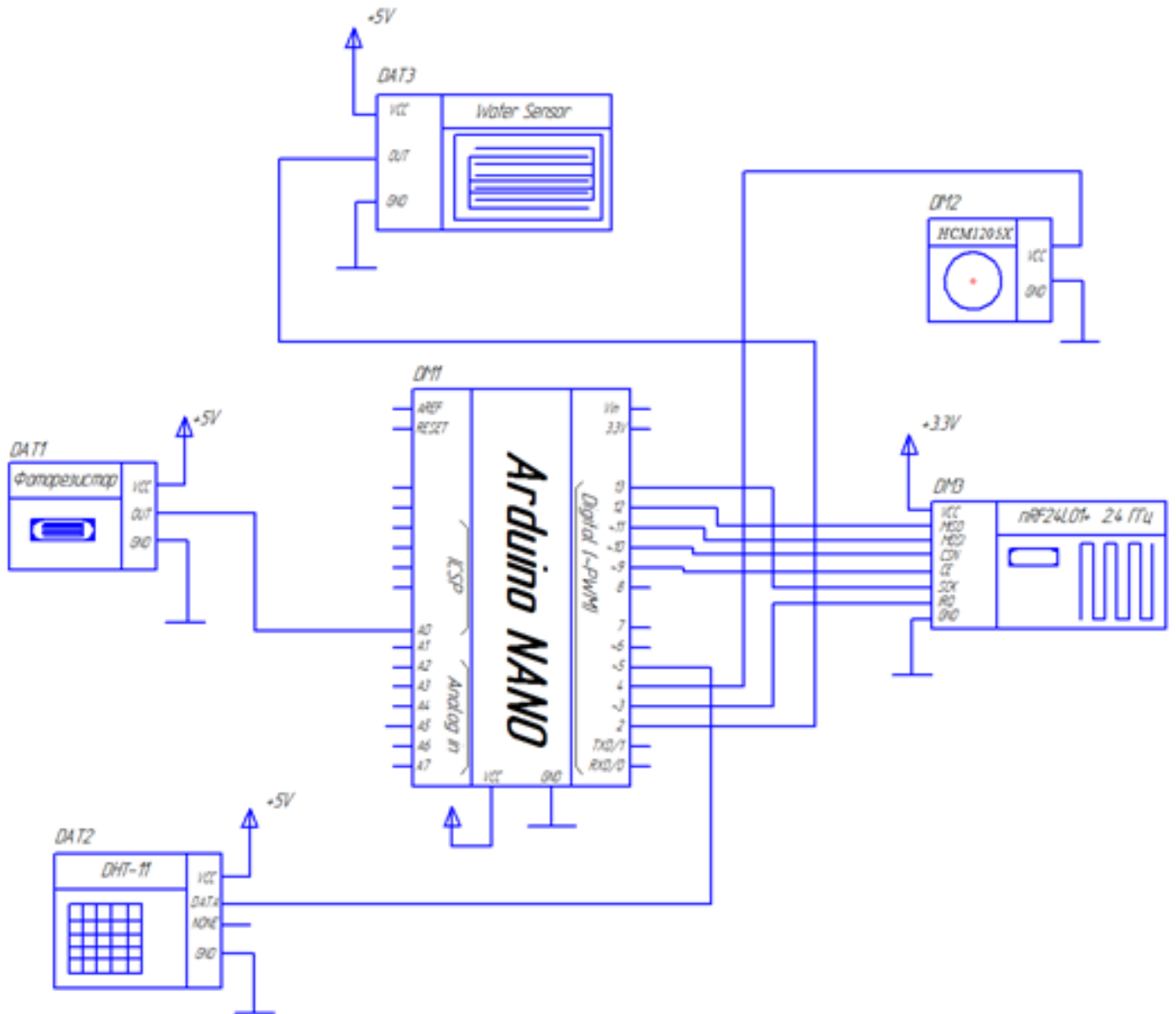


Рис. В.4. Схема електрична принципова модуля «Датчик затоплення»

Додаток Д

Результати досліджень методу адаптивної селекції каналів зв'язку для розумного будинку представлені у вигляді чотирьох таблиць результатів сканувань в чотирьох найбільш людних та технологічних місцях міста Тернопіль. Дані результати наведені в таблицях Д.1. – Д.4., а також для більш кращого візуального представлення побудовані чотири графіка сканування частотного діапазону 2.4 ГГц (див. рис. Д.1. – Д.4.) відповідно до поданих таблиць та скани Wi-Fi діапазону (див. рис. Д.5. – Д.8.).

Таблиця Д.1

Результати сканування в «ГНТУ ім. І. Пулюя корпус №1»

Номер каналу	Рівень шуму	Номер каналу	Рівень шуму	Номер каналу	Рівень шуму	Номер каналу	Рівень шуму	Номер каналу	Рівень шуму
1	0,00	26	0,00	51	0,00	76	0,02	101	0,00
2	0,00	27	0,02	52	0,00	77	0,02	102	0,00
3	0,02	28	0,00	53	0,02	78	0,02	103	0,00
4	0,00	29	0,02	54	0,02	79	0,00	104	0,00
5	0,00	30	0,00	55	0,02	80	1,14	105	0,00
6	0,02	31	0,02	56	0,05	81	0,00	106	0,00
7	0,00	32	0,02	57	0,02	82	0,00	107	0,00
8	0,00	33	0,73	58	0,00	83	0,00	108	0,02
9	0,00	34	4,95	59	0,52	84	0,00	109	0,00
10	0,02	35	4,34	60	0,77	85	0,00	110	0,00
11	0,00	36	3,43	61	0,77	86	0,00	111	0,05
12	0,00	37	1,20	62	0,05	87	0,00	112	0,05
13	0,00	38	1,77	63	0,80	88	0,00	113	0,02
14	0,00	39	2,02	64	0,32	89	0,00	114	0,02
15	0,02	40	2,16	65	0,34	90	0,00	115	0,02
16	0,00	41	0,16	66	0,11	91	0,00	116	0,02
17	0,02	42	0,05	67	0,07	92	0,00	117	0,00
18	0,02	43	0,00	68	0,00	93	0,00	118	0,36
19	0,02	44	0,02	69	0,05	94	0,00	119	0,09
20	0,02	45	0,02	70	0,02	95	0,00	120	0,36
21	0,00	46	0,02	71	0,00	96	0,00	121	0,66
22	0,00	47	0,02	72	0,05	97	0,00	122	0,52
23	0,02	48	0,02	73	0,00	98	0,00	123	0,36
24	0,05	49	0,00	74	0,07	99	0,00	124	0,07
25	0,05	50	0,02	75	0,00	100	0,00	125	0,07

Таблиця Д.2

Результати сканування на «Театральному майдані»

Номер каналу	Рівень шуму	Номер каналу	Рівень шуму	Номер каналу	Рівень шуму	Номер каналу	Рівень шуму	Номер каналу	Рівень шуму
1	0,06	26	1,04	51	0,57	76	0,19	101	0,02
2	0,23	27	0,43	52	0,26	77	0,30	102	0,02
3	0,81	28	0,65	53	0,31	78	0,37	103	0,02
4	0,48	29	0,64	54	0,25	79	0,48	104	0,00
5	0,28	30	0,43	55	0,27	80	0,51	105	0,01
6	1,72	31	0,12	56	0,26	81	0,09	106	0,02
7	2,81	32	0,19	57	0,20	82	0,04	107	0,01
8	4,89	33	0,19	58	0,19	83	0,05	108	0,00
9	5,16	34	0,23	59	0,14	84	0,02	109	0,01
10	5,83	35	0,27	60	0,11	85	0,02	110	0,00
11	5,90	36	0,43	61	0,19	86	0,04	111	0,01
12	6,19	37	0,37	62	0,15	87	0,02	112	0,01
13	5,47	38	0,51	63	0,16	88	0,02	113	0,02
14	7,09	39	0,49	64	0,14	89	0,06	114	0,00
15	6,58	40	0,26	65	0,23	90	0,02	115	0,01
16	6,77	41	0,33	66	0,14	91	0,01	116	0,01
17	5,63	42	0,38	67	0,10	92	0,01	117	0,02
18	5,10	43	0,42	68	0,06	93	0,01	118	0,02
19	2,93	44	0,31	69	0,19	94	0,04	119	0,02
20	1,09	45	0,21	70	0,12	95	0,04	120	0,05
21	0,16	46	0,32	71	0,06	96	0,04	121	0,10
22	0,17	47	0,40	72	0,27	97	0,02	122	0,22
23	0,28	48	0,40	73	0,28	98	0,02	123	0,06
24	0,28	49	1,41	74	0,25	99	0,02	124	0,05
25	0,63	50	0,62	75	0,27	100	0,02	125	0,05

Результати сканування в «ТЦ Орнава»

Номер каналу	Рівень шуму	Номер каналу	Рівень шуму	Номер каналу	Рівень шуму	Номер каналу	Рівень шуму	Номер каналу	Рівень шуму
1	0,00	26	4,25	51	0,68	76	0,84	101	0,02
2	0,93	27	1,32	52	0,75	77	0,52	102	0,00
3	3,84	28	0,63	53	1,02	78	0,09	103	0,00
4	0,73	29	0,45	54	0,89	79	1,75	104	0,04
5	0,13	30	0,45	55	1,00	80	3,32	105	0,00
6	0,50	31	0,61	56	1,16	81	1,13	106	0,00
7	0,48	32	0,36	57	0,93	82	0,05	107	0,02
8	1,16	33	0,57	58	1,14	83	0,02	108	0,02
9	2,38	34	0,54	59	1,38	84	0,02	109	0,00
10	4,88	35	0,55	60	1,82	85	0,00	110	0,00
11	5,64	36	1,09	61	2,14	86	0,02	111	0,00
12	5,32	37	0,55	62	2,25	87	0,13	112	0,00
13	1,59	38	1,16	63	1,98	88	0,14	113	0,00
14	5,05	39	0,82	64	1,52	89	0,66	114	0,00
15	5,16	40	0,80	65	1,21	90	0,11	115	0,00
16	4,43	41	0,64	66	0,66	91	0,00	116	0,00
17	3,73	42	0,39	67	0,96	92	0,00	117	0,00
18	2,29	43	0,41	68	1,04	93	0,00	118	0,00
19	1,27	44	0,43	69	1,63	94	0,00	119	0,00
20	1,00	45	0,52	70	1,82	95	0,00	120	0,45
21	0,59	46	0,66	71	1,82	96	0,00	121	0,88
22	0,52	47	0,66	72	1,18	97	0,00	122	0,82
23	0,34	48	0,57	73	1,59	98	0,00	123	0,50
24	0,48	49	0,36	74	1,54	99	0,00	124	0,34
25	0,71	50	0,50	75	1,18	100	0,00	125	0,29

Результати сканування «ТРЦ Подільни»

Номер каналу	Рівень шуму	Номер каналу	Рівень шуму	Номер каналу	Рівень шуму	Номер каналу	Рівень шуму	Номер каналу	Рівень шуму
1	0,04	26	2,28	51	1,85	76	0,39	101	0,00
2	0,05	27	1,09	52	1,61	77	0,31	102	0,03
3	0,32	28	1,69	53	1,81	78	0,15	103	0,02
4	0,22	29	1,45	54	2,18	79	0,18	104	0,01
5	0,82	30	1,34	55	2,35	80	0,33	105	0,01
6	1,54	31	0,85	56	2,12	81	0,08	106	0,02
7	2,93	32	0,79	57	2,14	82	0,08	107	0,01
8	3,77	33	0,87	58	2,23	83	0,06	108	0,02
9	4,18	34	1,65	59	2,40	84	0,01	109	0,02
10	4,76	35	1,93	60	2,54	85	0,03	110	0,02
11	4,60	36	1,72	61	2,62	86	0,00	111	0,02
12	4,87	37	1,91	62	1,63	87	0,05	112	0,02
13	3,70	38	2,63	63	2,68	88	0,01	113	0,00
14	4,32	39	3,16	64	2,63	89	0,03	114	0,00
15	4,72	40	3,36	65	2,49	90	0,02	115	0,00
16	4,77	41	3,06	66	2,31	91	0,05	116	0,00
17	4,98	42	1,94	67	2,02	92	0,07	117	0,02
18	4,67	43	3,18	68	1,58	93	0,00	118	0,00
19	3,98	44	3,25	69	1,55	94	0,00	119	0,01
20	3,26	45	2,82	70	1,43	95	0,02	120	0,01
21	2,94	46	2,26	71	0,92	96	0,01	121	0,06
22	1,64	47	1,88	72	0,58	97	0,03	122	0,05
23	1,41	48	1,98	73	0,78	98	0,02	123	0,01
24	1,79	49	2,28	74	0,66	99	0,01	124	0,01
25	2,12	50	2,37	75	0,63	100	0,04	125	0,00



Рис. Д.1. Скан частотного діапазону в «ТНТУ ім. І. Пулюя корпус №1»



Рис. Д.2. Скан частотного діапазону 2.4 ГГц на «Театральному майданні»



Рис. Д.3. Скан частотного діапазону 2.4 ГГц в «ТЦ Орнава»



Рис. Д.4. Скан частотного діапазону 2.4 ГГц в «ТРЦ Подольани»



Рис. Д.5. Скан Wi-Fi діапазону в «ТНТУ ім. І. Пулюя корпус №1»

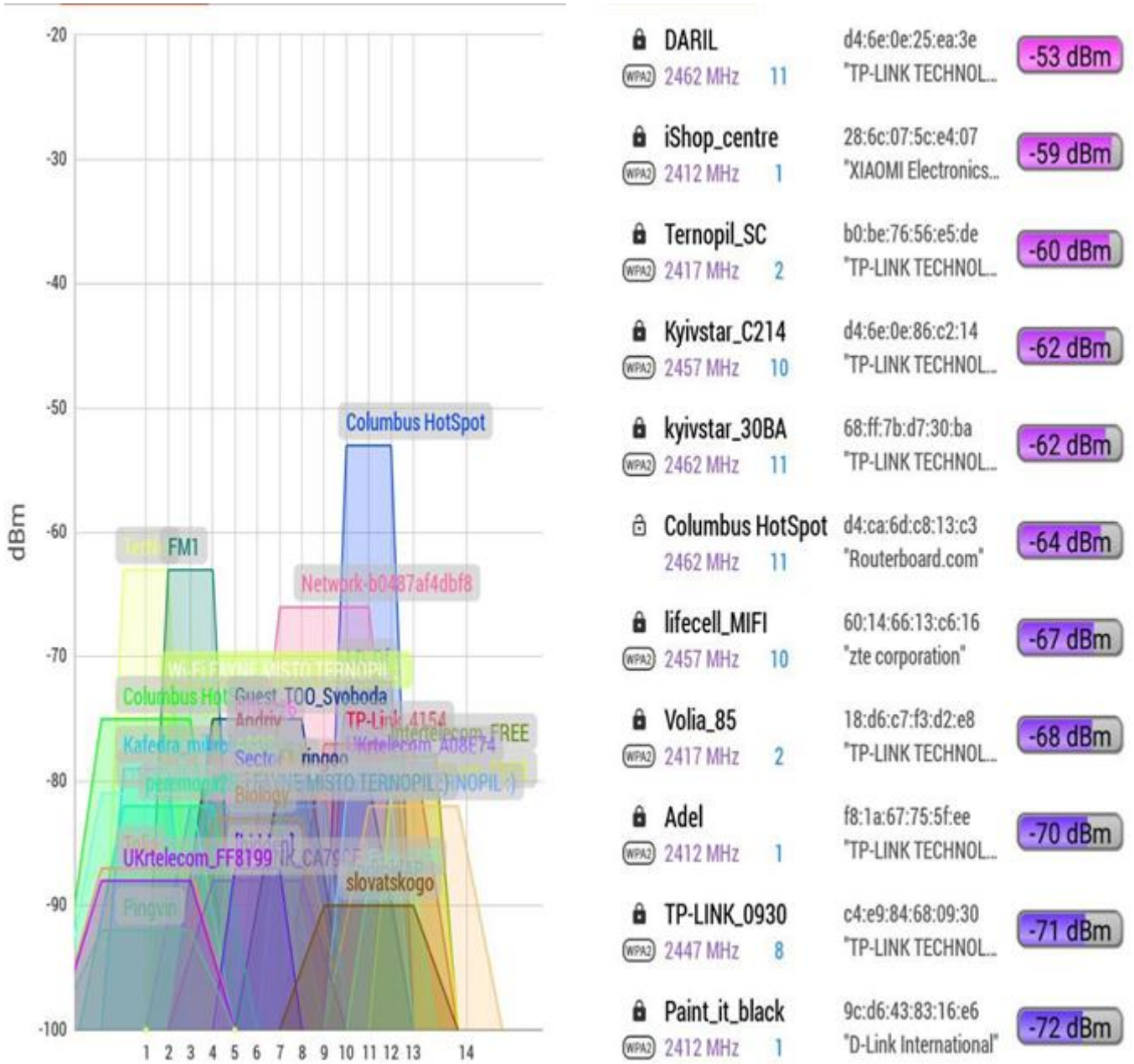


Рис. Д.6. Скан Wi-Fi діапазону на «Театральному майдані»

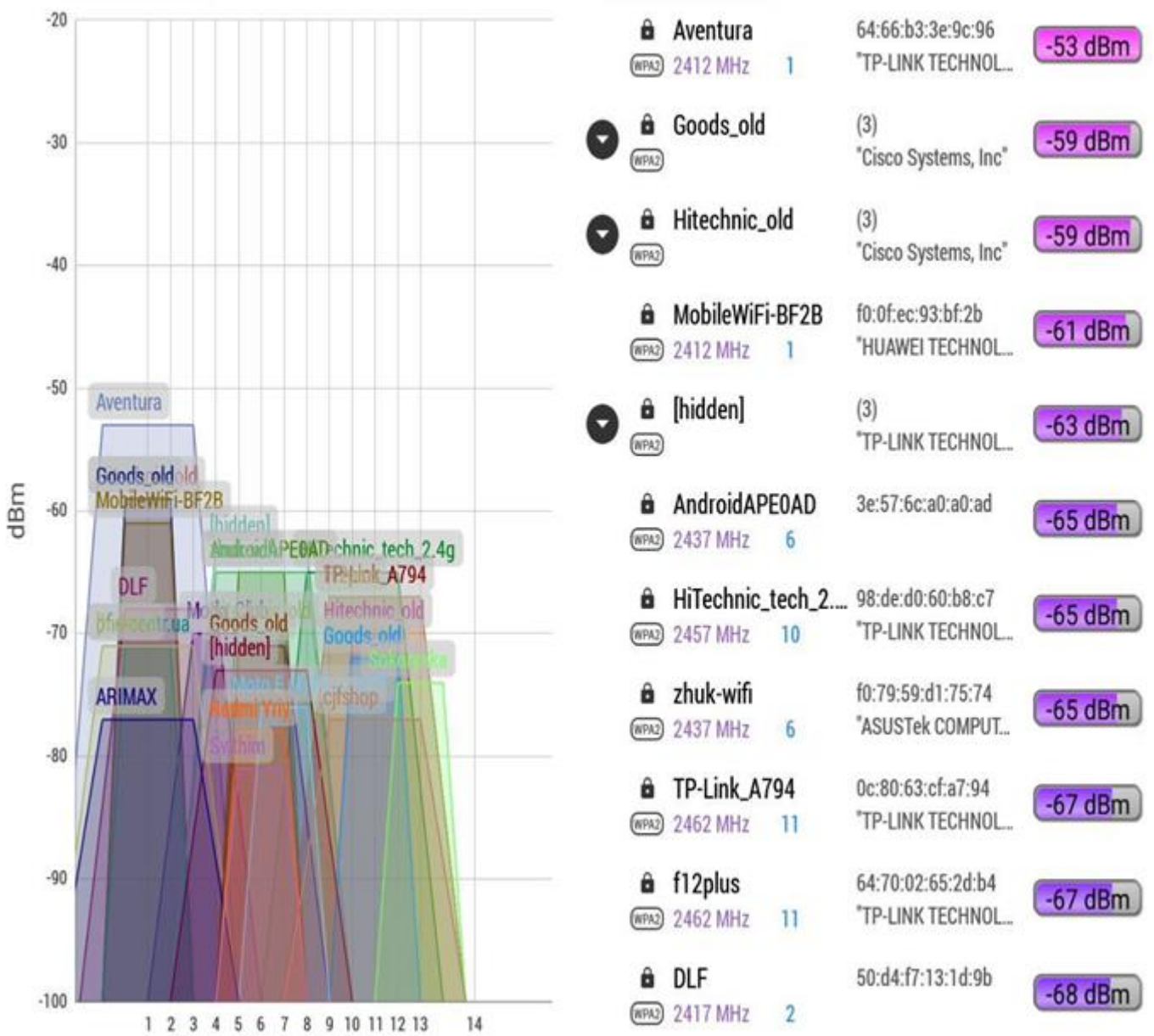


Рис. Д.7. Скан Wi-Fi діапазону в «ТЦ Орнава»

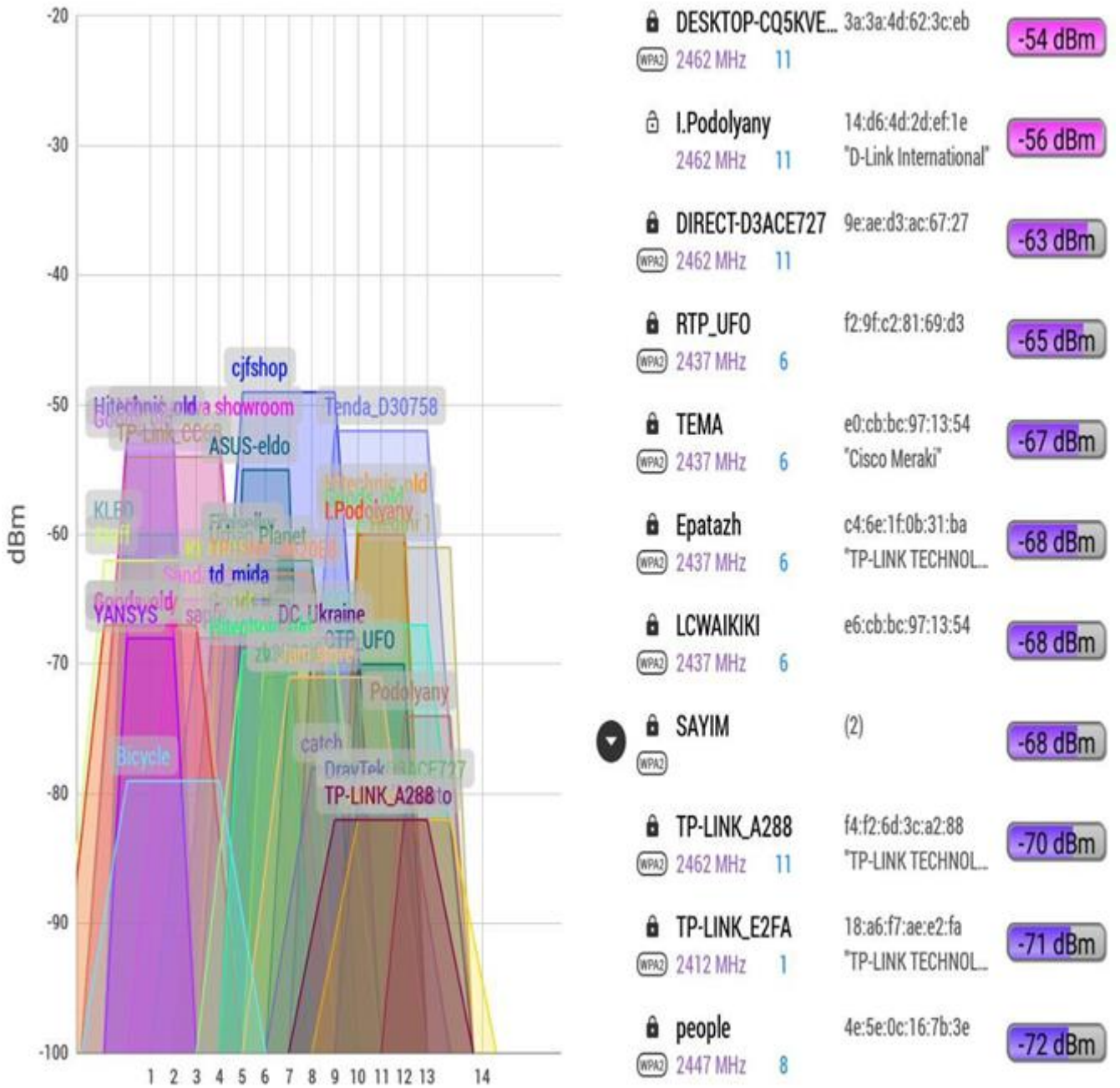


Рис. Д.8. Скан Wi-Fi діапазону в «ТРЦ Подольяни»

Додаток Е

Блок-схема алгоритму роботи основної програми

Блок-схема алгоритму роботи програми головного модуля системи РБ «Блок управління» зображена на рис. Е.1.

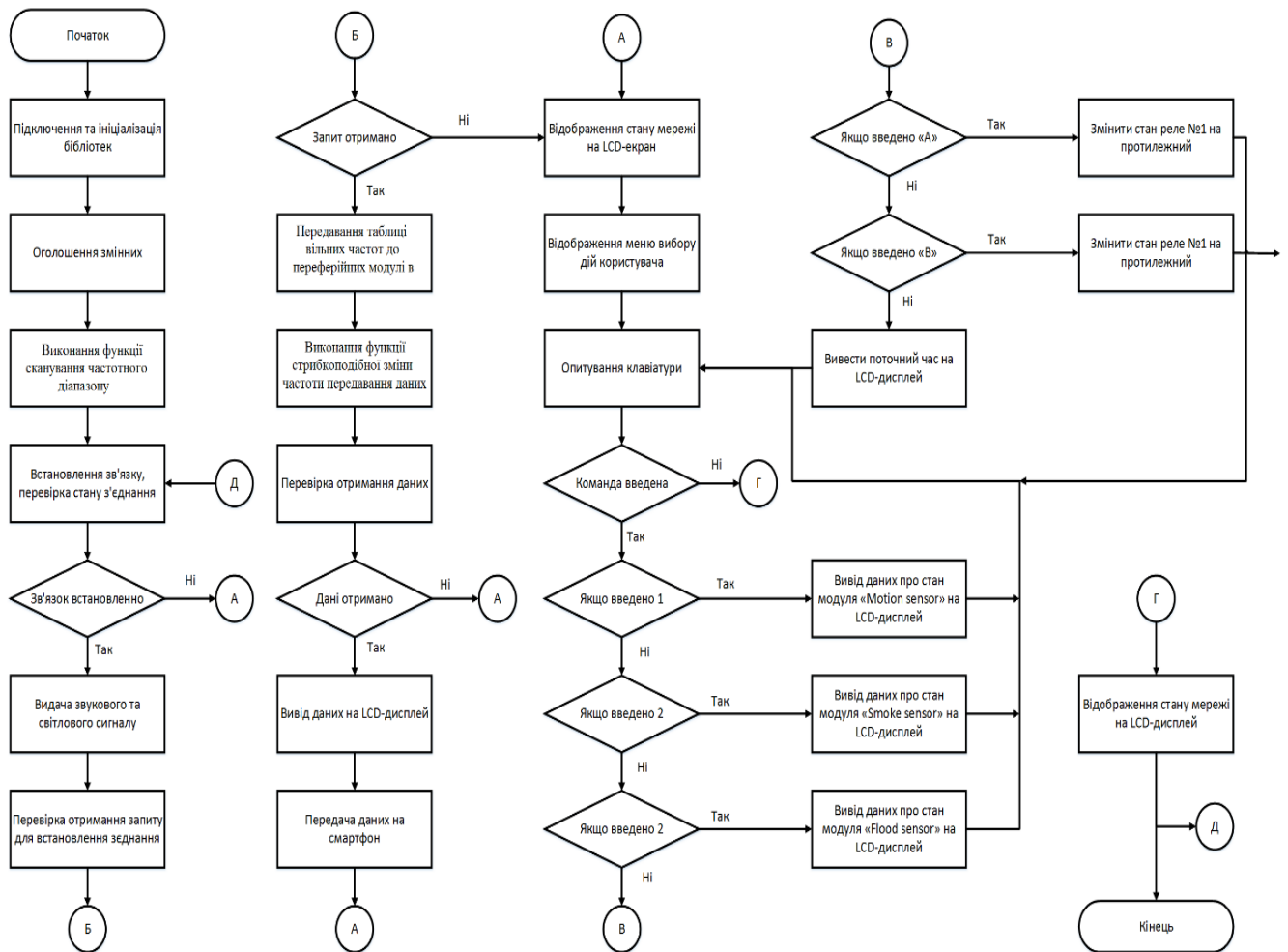


Рис. Е.1. -Блок-схема алгоритму роботи головного модуля «Блок керування»

Додаток 3

Лістинг програмного забезпечення

Код функції:

Метод ScanF()

```

#include <SPI.h>
#include "nRF24L01.h"
#include "RF24.h"
#include "printf.h"
//
// Hardware configuration
//
// Set up nRF24L01 radio on SPI bus plus pins 7 & 8
RF24 radio(7,8);
//
// Channel info
//
const uint8_t num_channels = 126;
uint8_t values[num_channels];
//
// Setup
//
void setup(void)
{
    //
    // Print preamble
    //
    Serial.begin(115200);
    printf_begin();
    Serial.println(F("\n\rRF24/examples/scanner/"));
    //
    // Setup and configure rf radio
    //
    radio.begin();
    radio.setAutoAck(false);
    // Get into standby mode
    radio.startListening();
    radio.stopListening();
    radio.printDetails();
    // Print out header, high then low digit
    int i = 0;
    while ( i < num_channels )
    {
        printf("%x",i>>4);
        ++i;
    }
    Serial.println();
    i = 0;
    while ( i < num_channels )

```



```

    {
        printf("%x",i&0xf);
        ++i;
    }
    Serial.println();
}
//
// Loop
//
const int num_reps = 100;
void loop(void)
{
    // Clear measurement values
    memset(values,0,sizeof(values));
    // Scan all channels num_reps times
    int rep_counter = num_reps;
    while (rep_counter--)
    {
        int i = num_channels;
        while (i--)
        {
            // Select this channel
            radio.setChannel(i);
            // Listen for a little
            radio.startListening();
            delayMicroseconds(128);
            radio.stopListening();
            // Did we get a carrier?
            if ( radio.testCarrier() ){
                ++values[i];
            }
        }
    }
    // Print out channel measurements, clamped to a single hex digit
    int i = 0;
    while ( i < num_channels )
    {
        printf("%x",min(0xf,values[i]));
        ++i;
    }
    Serial.println();
}
// vim:ai:cin:sts=2 sw=2 ft=cpp

```

Код для RX метод FHSS

```

// Code for RX
// Setup for nRF24L01
#include <SPI.h>
#include "nRF24L01.h"
#include "RF24.h"
#include "printf.h"
RF24 radio(6,7);
const uint64_t pipes[2] = { 0xABCDABCD71LL, 0x544d52687CLL }; //
Address of PTX and PRX
int interrupt_time = 10;
byte Int_cnt = 0;
byte Int_TX_cnt = 5;
volatile boolean fired = false;
unsigned long last_rx_time = 0;
bool fhss_on = false;

byte fhss_schema[]={11, 46, 32, 49, 2, 19, 3, 33, 30, 14, 9, 13,
6, 1, 34, 39, 44, 43, 54, 24, 42, 37, 31};
byte ptr_fhss_schema = 0;

typedef struct{
    int var1_value;
    int var2_value;
    int var3_value;
    int var4_value;
    byte var5_value;
}
A_t;

typedef struct{
    int var1_value;
    int var2_value;
    int var3_value;
    int var4_value;
    int var5_value;
    int var6_value;
}
B_t;

A_t data_RX;
B_t data_TX;

void setup()
{
    Serial.begin(115200);
    printf_begin();
    radio.begin();
    radio.setPALevel(RF24_PA_MAX);
    radio.setRetries(4,9);
}

```

```

radio.setAutoAck(1);
radio.enableAckPayload();
radio.enableDynamicPayloads();
radio.setDataRate(RF24_250KBPS);
radio.setChannel(fhss_schema[ptr_fhss_schema]);
radio.openWritingPipe(pipes[0]);
radio.openReadingPipe(1,pipes[1]);
data_RX.var1_value=0;
data_RX.var2_value=0;
data_RX.var3_value=0;
data_RX.var4_value=0;
data_RX.var5_value=0;
data_TX.var1_value=0;
data_TX.var2_value=0;
data_TX.var3_value=0;
data_TX.var4_value=0;
data_TX.var5_value=0;
data_TX.var6_value=0;
radio.startListening();
radio.printDetails();

TCCR1A = 0;
TCCR1B = 1<<WGM12 | 1<<CS11;
TCNT1 = 0;          // reset counter
OCR1A = (interrupt_time*2000)-1;
TIFR1 |= _BV (OCF1A);
TIMSK1 = _BV (OCIE1A);
last_rx_time = millis();
}

void loop()
{
  if(fired) {
    fired=false;
    Int_cnt++;
    if(Int_cnt > Int_TX_cnt) Int_cnt=0;
    if(Int_cnt==(Int_TX_cnt-1) && fhss_on==true) {
      ptr_fhss_schema++;
      if(ptr_fhss_schema >= sizeof(fhss_schema))
ptr_fhss_schema=0;
      radio.setChannel(fhss_schema[ptr_fhss_schema]);
      write_ackpayload();
    }
  }
  if((millis() - last_rx_time) >
(((sizeof(fhss_schema))+5)*10*Int_TX_cnt)) {
    last_rx_time = millis();
    fhss_on=false;
    ptr_fhss_schema++;
    if(ptr_fhss_schema
>= sizeof(fhss_schema)) ptr_fhss_schema=0;
    radio.setChannel(fhss_schema[ptr_fhss_schema]);
  }
}

```

```

if(radio.available()) {
    TCNT1 = 0;
    fhss_on=true;
    last_rx_time = millis();
    radio.read(&data_RX,sizeof(data_RX));

    Serial.print("Data from TX station : ");
    Serial.print(data_RX.var1_value);
    Serial.print(", ");
    Serial.print(data_RX.var2_value);
    Serial.print(", ");
    Serial.print(data_RX.var3_value);
    Serial.print(", ");
    Serial.print(data_RX.var4_value);
    Serial.print(", ");
    Serial.println(data_RX.var5_value);
    Int_cnt = 0;
} else {

    data_TX.var1_value++;
    data_TX.var2_value++;
    data_TX.var3_value++;
    data_TX.var4_value++;
    data_TX.var5_value++;
    data_TX.var6_value++;
}

}

void write_ackpayload()
{
    radio.flush_tx(); // First, empty TX FIFO
    radio.writeAckPayload(1,&data_TX,sizeof(data_TX));
}

ISR (TIMER1_COMPA_vect)
{
    fired = true;
}

// Code for TX

// Setup for nRF24L01
#include <SPI.h>
#include "nRF24L01.h"
#include "RF24.h"
#include "printf.h"
RF24 radio(6,7);
const uint64_t pipes[2] = { 0xABCDABCD71LL, 0x544d52687CLL }; //
Address of PTX and PRX
int interrupt_time = 10;
byte Int_cnt = 0; // Interrupt counter
byte Int_TX_cnt = 5;

```

```

volatile boolean fired = false;

byte fhss_schema[]={11, 46, 32, 49, 2, 19, 3, 33, 30, 14, 9, 13,
6, 1, 34, 39, 44, 43, 54, 24, 42, 37, 31};
byte ptr_fhss_schema = 0;

typedef struct{
    int var1_value;
    int var2_value;
    int var3_value;
    int var4_value;
    byte var5_value;
}
A_t;

typedef struct{
    int var1_value;
    int var2_value;
    int var3_value;
    int var4_value;
    int var5_value;
    int var6_value;
}
B_t;

A_t data_TX;
B_t data_RX;

void setup()
{
    Serial.begin(115200);
    printf_begin();
    radio.begin();
    radio.setPALevel(RF24_PA_LOW);
    radio.setRetries(4,9);
    radio.setAutoAck(1);
    radio.enableAckPayload();
    radio.enableDynamicPayloads();
    radio.setDataRate(RF24_250KBPS);
    radio.setChannel(fhss_schema[ptr_fhss_schema]);
    radio.openWritingPipe(pipes[1]);
    radio.openReadingPipe(1,pipes[0]);
    data_TX.var1_value=1;
    data_TX.var2_value=2;
    data_TX.var3_value=3;
    data_TX.var4_value=4;
    data_TX.var5_value=0x05;
    radio.startListening();
    radio.printDetails();

    TCCR1A = 0;
    TCCR1B = 1<<WGM12 | 1<<CS11;
    TCNT1 = 0;

```

```

OCR1A = (interrupt_time*2000)-1;
TIFR1 |= _BV (OCF1A);
TIMSK1 = _BV (OCIE1A);
}

void loop()
{
    if(fired) {
        fired=false;
        Int_cnt++;
        if(Int_cnt==(Int_TX_cnt-1)) {
            ptr_fhss_schema++;
            if(ptr_fhss_schema >= sizeof(fhss_schema))
ptr_fhss_schema=0;
            radio.setChannel(fhss_schema[ptr_fhss_schema]);
        }
    }
    if(Int_cnt == Int_TX_cnt) {
        radio.stopListening();
        radio.write( &data_TX, sizeof(data_TX) );
        if(radio.isAckPayloadAvailable())
        {
            radio.read(&data_RX, sizeof(data_RX));
            Serial.print("Data from RX station : ");
            Serial.print(data_RX.var1_value);
            Serial.print(", ");
            Serial.print(data_RX.var2_value);
            Serial.print(", ");
            Serial.print(data_RX.var3_value);
            Serial.print(", ");
            Serial.print(data_RX.var4_value);
            Serial.print(", ");
            Serial.print(data_RX.var5_value);
            Serial.print(", ");
            Serial.println(data_RX.var6_value);
        }
        radio.startListening();
        Int_cnt = 0;
    } else {

        data_TX.var1_value++;
        data_TX.var2_value++;
        data_TX.var3_value++;
        data_TX.var4_value++;
        data_TX.var5_value++;
    }
}

ISR (TIMER1_COMPA_vect)
{
    fired = true;
}

```