

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

## **ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

до кваліфікаційної роботи бакалавра на тему:

**«Система передачі потокових даних з використанням  
бездротових каналів зв'язку»**

Завідувач кафедри:

Опанасюк А.С.

Керівник

дипломного проекту:

Знаменщиков Я.В.

Виконав студент

гр. ТК-61:

Шубін І.С.

Суми 2020 р.

## РЕФЕРАТ

Дипломний проект містить 47 сторінок тексту, 5 таблиць і 19 рисунків, вступ і 4 розділи тексту.

Графічна частина роботи містить алгоритм роботи 4 функціональних блоків, структурну і принципову схеми.

У першому розділі проведений огляд літературних джерел по вибраному напрямку проектування.

Другий розділ містить розробку та обґрунтування алгоритму функціонування і структурної схеми пристрою.

Третій розділ містить розробку принципової схеми пристрою. Також виконаний відбір елементної бази.

У четвертому розділі пояснення до програми.

Додатки містять в собі весь програмний код.

Приведені 14 літературних джерел.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. Огляд літератури та постановка задачі.....	5
1.1 Огляд літератури .....	5
1.2 Постановка задачі.....	25
2. Розроблення, обґрунтування алгоритму функціонування пристрою .....	26
2.1 Розроблення алгоритму функціонування пристрою .....	26
2.2 Розробка структурної схеми пристрою.....	36
3. Розроблення принципів електричних схем .....	39
3.1 Вибір елементної бази .....	39
3.2 Розробка схеми електричної принципової пристрою.....	44
4. Розроблення програмного забезпечення.....	46
Висновки .....	48
Література .....	49
ДОДАТКИ	

					<i>ЕЛІТ 6.050903.436 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Шудін</i>				<i>Літ.</i>		<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Знаменщikov</i>				3	47		
<i>Реценз.</i>					<i>СумДУ, ТК-61</i>			
<i>Н. Контр.</i>	<i>Галич</i>							
<i>Затверд.</i>	<i>Опанасюк</i>							
					<i>Система передачі поточкових даних з використанням бездротових каналів зв'язку. Пояснювальна записка.</i>			

## ВСТУП

Ми живемо в час, коли науково-технічний прогрес в області бездротових каналів зв'язку розвивається над швидкими темпами, що дозволяє постійно оновлювати стандарти швидкості, якості зв'язку та збільшувати ступінь захисту даних, що передаються.

XXI століття називають інформаційним, тому не дивно, що передача та обробка інформації вийшла на зовсім інший рівень за такий короткий проміжок часу. Зі збільшенням кількості комп'ютерів, смартфонів та інших гаджетів, які потребують зв'язок між собою та потребують вихід в інтернет, людство стало потребувати простого, безпроводного методу підключення. Після цього і почався бурхливий розвиток безпроводних каналів зв'язку.

Безпроводні канали зв'язку можна умовно поділити на промислові, які захищені патентами та на споживацькі, доступні будь-якій людині яка здатна в цьому розібратися. В даній дипломній роботі розглянуті більшість сучасних протоколів безпроводного зв'язку, такі як RFID, UWB, Z-Wave, X10, Wi-Fi, Bluetooth та багато інших.

Для засвоєння роботи з протоколом Wi-Fi, була розроблена система, яка слідкує за рівнем чадного газу в приміщенні та сповіщає користувача. Завдяки використанню бездротового зв'язку, система швидко та просто піддається модифікаціям, які можуть розширити функціональні можливості. На такому прикладі показано універсальність, зручність та перспективність.

					ЕлІТ 6.050903.436 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Розглянемо кожен рівень моделі OSI детальніше:

- 1 рівень. Фізичний. Одиниця навантаження – біт. Крім одиниць і нулів фізичний рівень не знає нічого. На цьому рівні працюють дроти, патч-панелі, мережеві концентратори (хаби, які зараз вже складно знайти в звичних нам мережах), мережеві адаптери. Саме мережевий адаптер і нічого більше з комп'ютера. Сам мережевий адаптер приймає послідовність біт і передає її далі;
- 2 рівень. Канальний. Одиниця навантаження – кадр. На цьому рівні з'являється адресація. Адресою є MAC адреса. Канальний рівень відповідальний за доставку кадрів адресату і їх цілісність. У звичних нам мережах на канальному рівні працює протокол ARP. Адресація другого рівня працює тільки в межах одного мережевого сегменту і нічого не знає про маршрутизацію – цим займається вищестоящий рівень. Відповідно, пристрої, що працюють на L2 – комутатори, мости і драйвер мережевого адаптера;
- 3 рівень. Мережевий. Одиниця навантаження – пакет. Найбільш поширеним протоколом тут є IP. Адресація відбувається по IP-адресами, які складаються з 32 бітів. Протокол маршрутизації, тобто пакет здатний потрапити в будь-яку частину мережі через якусь кількість маршрутизаторів. На L3 працюють маршрутизатори;
- 4 рівень. Транспортний. Одиниця навантаження – сегмент/датаграма. На цьому рівні з'являються поняття портів. Тут працюють TCP і UDP. Протоколи цього рівня відповідають за прямий зв'язок між додатками і за надійність доставки інформації. Наприклад, TCP вміє запитувати повтор передачі даних в разі, якщо дані прийняті невірні або не всі. Так само TCP може змінювати швидкість передачі даних, якщо сторона прийому не встигає прийняти все (TCP Window Size). Наступні рівні "правильно" реалізовані лише в RFC. На практиці ж, протоколи описані на наступних рівнях працюють одночасно на декількох рівнях моделі OSI, тому немає

					<i>ЕлІТ 6.050903.436 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		6

чіткого поділу на сеансовий і представницький рівні. У зв'язку з цим в даний час основним стеком, що використовують це – TCP/IP;

- 5 рівень. Сеансовий. Одиниця навантаження – дані. Керує сеансом зв'язку, обміном інформації, правами. Протоколи – L2TP, PPTP;
- 6 рівень. Представницький. Одиниця навантаження – дані. Подання і шифрування даних. JPEG, ASCII, MPEG та інші типи даних;
- 7 рівень. Прикладний. Одиниця навантаження – дані. Найчисленніший і різноманітний рівень. На ньому виконуються всі високорівневі протоколи. Такі як POP, SMTP, RDP, HTTP.

Після ознайомлення з моделлю OSI та всіма її рівнями, необхідно коротко розглянути більшість бездротових протоколів передачі даних і конкретніше розглянути Bluetooth та Wi-Fi.

**Radio Frequency Identification (RFID).** Радіочастотна ідентифікація з'явилася більш тридцяти років тому. У 1973 році Маріо Кардулло і його співавтори опублікували патент US 3713148, що описує перший пасивний транспондер RFID. Розвиток і широке впровадження радіочастотної ідентифікації довго стримувалося відсутністю стандартизації. Але в 90-х роках минулого століття Міжнародна Організація Стандартизації (ISO) прийняла ряд стандартів в області RFID (серія стандартів ISO 18000-6).

**UWB.** Протокол UWB був розроблений альянсом компаній WiMedia, а в 2007 році цей протокол був затверджений в якості міжнародного стандарту ISO/IEC26907. WiMedia UWB є стандартом широкосмугового бездротового зв'язку на коротких відстанях. Протокол зачіпає аспекти взаємодії між пристроями на фізичному рівні PHY і підрівні доступу до середовища MAC. Максимальна швидкість передачі даних між пристроями WiMedia UWB становить 480 Мбіт/с (як і у провідного USB), пристрої працюють в діапазоні частот від 3,1 до 10,6 ГГц.

Основна проблема цієї технології – пропускна здатність різко падає зі збільшенням відстані. Це пов'язано з тим, що дисперсія електромагнітного випромінювання в повітрі призводить до значних спотворень широкосмугового

					<i>ЕлІТ 6.050903.436 ПЗ</i>	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сигналу в порівнянні з вузькосмуговим. Спотворення накопичується з відстанню і врешті-решт, це призводить до того, що сигнал на вході приймача вже не має нічого спільного з тим, що було на виході передавача.

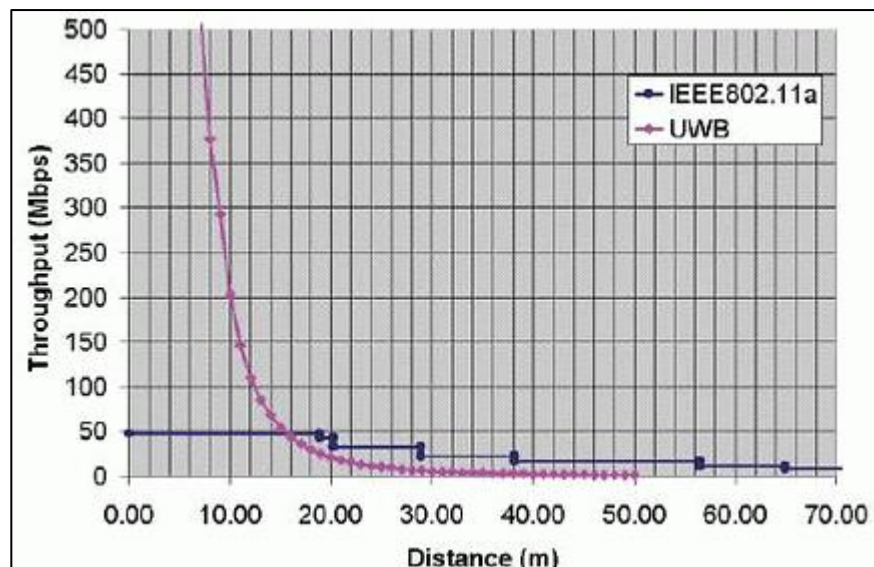


Рисунок 1 – Залежність швидкості передачі даних від відстані

**Insteon.** Протокол INSTEON розроблений для управління бездротовими пристроями, призначеними для «розумного будинку». У протоколі передбачена зворотна сумісність з старішим протоколом X10. Швидкість передачі сигналу управління за новим стандартом набагато вище, передбачаються вбудовані засоби виявлення помилок і повторної передачі сигналу, а для передачі використовується гібридний канал – радіозв'язок і мережа електроживлення. Однак на відміну від X10 специфікації INSTEON захищені патентами і використовуються тільки його розробниками – компанією Smarthome Technology.

**Z-Wave.** Стільникова мережа Z-Wave з функціями самоорганізації і самовідновлення в поєднанні з гнучкими інсталяційними процедурами – це просте у використанні мережеве рішення. Протокол Z-Wave і чіп високого ступеня інтеграції забезпечує невисоку вартість без компромісу щодо надійності або універсальності. Реалізується сумісність додатків і пристроїв Z-Wave, випущених



різними виробниками. Z-Wave підтримує повний спектр пристроїв, включаючи пристрої, що живляться від мережі змінного струму, від батарей, пристрої з фіксованим розташуванням і переміщувані пристрої, а також пристрої, що виконують роль мостів з іншими протоколами. В технології Z-Wave вузли діляться на три типи: контролери, маршрутизуючі і виконавчі механізми. У реальній мережі всі типи пристроїв можуть працювати в будь-якій комбінації.

**ANT.** Протокол передачі даних ANT був розроблений компанією Dynastream Innovations. Даний протокол насамперед розрахований на компактні пристрої з автономним живленням (трансивери, що використовують цей протокол, відрізняються виключно малим струмом споживання) для передачі відносно невеликих пакетів даних. Протокол передбачає організацію відкритих і приватних бездротових мереж, в тому числі складного типу з динамічною конфігурацією. Він створений на основі технології Personal Area Network і підтримує шари 1-4 стека OSI.

Типове застосування такого протоколу – бездротові датчики. Несуча частота по протоколу ANT – 2,4 ГГц, кількість частотних каналів при цьому дорівнює 125 (крок 1 МГц в діапазоні 2400...2524 МГц). Швидкість передачі даних по радіоканалу може становити до 1 Мбіт/с.

**RuBEE.** Протокол двостороннього бездротового зв'язку в місцевій регіональній мережі з використанням довгохвильового діапазону і пакетів даних не більше 128 байт. Протокол RuBee подібний протоколам серії IEEE 802, також відомим як Wi-Fi (IEEE 802.11), WPAN (IEEE 802.15.4) і Bluetooth (IEEE 802.15.1). RuBee networked, працює за принципом точка-точка і є розвитком стандартів RFID. RuBee передбачає роботу на низькочастотній несучій частоті (131 кГц), дозволяючи використовувати вузли мережі з малим споживанням енергії.

**X10.** Це міжнародний відкритий індустриальний стандарт, який застосовується для зв'язку електронних пристроїв в системах домашньої автоматизації. Стандарт X10 визначає методи і протокол передачі сигналів управління електронними модулями, до яких підключені побутові прилади, з

					<i>ЕлІТ 6.050903.436 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						9
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

використанням звичайної електропроводки або бездротових каналів. Стандарт X10 розроблений в 1975 році компанією Pico Electronics Scotland для управління домашніми електроприладами. Вважається, що це перший стандарт для домашньої автоматизації.

**Personal Digital Cellular (PDC).** Стандарт стільникового зв'язку покоління 2G. Розроблено асоціацією ARIB (Association of Radio Industries and Business) в квітні 2001 року. Використовується виключно на території Японії. В даний час кількість абонентів стільникового зв'язку, що працюють на даному стандарті, скоротилося до 10 мільйонів чоловік. Притому, що в період максимальної поширеності цього стандарту кількість абонентів досягала до 80 мільйонів чоловік. PDC використовує частотні канали по 25 кГц з модуляцією  $\pi/4$ -DQPSK з трьома часовими слотами, які забезпечують передачу зі швидкістю 11.2 кбіт/с або 6 тимчасовими слотами зі швидкістю передачі 5.6 кбіт/с. PDC використовує два діапазони частот - 800 МГц і 1,5 ГГц.

**Integrated Digital Enhanced Networks (IDEN).** Технологія для мереж транкінгового та стільникового зв'язку, розроблена компанією MOTOROLA в 1994 році. В основі технології IDEN архітектура GSM, при передачі використовують частотні канали по 25 кГц, при цьому для передачі даних використовується частина каналу шириною 20 кГц, решта використовується для захисту каналу. Протокол набув широкого поширення у всьому світі. Діапазон частот – 821-825 МГц.

**CDMAOne.** Стандарт CDMAOne розроблений в 1995 році як технологічний стандарт групи ANSI. CDMAOne заснований на використанні CDMA (множинного доступу з кодовим поділом). Система CDMA IS-95 фірми Qualcomm розрахована на роботу в діапазоні частот 800 МГц, виділеному для стільникових систем стандартів AMPS, N-AMPS і D-AMPS (Стандарти TIA IS-19, IS-20; IS-54; IS-55, IS-56, IS-88, IS-89, IS-90, S-553).

Подальший розвиток технології CDMA відбувається в рамках технології CDMA2000. При побудові системи мобільного зв'язку на основі технології CDMA2000-1X, перша фаза забезпечує передачу даних зі швидкістю до 153 кбіт/с,

					<i>ЕлІТ 6.050903.436 ПЗ</i>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

що дозволяє надавати послуги голосового зв'язку, передачу коротких повідомлень, роботу з електронною поштою, інтернетом, базами даних, передачу даних і нерухомих зображень.

**Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX).**

Телекомунікаційна технологія, розроблена з метою надання універсального бездротового зв'язку на великих відстанях для широкого спектру пристроїв (від робочих станцій і портативних комп'ютерів до мобільних телефонів). Заснована на стандарті IEEE 802.16, який також називають Wireless MAN. Назва «WiMAX» було запропоновано WiMAX Forum – організацією, заснованою в червні 2001 року для просування і розвитку WiMAX. Форум описує WiMAX як «засновану на стандарті технологію, яка надає високошвидкісний бездротовий доступ до мережі, альтернативний виділеним лініям і DSL. Максимальна швидкість – до 1 Гбіт/с.

**Global System for Mobile Communications (GSM).**

Глобальний цифровий стандарт для мобільного стільникового зв'язку з розділенням частотного каналу за принципом TDMA та середнім ступенем безпеки. Розроблено під егідою Європейського інституту стандартизації електрозв'язку ETSI наприкінці 1980-х років. Комерційне використання стандарту почалося в середині 1991 року, а до 1993 було організовано 36 мереж GSM в 22 країнах. На додаток до європейських держав стандарт GSM вибрали багато країн Південної Африки, Близького і Далекого Сходу, а також Австралія. До початку 1994 р число абонентів GSM досягло 1.3 мільйона.

**Bluetooth.**

Технологія Bluetooth стала першою технологією, що дозволяє організувати бездротову персональну мережу передачі даних Wireless Personal Network. Вона дозволяє здійснювати передачу даних і голосу по радіоканалу на невеликі відстані (10-100 м) в неліцензованому діапазоні частот 2,4 ГГц і з'єднувати персональні комп'ютери, мобільні телефони, смарт-браслети та інші пристрої при відсутності прямої видимості.

Своєму народженню Bluetooth зобов'язана фірмі Ericsson, яка в 1994 році почала розробку нової технології зв'язку. Спочатку основною метою була розробка

					ЕлІТ 6.050903.436 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

радіоінтерфейсу з низьким рівнем енергоспоживання і невисокою вартістю, який дозволяв би встановлювати зв'язок між стільниковими телефонами і бездротовими гарнітурами. Однак згодом роботи з розробки радіоінтерфейсу плавно переросли в створення нової технології.

На телекомунікаційному ринку, а також на ринку комп'ютерних засобів, успіх нової технології забезпечують провідні фірми-виробники, які приймають рішення про доцільність і економічну вигоду від інтеграції нової технології в свої нові розробки. Тому, для продовження розробки, в 1998 році фірма Ericsson організувала консорціум Bluetooth Special Interest Group (SIG), перед яким ставилися наступні завдання:

- подальша розробка технології Bluetooth;
- просування нової технології на ринку телекомунікаційних засобів.

До консорціуму Bluetooth SIG входять такі фірми, як Ericsson, Nokia, 3COM, Intel, National Semiconductor. Перші кроки, що вживаються консорціумом Bluetooth SIG, будуть полягати в стандартизації нової технології з метою сумісності Bluetooth-пристроїв, розроблених різними фірмами. Це і було реалізовано. Для цього були розроблені специфікації, які детально описують методи використання нового стандарту і характеристики протоколів передачі даних.

В результаті був розроблений пакет протоколів бездротової передачі даних Bluetooth (рис. 2).

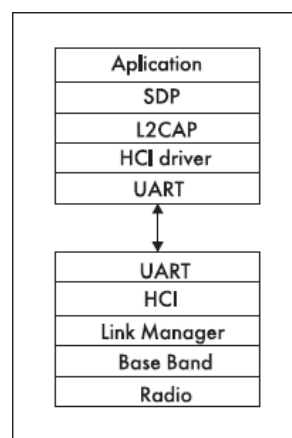


Рисунок 2 – Стек протоколу Bluetooth

- Link Management Protocol – використовується для встановлення і управлінням радіоз'єднаннями між двома пристроями;
- Host/Controller Interface – визначає зв'язок між стеком хоста і контролером Bluetooth;
- Logical Link Control and Adaptation Protocol – використовується для мультиплексування локальних з'єднань між двома пристроями, що використовують різні протоколи більш високого рівня. Дозволяє фрагментувати і збирати заново пакети;
- Service Discovery Protocol – дозволяє виявляти послуги, що надаються іншими пристроями, і визначати їх параметри;
- Radio Frequency Communications – протокол заміни кабелю, створює віртуальний послідовний потік даних і емулює керуючі сигнали RS-232;
- Bluetooth Network Encapsulation Protocol – використовується для передачі даних з інших стеків протоколів через канал L2CAP. Застосовується для передачі IP-пакетів в профілі Personal Area Networking;
- Audio/Video Control Transport Protocol – використовується в профілі Audio/Video Remote Control для передачі команд по каналу L2CAP;
- Telephony Control Protocol-Binary – протокол, що визначає сигнали управління викликом для встановлення голосових з'єднань і для передачі даних між пристроями Bluetooth. Використовується в Cordless Telephony.

Технологія Bluetooth підтримує як з'єднання типу «точка-точка», так і «точка-багато точок». Два або більше пристроїв які використовують один і той же канал утворюють пікомережу. Один з пристроїв працює як основний (Master), а решта – як підлеглі (Slave). В одній пікомережі може бути до семи активних підлеглих пристроїв, при цьому інші підлеглі пристрої знаходяться в стані «паркування», залишаючись синхронізованими з основним пристроєм. Взаємодіючі пікомережі утворюють «розподілену мережу». У кожній пікомережі діє тільки один основний пристрій, проте підлеглі пристрої можуть входити в різні

					<i>ЕлІТ 6.050903.436 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		13

пікомережі. Крім того, основний пристрій однієї пікомережі може бути підлеглим в іншій (рис. 3).

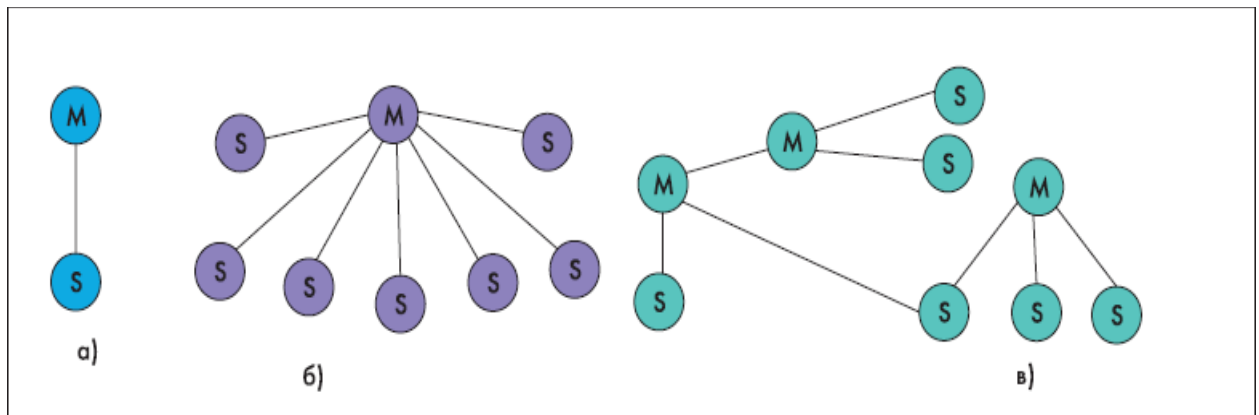


Рисунок 3 – Пікомережа з підлеглими пристроями; а) З одним підлеглим пристроєм; б) З декількома підлеглими пристроями; в) Розподілена мережа.

З моменту появи на ринку перших модулів Bluetooth їх широкому застосуванню в нових додатках перешкоджала складна програмна реалізація стека протоколу Bluetooth. Розробнику необхідно було самостійно реалізувати управління Bluetooth-модулем і розробити профілі, що визначають взаємодію модуля з іншими Bluetooth-пристроєм за допомогою команд інтерфейсу хост-контролера (HCI-Host Controller Interface). Цікавість до технології Bluetooth зростала з кожним днем, з'являлися все нові і нові фірми, які розробляють для неї компоненти, але не було рішення, яке б в значній мірі спростило б управління Bluetooth-модулями. І таке рішення було знайдено. Фінська фірма, вивчивши ситуацію на ринку, однією з перших запропонувала розробникам наступне рішення.

У більшості випадків технологія Bluetooth використовується розробниками для заміни дротового послідовного з'єднання між двома пристроями на бездротове. Для організації з'єднання і виконання передачі даних розробнику необхідно програмно, за допомогою команд інтерфейсу хост-контролера реалізувати верхні рівні стека протоколу Bluetooth, до яких відносять: L2CAP, RFCOMM, SDP, а також

профіль взаємодії по послідовному порту – SPP (Serial Port Profile) і профіль виявлення послуг SDP (Service Discovery Profile). На цьому і вирішила зіграти фінська фірма, розробивши варіант прошивки Bluetooth-модулів, що представляє закінчену програмну реалізацію всього стека протоколу Bluetooth (рис. 2), а також профілів SPP і SDP. Це рішення дає можливість розробнику здійснювати управління модулем, здійснювати бездротове послідовне з'єднання і виконувати передачу даних за допомогою спеціальних символічних команд, точно так же, як це робиться при роботі зі звичайними модемами через стандартні AT-команди.

На перший погляд, розглянуте вище рішення дозволяє істотно скоротити час інтеграції технології Bluetooth у виробу. Однак це накладає певні обмеження на використання можливостей технології Bluetooth. В основному це позначається на зменшенні максимальної пропускну здатності і кількості одночасних асинхронних з'єднань, підтримуваних Bluetooth-модулем.

У середині 2004 року на зміну специфікації Bluetooth версії 1.1, яка була опублікована в 2001 році, прийнята специфікація Bluetooth версії 1.2. До основних відмінностей специфікації 1.2 від 1.1 відносять:

- реалізація технології адаптивної перебудови частоти каналу (Adaptive Frequency hopping, AFH);
- вдосконалення голосового з'єднання;
- скорочення часу, що витрачається на встановлення з'єднання між двома модулями Bluetooth.

Відомо, що Bluetooth і Wi-Fi використовують один і той же діапазон 2,4 ГГц. Коли Bluetooth-пристрої знаходяться в зоні дії пристроїв Wi-Fi і здійснюють обмін даними між собою, це може привести до колізій і вплинути на працездатність пристроїв. Технологія AFH дозволяє уникнути появи колізій: під час обміну інформацією для боротьби з інтерференцією технологія Bluetooth використовує стрибкоподібну перебудову частоти каналу, при виборі якого не враховуються частотні канали, на яких здійснюють обмін пристрої Wi-Fi.

На рис. 4 проілюстрований принцип дії технології AFH.

					ЕЛІТ 6.050903.436 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

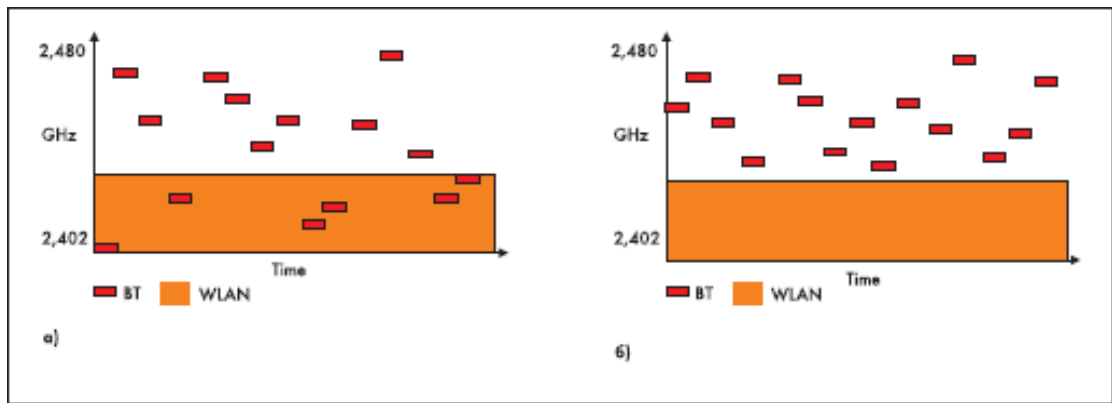


Рисунок 4 – Принцип дії технології AFH. а) колізії; б) відхід від колізій за допомогою адаптивної перебудови частоти каналу.

Розвиток технології Bluetooth не стоїть на місці. В таблиці 2 зведені основні характеристики різних поколінь Bluetooth.

Таблиця 2 – Основні характеристики Bluetooth

	BT1.0	BT2.0	BT3.0	BT4.0	BT4.2	BT5.2
Максимальна швидкість	1Мбіт/с	3Мбіт/с	24Мбіт/с	24Мбіт/с	24Мбіт/с	50Мбіт/с
Дальність (макс./мін.Потужність)	100м/10м	100м/10м	100м/10м	100м/10м	100м/10м	100м/10м
Режим Ен.Збер.	-	-	-	+	+	+
Одночасно як Master та Slave	-	-	-	-	+	+
Підтримка IPv6	-	-	-	-	-	+
Сполучення з NFC	-	+	+	+	+	+
128-бітне шифр.AES	-	-	-	+	+	+

Як вже зазначалося раніше, основне призначення технології Bluetooth – заміна дротового послідовного з'єднання. При цьому профіль SPP, який використовується для організації з'єднання, звичайно ж, не єдиний профіль, який розробники можуть використовувати в своїх виробках. Технологією Bluetooth визначені наступні профілі:



- профіль загального доступу (Generic Access Profile);
- профіль виявлення послуг (Service Discovery Profile);
- профіль взаємодії з бездротовими телефонами (Cordless Telephony Profile);
- профіль інтеркома (Intercom Profile);
- профіль бездротових гарнітур для мобільних телефонів (Headset Profile);
- профіль віддаленого доступу (Dial-up Networking Profile);
- профіль факсимільного зв'язку (Fax Profile);
- профіль локальної мережі (Lan Access Profile);
- профіль обміну даними (Generic Object Exchange);
- режим передачі даних (Profile Object Push Profile);
- профіль обміну файлами (File Transfer Profile);
- профіль синхронізації (Synchronization Profile).

**WI-FI.** Створений в 1991 році NCR Corporation/AT&T (згодом – Lucent Technologies і Agere Systems) в Нідерландах. Wireless Fidelity – торгова марка Wi-Fi Alliance для бездротових мереж на базі стандарту IEEE 802.11. Зазвичай схема Wi-Fi мережі містить не менше однієї точки доступу і не менше одного клієнта. Також можливе підключення двох клієнтів в режимі точка-точка, коли точка доступу не використовується, а клієнти з'єднуються за допомогою мережевих адаптерів «безпосередньо». Точка доступу передає свій ідентифікатор мережі SSID за допомогою спеціальних сигнальних пакетів на швидкості 0.1 Мбіт/с кожні 100 мс. Тому 0.1 Мбіт/с – це найменша швидкість передачі даних для Wi-Fi. Знаючи SSID мережі, клієнт може з'ясувати, чи можливе підключення до даної точки доступу. При попаданні в зону дії двох точок доступу з ідентичними SSID приймач може вибрати між ними на підставі даних про рівень сигналу.

Wi-Fi залишається однією з найбільш перспективних технологій бездротового зв'язку. Вона стрімко розвивається і приймає в себе нові бездротові рішення, що дозволяють збільшити швидкість передачі даних. Навіть з розвитком LTE-мереж, Wi-Fi не залишається осторонь, а скоріше отримує додаткову гілку розвитку, розвантажуючи трафік в найбільш затребуваних ділянках мережі.

					<i>ЕлІТ 6.050903.436 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						17
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Wi-Fi для застосування всередині приміщень, в рамках встановленої законодавством потужності випромінювання, не вимагає отримання дозволу на використання частот. Розгортання Wi-Fi-мережі займає на порядок менше часу в порівнянні з прокладкою структурованих кабельних систем до робочих місць.

Вимоги до Wi-Fi-обладнання описані в наборі стандартів IEEE 802.11. З випуском кожного нового стандарту, до 802.11 додавалася буква, наприклад, 802.11a/b/n і так далі. На сьогоднішній день налічується кілька десятків різновидів стандартів Wi-Fi. Не всі стандарти були спрямовані на збільшення швидкості передачі даних, деякі з них торкаються питань безпеки, наприклад, 802.11 i, інші включали опис роботи роумінгу і так далі.

У таблиці 3 наведені стандарти бездротового зв'язку Wi-Fi, в яких проводилося збільшення швидкостей передачі даних:

Таблиця 3 – Стандарти Wi-Fi, в яких проводилося збільшення швидкостей

Стандарт	Діапазон	Рік виходу	Швидкість
802.11	2.4 ГГц	1997	1 Мбіт/с
802.11b	2.4 ГГц	1999	5 (11) Мбіт/с
802.11a	5 ГГц	2001	54 Мбіт/с
802.11g	2.4 ГГц	2003	54 Мбіт/с
802.11n	2.4/5 ГГц	2009	600 Мбіт/с
802.11ac	5 ГГц	2014	7000 Мбіт/с
802.11ad	60 ГГц	2009	7000 Мбіт/с
802.11ax	2.4 / 5 ГГц	2019	11 000 Мбіт/с
802.11ay	60 ГГц	в розробці	20 000 Мбіт/с

При цьому слід зазначити, що не всі перераховані стандарти Wi-Fi служать для організації бездротових локальних мереж як звичні нам роутери, що працюють в діапазонах 2.4 і 5 ГГц (стандарти 802.11 a/b/g/n/ac). Такі стандарти як 802.11ad і 802.11ay спочатку планувалося випустити для передачі даних на невеликі

відстані – від 1 до 10 метрів і, в перспективі, використовувати їх для організації високошвидкісних інтерфейсів передачі даних, наприклад для підключення моніторів до персонального комп'ютера і передачі зображення в форматі 8K. Однак, в результаті розвитку 5G-мереж і переходом в діапазон до 100 ГГц, пристрої з підтримкою 802.11ad стали застосовуватися для організації радіо доступу поза приміщеннями, але для таких частот повинні бути забезпечені умови прямої видимості.

Таким чином у Wi-Fi велике майбутнє, яке дозволить використовувати дану технологію в абсолютно різних додатках. Безсумнівно, дана технологія знайде своє місце як в 5G-мережах, IoT-рішеннях, так і в VR-додатках.

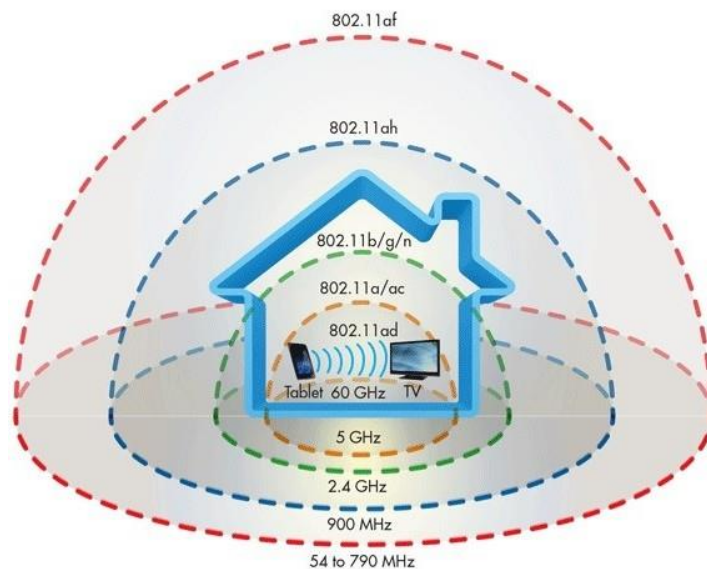


Рисунок 5 – Умовні області використання різноманітних стандартів Wi-Fi

**Діапазон 2.4ГГц.** Більшість звичайних клієнтських маршрутизаторів і побутових Wi-Fi-пристроїв працює в двох частотних діапазонах: 2.4 ГГц і 5 ГГц.

В діапазоні 2.4 ГГц стандартами визначено 14 каналів. Деякі з них можуть бути недоступні в деяких країнах. Наприклад, 14 канал дозволений для використання тільки в Японії. Канали з номерами 1, 6 і 11 вважаються повністю непересічними по частотах і називаються "непересічними". Але на практиці не зовсім

					ЕЛІТ 6.050903.436 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

так, і якщо точки доступу розташовані досить близько один до одного, то і непересічні канали стають пересічними. Зобразимо це на рисунку 6 .

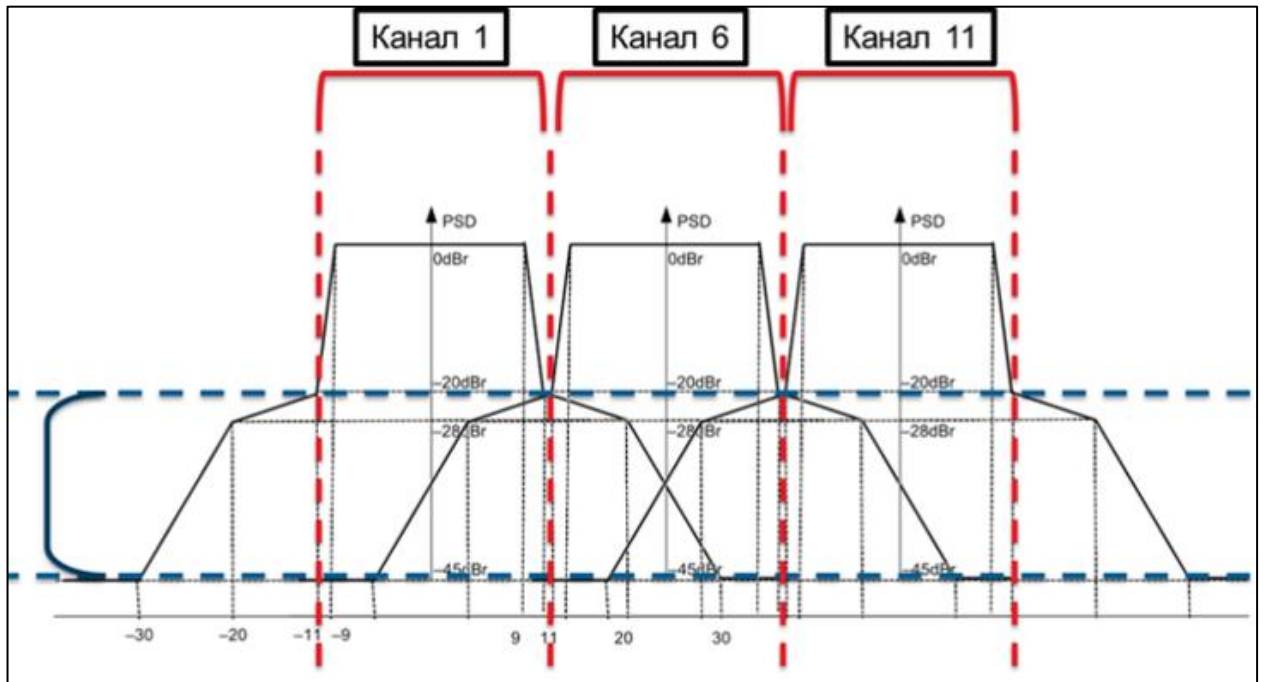


Рисунок 6 – Не пересічні канали, у випадку близького розташування точок доступу

Кожен канал займає ширину в 20 МГц. У деяких випадках, стандартами дозволено використовувати ширину каналу рівну 40 МГц. Номери каналів і їх центральні частоти наведені на рисунку 7.

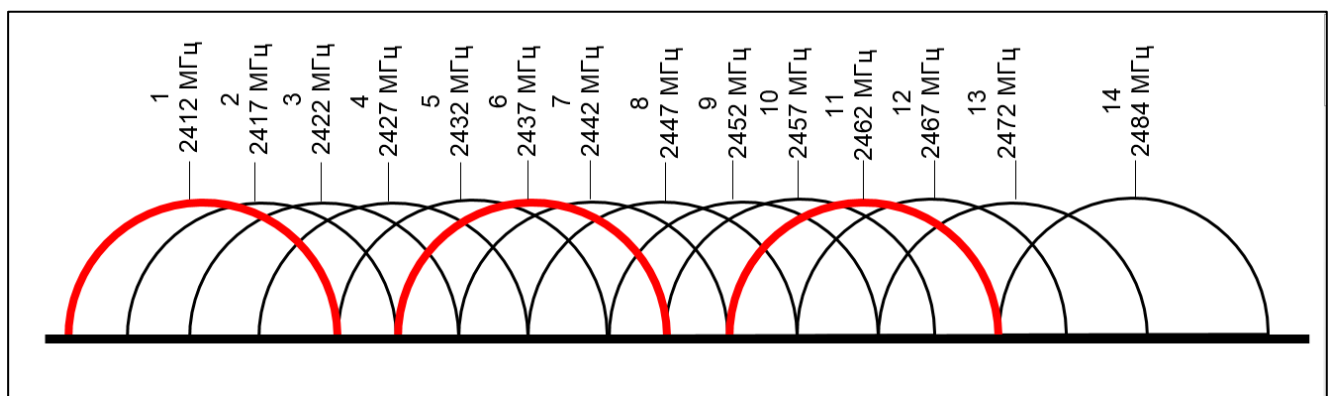


Рисунок 7 – Канали Wi-Fi в діапазоні 2,4 ГГц

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Одним з недоліків діапазону 2.4 ГГц є його висока завантаженість і мала кількість каналів. Перешкоди для Wi-Fi мережі можуть створювати не тільки інші Wi-Fi пристрої і точки доступу, але і Bluetooth-пристрої, що працюють в цьому ж частотному діапазоні. Навіть звичайна побутова мікрохвильова піч здатна дуже сильно впливати на якість з'єднання в діапазоні 2.4 ГГц. Для мінімізації взаємних впливів, потужність Wi-Fi передавачів обмежена і регламентована. Використання потужного передавача вимагає отримання дозволу в радіочастотному центрі.

Більш перспективним, з точки зору меншої завантаженості і наявності більшої кількості каналів, є частотний діапазон 5 ГГц.

**Діапазон 5 ГГц.** У частотному діапазоні 5 ГГц є 23 канала по 20 МГц, які не пересікаються. Можна навіть зазначити, що 5-гігагерцовий діапазон складається тільки з каналів, які не пересікаються, так як на такій частоті перекриття створює істотні колізії. Тут вже можна використовувати не тільки ширину 20/40 МГц, але і канали шириною в 80 МГц. На рисунку 8, зображено розташування каналів в діапазоні 5 ГГц.

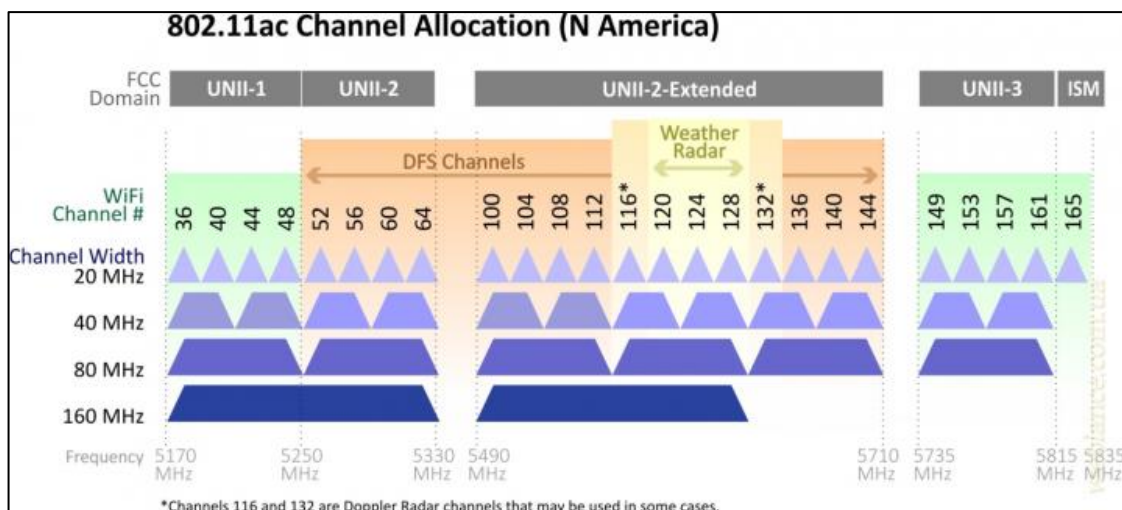


Рисунок 8 – Розташування каналів в діапазоні 5 ГГц

- Перший блок (Lower, нижній) каналів UNII-1 лежить в діапазоні частот від 5180 до 5240. При цьому доступні непересічні канали по 20 МГц: 36, 40, 44, 48;

- другий блок (Middle, середній) UNII-2 лежить в діапазоні частот від 5260 до 5320. При цьому доступні непересічні канали по 20 МГц: 52 56 60 64;
- третій блок (Extended, розширений) UNII-2 лежить в діапазоні частот від 5500 до 5700. При цьому доступні непересічні канали по 20 МГц: 100 104 108 112 116 120 124 128 132 136 140;
- четвертий блок UNII-3 – частота від 5745 до 5805, доступні непересічні канали по 20 МГц: 149 153 157 161;
- окремо існують 3 групи каналів:
  - Япон, канали: 8, 12, 16; діапазон 5040-5080;
  - US Public Safety, канали: 184, 188, 192, 196; діапазон 4920-4980;
  - ISM, канал 165, частота 5825.

Стандартом 802.11ac передбачено використання груп UNII-1, UNII-2 та UNII-3, тобто сумарно 23 канала. Завдяки чому, при використанні ширини каналу в 80 МГц, є 5 непересічних каналів. Цією ж специфікацією передбачена можливість об'єднання 2-х каналів по 80 МГц, що в підсумку дає 160 МГц.

**Агрегація каналів.** Під агрегацією слід розуміти логічне об'єднання декількох паралельних каналів передачі в один. Стандартами допускається використання смуги пропускання 40 МГц в діапазоні 2,4 ГГц. У діапазоні 5 ГГц ширина каналів може бути збільшена до 40, 80, 160 МГц (рис. 9) з заняттям частот сусідніх каналів для збільшення пропускної здатності мережі.

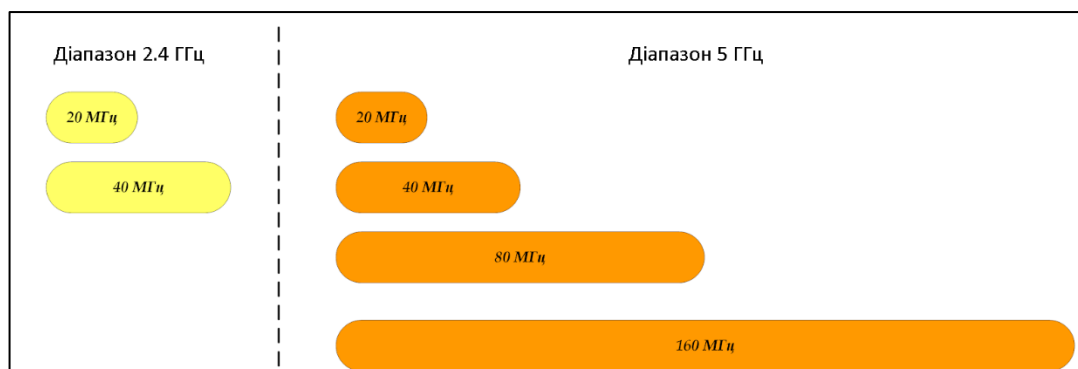


Рисунок 9 – Можлива ширина каналів Wi-Fi

Це і називається агрегуванням. У разі використання широкої смуги пропускання, стабільність з'єднання може знижуватися в силу взаємних впливів різних мереж один на одного. Однак, безсумнівно, збільшення ширини каналу дозволяє багаторазово збільшити швидкість передачі даних.

**ZigBee.** Це стандарт для недорогих, малопотужних бездротових мереж з стільниковою топологією. Низька вартість дозволяє широко застосовувати дану технологію для бездротового контролю і спостереження, а завдяки малій потужності сенсори мережі здатні працювати довгий час, використовуючи автономні джерела живлення.

Технологія бездротової передачі даних ZigBee була представлена на ринку вже після появи технологій бездротової передачі даних Bluetooth і Wi-Fi. Поява технології ZigBee обумовлено, перш за все, тим, що для деяких додатків (наприклад, для віддаленого управління освітленням або гаражними воротами, або зчитування інформації з датчиків) основними критеріями при виборі технології бездротової передачі є мале енергоспоживання апаратної частини і її низька вартість. З цього випливає мала пропускну здатність, так як в більшості випадків електроживлення датчиків здійснюється від вбудованої батареї, час роботи від якої повинен перевищувати кілька місяців і навіть років. Інакше щомісячна заміна батареї для датчика відкривання-закривання гаражних воріт кардинально змінить ставлення користувача до бездротових технологій. Існуючі на той момент часу технології бездротової передачі даних Bluetooth і Wi-Fi не відповідали цим критеріям, забезпечуючи передачу даних на високих швидкостях, з високим рівнем енергоспоживання і вартості апаратної частини. У 2001 році робочою групою № 4 IEEE 802.15 були розпочаті роботи зі створення нового стандарту, який би відповідав наступним вимогам:

- дуже мале енергоспоживання апаратної частини, що реалізує технологію бездротової передачі даних (час роботи має становити до декількох років);
- передача інформації повинна здійснюватися на не високій швидкості;
- низька вартість апаратної частини.

					ЕлІТ 6.050903.436 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Результатом стала розробка стандарту IEEE 802.15.4. У багатьох публікаціях під стандартом IEEE 802.15.4 розуміють технологію ZigBee. Однак це не так. В таблиці 4 приведена модель взаємодії стандарту IEEE 802.15.4, технології бездротової передачі даних ZigBee і кінцевого користувача.

Таблиця 4 – Взаємодії стандарту IEEE 802.15.4, ZigBee і користувача.

Додаток	Користувач
Профілі	
Структура додатку	ZigBee
Мережевий рівень	
Рівень безпеки	
Рівень керування доступом до радіоканалу	Стандарт IEEE 802.15.4
Фізичний рівень	

При розробці апаратної частини технології бездротової передачі даних ZigBee, що реалізує модель взаємодії, практично всі виробники дотримуються концепції, відповідно до якої вся апаратна частина розміщується на одному чіпі. На рис. 10 приведена концепція виконання апаратної частини технології бездротової передачі даних ZigBee.

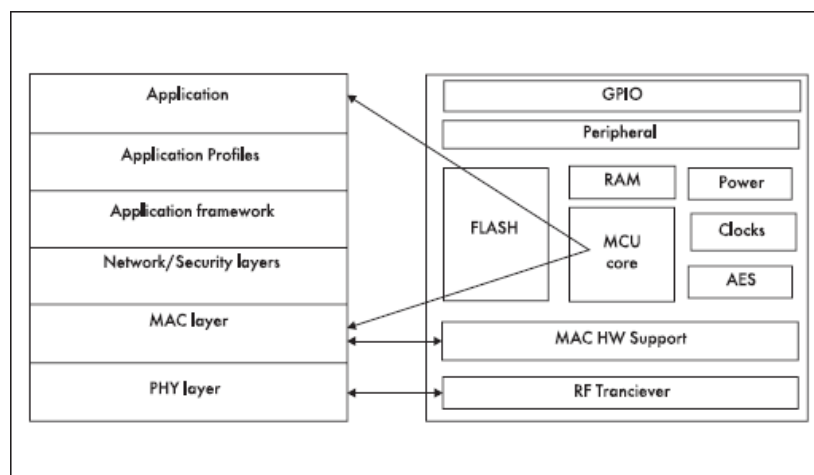


Рисунок 10 – Концепція виконання апаратної частини технології ZigBee.



Для побудови бездротової мережі, наприклад, мережа з топологією «зірка» на основі технології ZigBee розробнику необхідно придбати принаймні один мережевий координатор і необхідну кількість кінцевих пристроїв. При плануванні мережі слід враховувати, що максимальна кількість активних кінцевих пристроїв, приєднаних до мережевого координатора, не повинно перевищувати 240. Крім того, необхідно придбати у виробника ZigBee-чипів програмні засоби для розробки, конфігурації мережі та створення призначених для користувача додатків і профілів. Практично всі виробники ZigBee-чипів пропонують на ринку цілу лінійку продукції, що відрізняється, як правило, тільки об'ємом пам'яті ROM і RAM. Наприклад, чіп з 128 Кбайт ROM і 8 Кбайт RAM можуть бути запрограмовані на роботу в якості координатора, маршрутизатора і кінцевого пристрою.

## 1.2 Постановка завдання проектування

Основним завданням цього дипломного проекту, являється спроба розробки системи, яка слідкує за рівнем чадного газу та у випадку його відхилення від норми – відкриває вікна в автоматичному режимі. Система повинна слідкувати за рівнем чадного газу в кімнаті, передавати отримані дані по бездротовим каналам зв'язку на центральний мікроконтролер, який одночасно з цим подасть сигнал на відкривання вікон та відправить повідомлення власнику, про виникнення аварійної ситуації.

Схема повинна складатися з недорогих та актуальних компонентів, тому в ході розробки будемо опиратися на платформу Node MCU V3 яка побудована на основі чіпа ESP8266, який коштує недорого але в той же час володіє всіма необхідними характеристиками, включаючи Wi-Fi модуль.

					<i>ЕлІТ 6.050903.436 ПЗ</i>	Арк.
						25
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 2 РОЗРОБЛЕННЯ, ОБГРУНТУВАННЯ АЛГОРИТМУ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

### 2.1 Розроблення алгоритму функціонування пристрою

Для наочного уявлення роботи пристрою, потрібно зрозуміти принцип роботи даної системи. Для цього складемо блок-схему алгоритму.

Розробляється система контролю, яка повинна забезпечувати виконання таких функцій:

- слідкування за рівнем чадного газу;
- передача отриманих даних на центральний мікроконтролер;
- обробка отриманих даних;
- відправка оповіщення на телефон господаря;
- контроль актуатором на вікні №1.
- контроль актуатором на вікні №2.

Так як маємо складну систему з окремими 4 системами, які взаємодіють між собою розглянемо роботу кожної з них та складемо блок-схему алгоритму.

**Вимірювання рівня чадного газу.** Розглянемо принцип роботи даного алгоритму. Схема алгоритму представлена на рис. 11. Основною задачею є перевірка концентрації чадного газу в повітрі конкретної кімнати. Це необхідно для того, щоб запобігти отруєння людей. При вмиканні постійно опитуємо датчик чадного газу та зрівнюємо його з граничним значення, записаним в програмі. Якщо рівень менший заданого, то знову почнемо опитування цього датчика. При перевищенні небезпечного рівня концентрації Node MCU 1 з'єднується через технологію wi-fi з центральним мікроконтролером Node MCU 2, на якому в цей час розгорнута точка доступу з SSID «Danger». Після чого система повністю зупиняється та переходить в режим енергозбереження.

Можливе встановлення затримки в 10-15 хвилин але це не рекомендується, для повного забезпечення безпеки людей.

					ЕлІТ 6.050903.436 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

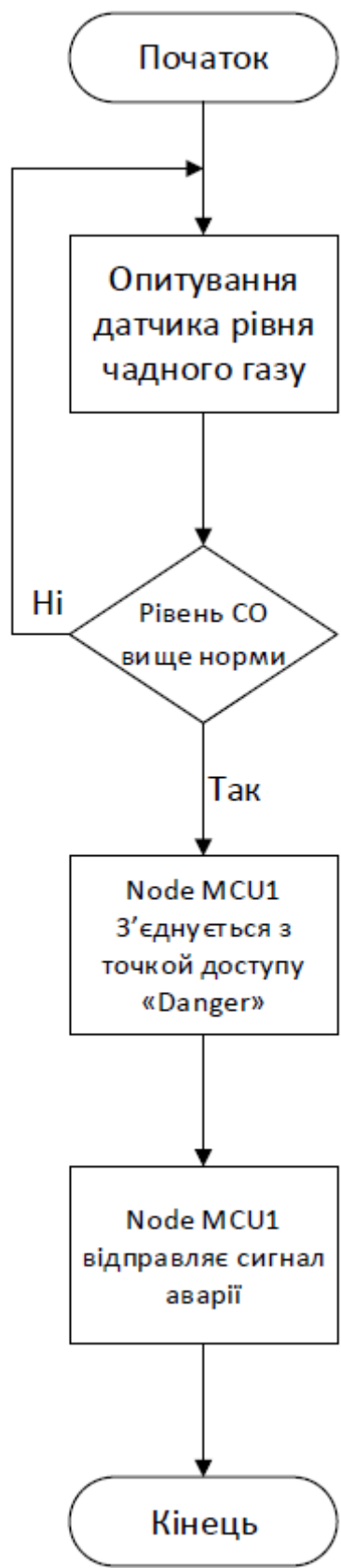


Рисунок 11 – Алгоритм функціонування блоку «Вимірювання рівня чадного газу»

**Центральний блок передачі інформації.** Розглянемо принцип роботи даного алгоритму. Схема алгоритму представлена на рис. 12. Основною задачею є зв'язок блоку вимірювання чадного газу з рештою блоків. При вмиканні схеми, Node MCU 2 постійно чекає на сигнал аварії від Node MCU 1 з блока вимірювання рівня чадного газу. При надходженні такого сигналу Node MCU 2 відразу вимикає точку доступу «Danger» та перемикається з точки доступу на режим роботи «клієнт». В цьому режимі виконується пошук закодованої раніше домашньої точки доступу, в нашому випадку маємо SSID «Home» без пароля. При знаходженні та підключенні до точки доступу, мікроконтролер отримує доступ до мережі інтернет, де і посилає повідомлення на телефон власника будівлі. Сповістити господаря – пріоритетне завдання, тому воно виконується першим. Бо у випадку не спрацювання актуаторів, вірогідність мала але не дорівнює нулю, люди будуть попереджені про небезпеку. Після передачі повідомлення Node MCU 2 зупиняє зв'язок та починає пошук мережі «AT1», при знаходженні якої посилає сигнал, на вхід Node MCU 3 який у свою чергу вмикає актуатор до повного відкривання вікна №1. Після чого буде виконуватися пошук «AT2». Навіть якщо система не знайде «AT1», вона однаково перейде до пошуку «AT2». З «AT2» відбувається те саме, що і з «AT1» лише з однією різницею – по закінченню підключення та передачі сигналу відкриття вікна, система зупиняється.

При бажанні кількість вікон, які необхідно відкрити можна збільшити добавивши в схему мікроконтролери з актуаторами та трішки редагувавши код програми.

**Блок аварійного відкриття вікон.** Розглянемо принцип роботи даного алгоритму. Схема алгоритму представлена на рис. 13. Основною задачею є відкриття вікон для зменшення концентрації чадного газу в приміщенні, тим самим ліквідувавши загрозу отруєння людей. При вмиканні схеми, Node MCU 3 та Node MCU 4 переходять в режим очікування керуючого сигналу. При надходженні такого сигналу відбувається подача струму на актуатор, який в свою чергу відкриває вікно. Після чого система переходить в режим енергозбереження.

					<i>ЕліТ 6.050903.436 ПЗ</i>	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 12 – Алгоритм функціонування блоку «Центральний блок передачі інформації»

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

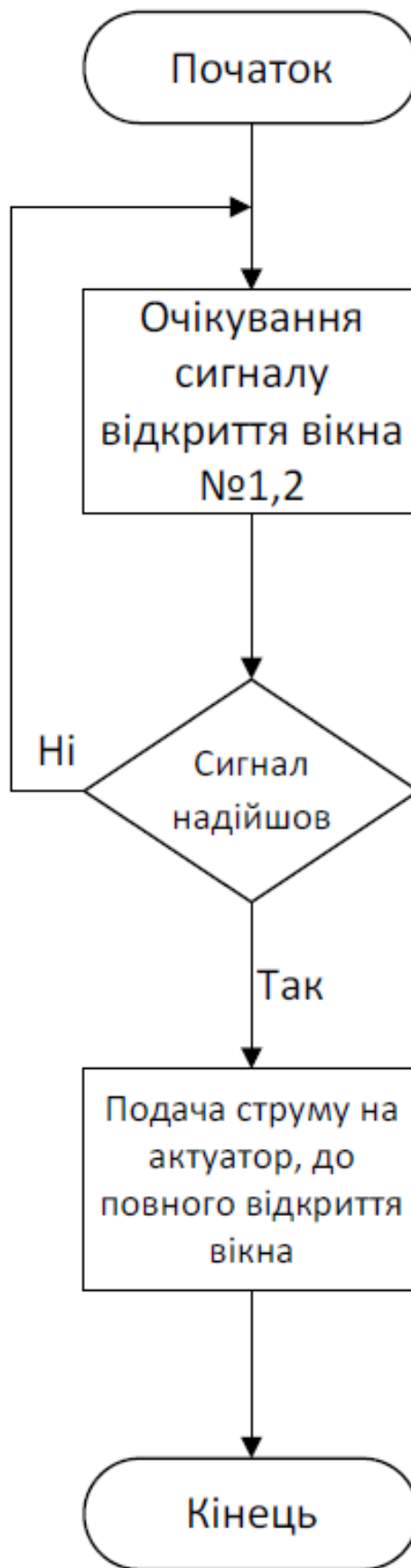


Рисунок 13 – Алгоритм функціонування блоку «Блок аварійного відкриття вікон»

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

**Передача даних по бездротовим каналам зв'язку.** Так як планується використання платформи, яка має змогу працювати з стандартами 802.11 b/g/n, потрібно розглянути механізм передачі даних.

**802.11b.** Пропускна здатність для пристроїв, що працюють в цьому стандарті, становить максимально 11 Мбіт/с. Перешкоди, що знаходяться на шляху радіохвиль, такі як стіни, двері, скло, метал, можуть ефективно знизити якість сигналу і, отже, швидкість передачі даних, що призводить до відсутності зв'язку. Цей стандарт використовує ряд алгоритмів, передбачених для усунення перешкод, а також що не допускають конфліктів в разі використання більшого числа мережевих карт.

Смуга пропускання 802.11b може обслуговувати швидкість передачі до 11 Мбіт/с. з розподілом на 5.5 Мбіт/с, 2 Мбіт/с і 1 Мбіт/с у випадку занадто великої кількості помилок в каналі передачі. Смуга може бути розділена на 14 каналів з фіксованою шириною 22 МГц.

**802.11g.** Логічне продовження стандарту 802.11b. Він збільшує пропускну здатність до 54 Мбіт/с. за допомогою тієї ж самої смуги частот 2.4 ГГц, що і в стандарті 802.11b.

Він використовує передачу Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance – протокол, який визначає спосіб множинного доступу до каналу з відстеженням стану носія та запобігання зіткнень. Доступна смуга пропускання ділиться між усіма відповідними станціями.

Модуляцією, яка використовується в стандарті 802.11g – Orthogonal Frequency-Division Multiplexing (OFDM), яке запозичене зі стандарту 802.11a зі швидкістю передачі даних 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 і 54 Мбіт/с і відновлення до Complementary Code Keying (ССК) – комплементарний код модуляції, як в стандарті 802.11b, для 5.5 і 11 Мбіт/с і модуляціями DBPSK/DQPSK+DSSS для 1 і 2 Мбіт/с.

З піднесуших OFDM 48 зарезервовані для даних, в той час як 4 є пілотами піднесуших з розподілом несучої 0,3125 МГц (20МГц/64). Тривалість символу 4

					<i>ЕлІТ 6.050903.436 ПЗ</i>	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мікросекунди, який додатково включає в себе захисний інтервал 0,8 мікросекунди. Фактично генерація і декодування ортогональних компонентів відбувається в смузі частот модулюючого сигналу від DSP. Далі вони перетворюються в частоту 2.4 ГГц в передавачі. Перевагою використання OFDM є зниження ефектів багатопроменевого поширення сигналу до приймача і підвищення ефективності використання спектра.

**802.11n.** Це стандарт бездротової мережі, який для прискорення передачі даних, використовує безліч антен. Метою введення цього стандарту є збільшення пропускної здатності мережі.

MIMO це технологія, яка використовує безліч антен для спільної передачі великої кількості інформації, ніж це можливо при використанні однієї антени. Одним із способів досягнення цієї мети є використання технології Spatial Division Multiplexing (SDM), в якій багато незалежних просторових потоків даних передаються одночасно в одному спектральному каналі. Технологія MIMO SDM може значно збільшити пропускну здатність, як число просторових розділених потоків даних, але кожен просторовий потік вимагає антени, як в передавачі, так і в приймачі. Крім того, в технології MIMO обов'язково потрібно власний конвертер і аналогово-цифровий перетворювач для кожної антени MIMO.

Припускаючи ті ж робочі параметри в порівнянні з мережею 802.11n (досягнення 54 Мбіт/с в одному каналі 20МГц від однієї антени), мережа 802.11n може досягати 72 Мбіт/с (в одному каналі 20МГц від однієї антени). Швидкість 802.11n може збільшитися до 150 Мбіт/с з використанням двох каналів 20 МГц в режимі 40 МГц якщо немає втручання емісії, типу Bluetooth, мікрохвильової печі та інших Wi-Fi в цій області. У разі використання більшого числа антен, швидкість передачі символів може доходити навіть до 288Мбіт/с в режимі 20МГц з чотирма антенами або 600 Мбіт/с в режимі 40 МГц з чотирма антенами.

**Фізичний рівень 802.11.** На фізичному рівні визначені два широкосмугових радіочастотних методи передачі. Ці методи працюють в ISM діапазоні 2.4 ГГц і зазвичай використовують смугу 83 МГц від 2.4 ГГц до 2.483 ГГц. Технології

					<i>ЕлІТ 6.050903.436 ПЗ</i>	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



широкопasmового сигналу, що використовуються в радіочастотних методах, збільшують надійність, пропускну здатність, дозволяють багатьом непов'язаним один з одним пристроїв розділяти одну смугу частот з мінімальними перешкодами один для одного.

Стандарт 802.11 використовує метод прямої послідовності (Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS) і метод частотних стрибків (Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS). Ці методи кардинально відрізняються, і несумісні один з одним.

Для модуляції сигналу FHSS використовує технологію Frequency Shift Keying (FSK). При роботі на швидкості 1 Мбіт/с використовується FSK модуляція по Гаусу другого рівня, а при роботі на швидкості 2 Мбіт/с - четвертого рівня.

Метод DSSS використовує технологію модуляції Phase Shift Keying (PSK). При цьому на швидкості 1 Мбіт/с використовується диференціальна двійкова PSK, а на швидкості 2 Мбіт/с – диференціальна квадратична PSK модуляція.

Заголовки фізичного рівня завжди передаються на швидкості 1 Мбіт/с, в той час як дані можуть передаватися зі швидкостями 1 і 2 Мбіт/с.

**Метод FHSS.** При використанні методу частотних стрибків смуга 2.4 ГГц ділиться на 79 каналів по 1 МГц. Відправник і одержувач узгоджують схему перемикавання каналів (на вибір є 22 таких схеми), і дані посилаються послідовно по різних каналах з використанням цієї схеми. Кожна передача даних в мережі 802.11 відбувається за різними схемами перемикавання, а самі схеми розроблені таким чином, щоб мінімізувати шанси того, що два відправника використовуватимуть один і той же канал одночасно.

Метод FHSS дозволяє використовувати дуже просту схему приймача, однак він обмежений максимальною швидкістю 2 Мбіт/с. Це обмеження викликано тим, що під один канал виділяється рівно 1 МГц, що змушує FHSS системи використовувати весь діапазон 2.4 ГГц. Це означає, що повинно відбуватися часте перемикавання, що в свою чергу, призводить до збільшення накладних витрат.

**Метод DSSS.** Ділить діапазон 2.4 ГГц на 14 каналів які частково перекриваються. Для того, щоб кілька каналів могли використовуватися одночасно

					<i>ЕлІТ 6.050903.436 ПЗ</i>	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

в одному і тому ж місці, необхідно, щоб вони відставали один від одного на 25 МГц, для виключення взаємних перешкод. Таким чином, в одному місці може одночасно використовуватися максимум 3 канали. Дані пересилаються з використанням одного з цих каналів без перемикання на інші канали. Щоб компенсувати сторонні шуми, використовується 11-ти бітова послідовність Баркера, коли кожен біт даних користувача перетворюється в 11 біт даних для передачі. Така висока надмірність для кожного біта дозволяє істотно підвищити надійність передачі, при цьому значно знизивши потужність сигналу, що передається. Навіть якщо частина сигналу буде загублена, він в більшості випадків все одно буде відновлений. Тим самим мінімізується число повторних передач даних.

Канальний рівень 802.11 складається з двох підрівнів: керування логічним зв'язком (Logical Link Control, LLC) і управління доступом до носія (Media Access Control, MAC). 802.11 використовує той же LLC і 48-бітову адресацію, що і інші мережі 802, що дозволяє легко об'єднувати бездротові і дротяні мережі, однак MAC рівень має кардинальні відмінності.

MAC рівень 802.11 підтримує безліч користувачів на загальному носії, коли користувач перевіряє носій перед доступом до нього. Для Ethernet мереж 802.3 використовується протокол Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD), який визначає, як станції Ethernet отримують доступ до провідної лінії, і як вони виявляють і обробляють колізії, що виникають в тому випадку, якщо кілька пристроїв намагаються одночасно встановити зв'язок по мережі. Щоб виявити колізію, станція повинна мати здатність і приймати, і передавати одночасно. Стандарт 802.11 передбачає використання напівдуплексних приймачів, тому в бездротових мережах 802.11 станція не може знайти колізію під час передачі.

Щоб врахувати цю відмінність, 802.11 використовує модифікований протокол, відомий як Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA/CA), або Distributed Coordination Function (DCF). CSMA/CA намагається уникнути колізій шляхом використання явного підтвердження пакета (ACK), що

					<i>ЕлІТ 6.050903.436 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						34
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

означає, що приймаюча станція посилає АСК пакет для підтвердження того, що пакет отриманий неушкодженим.

CSMA/CA працює наступним чином. Станція, яка бажає передавати, тестує канал, і якщо не виявлено активності, станція чекає протягом деякого випадкового проміжку часу, а потім передає, якщо середовище передачі даних все ще вільна. Якщо пакет приходить цілим, приймаюча станція посилає пакет АСК, по прийомі якого відправником завершується процес передачі. Якщо передавальна станція не отримала пакет АСК, в силу того, що не було отримано пакет даних, або він прийшов пошкоджений АСК, робиться припущення, що сталася колізія, і пакет даних передається знову через випадковий проміжок часу.

Для визначення того, чи є канал вільним, використовується алгоритм оцінки чистоти каналу (Channel Clearance Algorithm, CCA). Його суть полягає в вимірі енергії сигналу на антені і визначення потужності прийнятого сигналу (RSSI). Якщо потужність прийнятого сигналу нижче певного порогу, то канал оголошується вільним, і MAC рівень отримує статус CTS. Якщо потужність вище порогового значення, передача даних затримується відповідно до правил протоколу. Стандарт надає ще одну можливість визначення незайнятості каналу, яка може використовуватися або окремо, або разом з виміром RSSI – метод перевірки несучої. Цей метод є більш вибіркоvim, так як з його допомогою виробляється перевірка на той же тип несучої, що і за специфікацією 802.11.

**Переваги.** Враховуючи вище сказане, можна зробити висновок, що вибір платформи зі стандартами 802.11 b/g /n – вдалий вибір. Адже відкриваються майже безграничні можливості по вдосконаленню розроблювальної системи.

Можливим вдосконаленням є розширення дальності зв'язку за рахунок використання відповідних спрямованих антен. Дальність передачі може досягати декількох кілометрів. Наступним кроком може стати збільшення кількості датчиків, та наприклад відеоспостереження за робочими місцями, з подальшою обробкою зображення. Адже 802.11 гарантує швидкість та зручну масштабованість побудови системи.

					<i>ЕлІТ 6.050903.436 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						35
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 2.2 Розробка структурної схеми пристрою

Згідно з технічним завданням необхідно розробити систему, яка слідкує за рівнем чадного газу та повинна оповіщувати господаря приміщення через мережу інтернет повідомленням на смартфон.

Система контролю за рівнем чадного газу повинна забезпечувати виконання всіх наступних функцій:

- слідкування за рівнем чадного газу;
- при перевищенні рівня 1900 ppm, надсилати сигнал через Wi-Fi на «Центральний блок передачі інформації» ;
- автоматичне перемикання центрального блоку передачі інформації з точки доступу на режим клієнта та навпаки;
- автоматичне з'єднання з домашньою Wi-Fi мережею;
- відправлення повідомлення через мережу інтернет, на телефон господаря;
- контроль актуатором на вікні №1;
- контроль актуатором на вікні №2;
- автоматичний перехід в енергозберігаючий режим при відпрацюванні системи.

Так як в системі передбачається використання бездротових каналів зв'язку, а якщо конкретніше – Wi-Fi 2.4 ГГц, то доцільно виконати її на базі платформи ESP 8266, яка відмінно підходить для поставленої задачі.

Датчики контролю рівня чадного газу, можуть бути використані готові промислові датчики, які мають необхідну точність.

Для контролю відкривання вікна, використаємо простий актуатор, який відкриє металопластикові вікно в режим провітрювання.

З урахуванням побудови системи на ESP 8266, напруги, що надходить з датчика не повинна перевищувати напруги живлення ESP 8266.

Структурна схема всієї системи з трьома робочими блоками представлена на рис. 14.

					ЕлІТ 6.050903.436 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

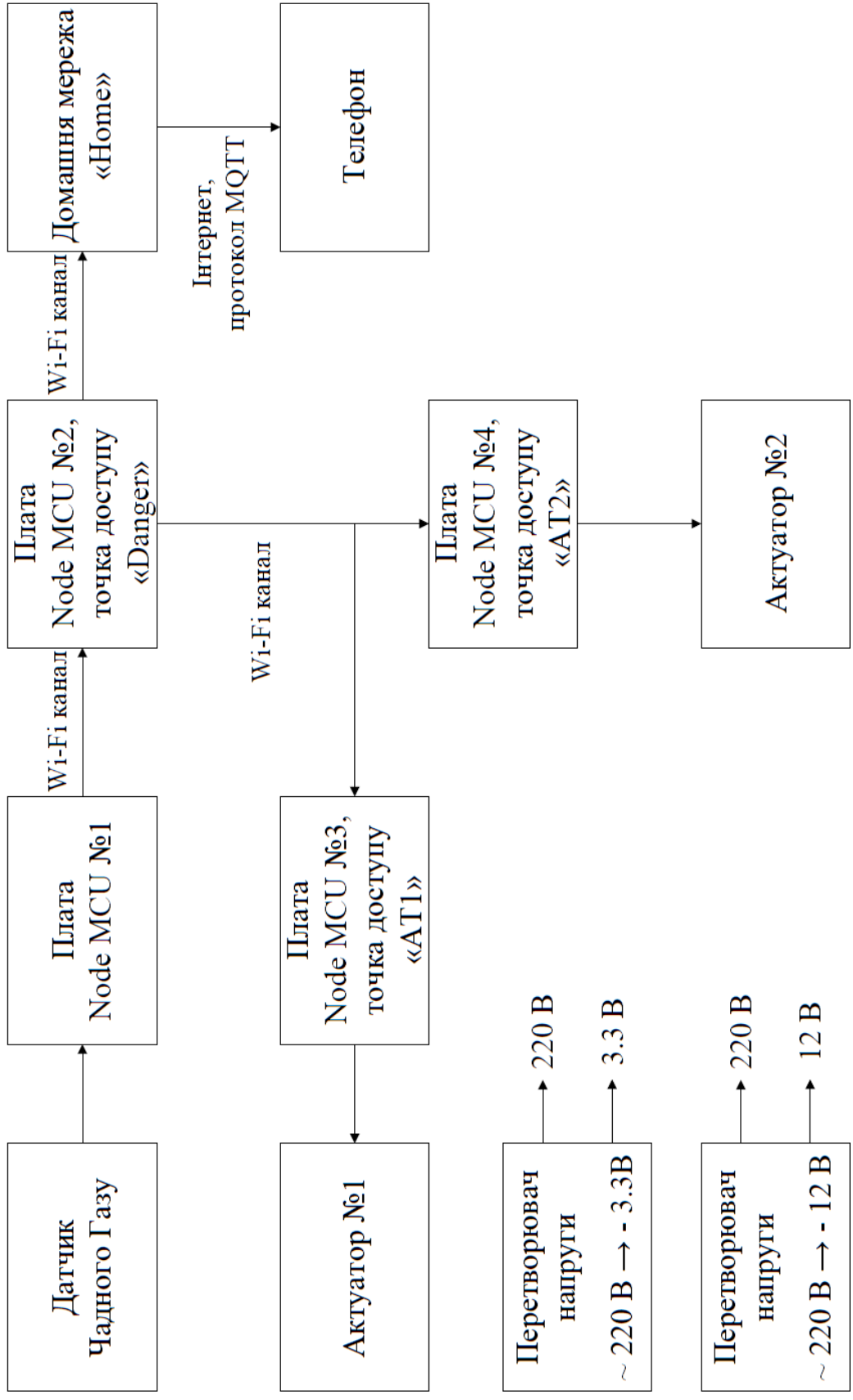


Рисунок 14 – Система контролю за рівнем чадного газу

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Після подачі на всі чотири блоки напруги живлення, має розпочатися постійне опитування датчика чадного газу в блоці «Вимірювання рівня чадного газу». В цей час «Центральний блок передачі інформації» очікує сигнал тривоги від попередньо описаного блоку. «Блок аварійного відкриття вікон» також знаходиться в режимі пошуку сигналу, що сигналізує аварію.

Програмою повинна бути передбачена відправка повідомлення на телефон власника приміщення по mqtt протоколу.

					<i>ЕліТ 6.050903.436 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>38</i>

## 3 РОЗРОБЛЕННЯ ПРИНЦИПОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ, БЛОКІВ СИСТЕМИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА ЧАДНИМ ГАЗОМ

### 3.1 Вибір елементної бази

**Вибір мікроконтролера.** Згідно структурної схеми потрібно чотири мікроконтролери, які забезпечать передачу даних по Wi-Fi. Найбільш доцільне застосування платформи Node MCU V3 на основі модуля ESP 8266. Ця платформа має наступні характеристики:

- Wi-Fi стандарти 802.11 b/g/n;
- безпека – WPA/WPA2;
- шифрування – WEP/TKIP/AES;
- підтримка STA/AP режимів;
- вбудований стек протоколів TCP/IP;
- мікропроцесор Tensilica 80 МГц, 32 біт.
- Flash-пам'ять 4 Мб.
- D0-D8,SD1-SD3 можуть використовуватися як GPIO,PWM,ІС і так далі;
- живлення 3,3 Вольт;
- швидкість передачі від 110 до 460800 б/сек;
- підтримка UART;
- діапазон робочих температур від – 40 до +125 °С;
- маса 18 грам.

Платформа має 11 портів ввводів-виводів загального призначення. Деякі з портів мають додаткові функції:

- D9,D19 – UART;
- D1,D2 – ІС/TWI;
- D5-D8 – SPI;
- D1-D10 – виходи широтно-імпульсної модуляції;
- A0 – аналоговий вхід АЦП.

					ЕлІТ 6.050903.436 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





шару діоксиду олова. Всередині трубки проходить нагрівальний елемент, який нагріває чутливий шар до температури, при якій він починає реагувати на чадний газ. Принципова схема MQ-7, наведена на рис. 16. Наведемо характеристики датчика:

- напруга живлення 5 В;
- струм 160 мА;
- діапазон чутливості 10 - 10000 ppm;
- напруга нагрівача 1,5 - 5В;
- час накалу нагрівача 60 - 90 сек;
- опір нагрівача 31 Ом;
- потужність нагрівача 350 мВт;
- опір датчика 2 - 20 кОм;
- ширина 22мм;
- довжина 22мм;
- висота 17 мм;
- вага модуля 5 грам.

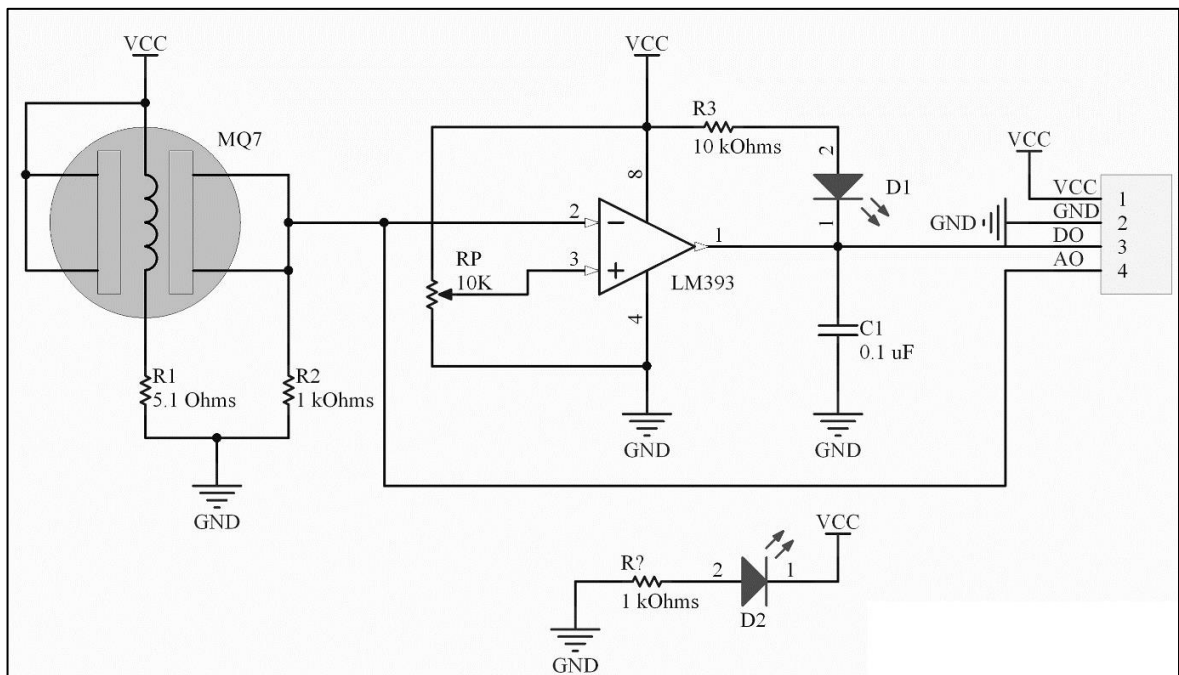


Рисунок 16 – Принципова схема датчика MQ-7

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

**Вибір актуатора.** Згідно структурної схеми потрібно забезпечити аварійне відкривання вікон. Для того, щоб відкрити метало-пластикове вікно в режим провітрювання, потрібно потягнути на себе вікно на 10 см. З цим завданням нам допоможе актуатор ВНТГА-100-12-10 (рис. 17).

Актуатор забезпечений вбудованими кінцевими датчиками, які вимикають двигун при досягненні рухомим штоком крайніх положень. Зміна напрямку руху штока відбувається зміною полярності електроживлення двигуна. При припиненні подачі напруги на двигун, в процесі руху штока, шток фіксується в тому положенні, в якому припинено подачу напруги. Характеристика актуатора:

- напруга живлення 12 В;
- номінальний струм 2А;
- номінальна потужність 20 Вт;
- максимальна потужність 30Вт ;
- клас захисту від ураження електричним струмом IP54;
- рівень шуму  $\leq 50\text{dB}$ ;
- швидкість руху штока 10 мм/с;
- довжина ходу 100 мм.



Рисунок 17 – Актуатор ВНТГА-100-12-10

					ЕлІТ 6.050903.436 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

**Вибір реле.** Для вмикання актуатора, потрібно під'єднати його до джерела живлення. До реле висувається лише дві умови – струм навантаження більше 2 ампер та напруга навантаження більше 12 вольт. Для цього завдання підійде одноканальне реле модуль, побудоване на базі реле Songle SRD. Реле зображене на рис. 18. Його характеристики:

- струм спрацьовування 20 мА;
- струм навантаження до 10 А;
- напруга навантаження до 30 В.

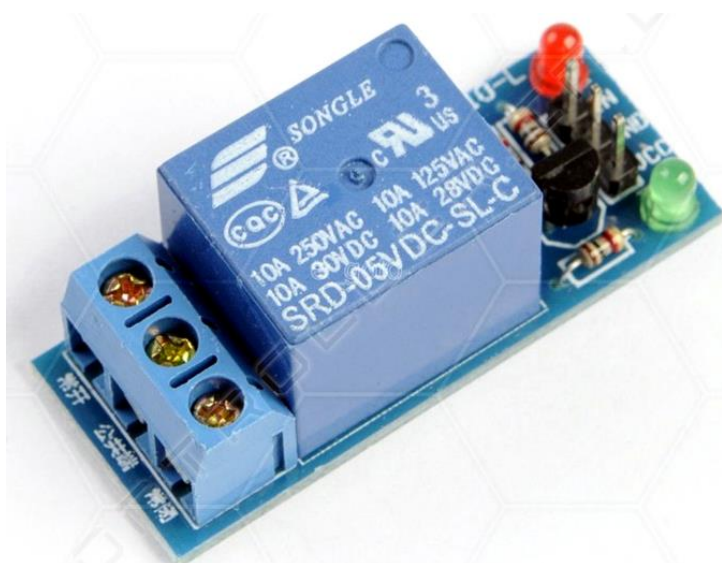


Рисунок 18 – Модуль реле Songle SRD

**Блок живлення 12В.** Згідно принципової схеми потрібно забезпечити живленням два актуатори. Так як за схемою, актуатори вмикаються по черзі, необхідно простий блок живлення з током віддачі 2 ампері. Чудово підходить простий блок NBSE24120200HE 12V/2A від фірми Sagemcom

**Блок живлення 3.3В.** Згідно структурної схеми потрібно забезпечити живленням платформу Node MCU v3. Так як одна платформа споживає всього 200мА, нам потрібен блок з віддачею 1А. Чудово підходить простий блок GS15E-0P1J 3.3V/2.18A від фірми MeanWell.

					ЕлІТ 6.050903.436 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

### 3.2 Розробка схеми електричної принципової пристрою.

Після вибору комплектуючих в попередньому розділі, стає зрозуміло, що система буде модульного типу. Звичайно, можна було б використовувати замість цілої платформи, лише сам модуль ESP 8266 але це б наклало свій велетенський відбиток на всю схему. Насамперед, замість зручного програмування через порт USB комп'ютера, довелося б працювати з TTL рівнями, що не досить зручно. Модульний тип побудови має наступні переваги:

- зручна розробка програмного забезпечення;
- зручне тестування системи;
- легке монтування блоків;
- швидка діагностика та ремонт при виході з ладу;
- швидке та просте масштабування системи.

При такій великій кількості переваг модульної системи побудови, маємо лише два незначні недоліки:

- незначна переплата за модуль;
- дещо більші габарити модуля Node MCU V3 в порівнянні з ESP 8266.

На принциповій схемі датчик MQ-7 позначений DD1, підключається до платформи Node MCU V3, яка має позначення DD2, через порт SD3. Таке підключення обґрунтоване технічною документацією до датчика MQ-7. Так як живлення датчика можливе від 3.3 В, в блоці «Вимірювання рівня чадного газу», то було прийняте рішення об'єднати живлення DD1 (1-VCC, 2-GND) та DD2 (3V3-16, GND-17) в один блок живлення, так як сила струму блоку живлення дозволяє це зробити.

«Блок відкривання вікна №1», реалізований за допомогою модуля Node MCU V3 (DD4), модуля одноканального реле Songle SRD (DD6) та актуатора (M1). Керування реле відбувається через порт SD3, під номером 4. Аналогічна ситуація і з «Блок відкривання вікна №2».

					ЕлІТ 6.050903.436 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На принциповій схемі всі платформи Node MCU V3 підключені до джерел живлення через порти 3V3 та GND, під номерами 16 та 17 відповідно.

Зважаючи на все вищесказане, модульна система ідеально вписується в розробку систему слідкування за рівнем чадного газу.

					<i>ЕліТ 6.050903.436 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		45

## 4 РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Мікропроцесор з блока вимірювання рівня чадного газу (ДОДАТОК 1), циклічно опитує датчик MQ-7 та порівнює отримане значення з записаним в програму пороговим значення 1900. При спрацюванні, тобто коли концентрація чадного газу перевищить 1900 ppm, модуль з'єднується с точкою доступу «Danger» та відсилає сигнал аварії, після чого переходить в енергозберігаючий режим.

Мікропроцесор з центрального блока передачі інформації (ДОДАТОК 2), отримавши сигнал від датчика, в якого виникла проблема відразу відключає точку доступу «Danger» та підключається до домашньої мережі «Home». При підключенні до інтернету, надсилає користувачеві повідомлення «Увага, висока концентрація чадного газу в приміщенні №1». В той же час відключившись від точки доступу «Home», відбувається пошук точки доступу з назвою «AT1» (ДОДАТОК 3). При знаходженні, передає сигнал аварії. Аналогічно з точкою доступу «AT2» (ДОДАТОК 4).

Отримавши цей сигнал, відбувається перемикання реле та одночасно стартує таймер. Актуатор рухається зі швидкістю 10мм на секунду, а довжина всього актуатора – 100 мм. Отже програмуємо таймер на 10 секунд. Після закінчення часу, знову переключаємо реле в початкове положення та переходимо в енергозберігаючий режим.

Тепер потрібно налаштувати MQTT сервер. Зареєструємося на сайті брокера <https://www.cloudmqtt.com/>. Обираємо базовий безкоштовний тариф, та отримаємо необхідні дані, які наведені в таблиці 5.

Таблиця 5 – Дані від брокера

Server	farmer.cloudmqtt.com
User	nusstdtl
Password	svPJV_QdqZJj
Port	11443

Скачаємо додаток з магазину Google Play – Linear MQTT Dashboard. Налаштуємо його за допомогою даних з таблиці 5 (рис. 20,а). Це допоможе бути завжди в курсі стану датчика газу та відслідковувати його в реальному часі з будь-якої точки, де є доступ в мережу інтернет.

Створимо лампу на головній панелі (рис. 20,б), тепер коли датчик спрацює та центральний блок відправить сигнал на телефон і він відобразиться в панелі gaz, світлодіод запалає червоним та прийде повідомлення на телефон від цього додатку.

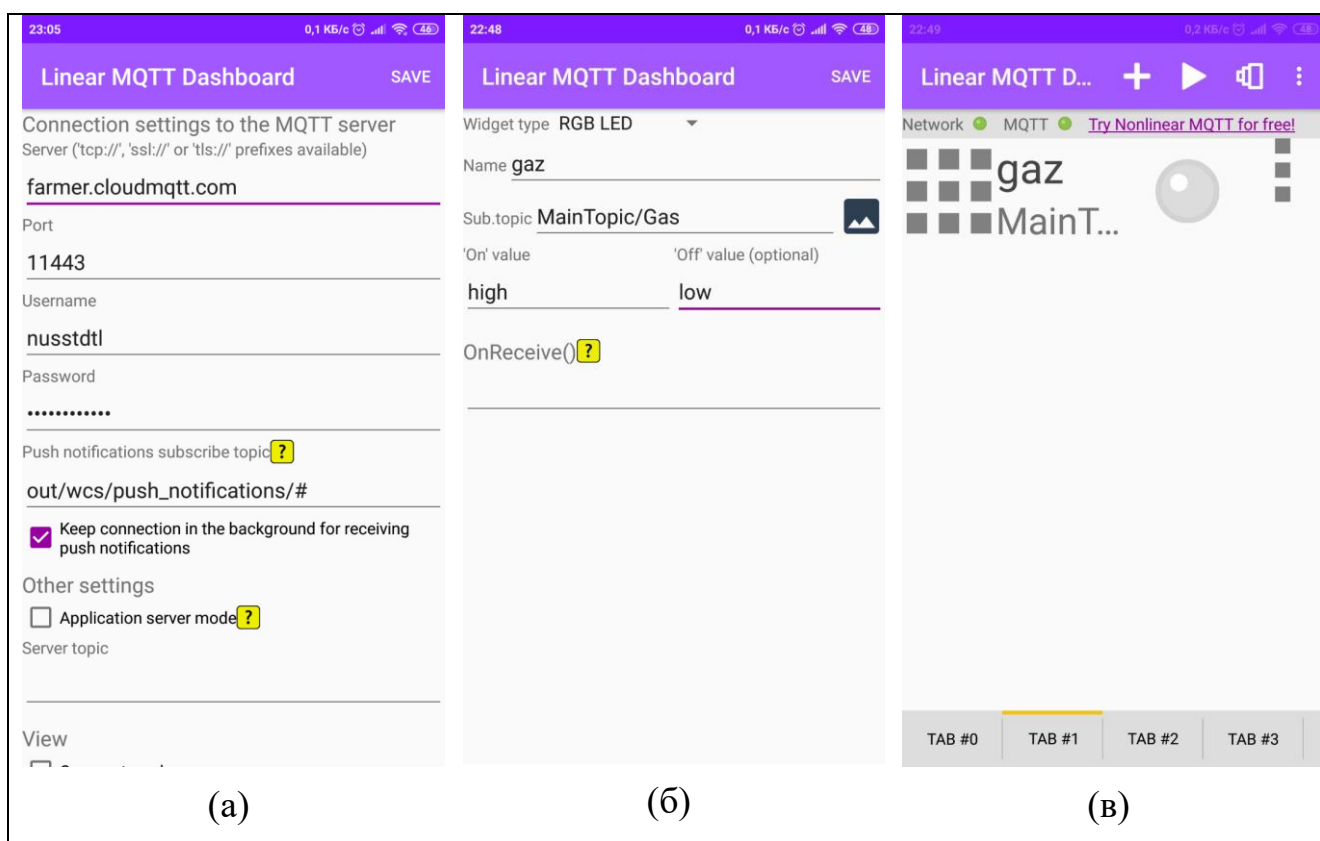


Рисунок 19 – Налаштування Linear MQTT Dashboard

## ВИСНОВКИ

У дипломному проекті була розроблена система контролю за рівнем чадного газу в приміщенні. Вона контролює рівень CO і в разі виникнення аварії з витоком газу, виводить повідомлення на телефон користувача.

Пристрій відповідає технічному завданню.

У спеціальній частині, було сформульоване і поставлено завдання на проектування пристрою. В процесі проектування був розроблений алгоритм роботи слідкуючої системи контролю. За цим алгоритмом в подальшому прийшли до структурної схеми. За завданням керівника дипломного проекту в наступних розділах роботи було проведено створення принципової схеми всієї системи, вибір сучасних компонентів для реалізації проекту та написання програми для всіх зв'язаних блоків системи.

Налаштований MQTT сервер, який допомагає користувачеві слідкувати за інформацією.

					ЕлІТ 6.050903.436 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## ЛІТЕРАТУРА

1. <https://habr.com/ru/post/394535/>
2. Chad Davis, Electromechanical Systems; Independently published, 2018.
3. Новожилов О.П., Электроника и схемотехника Часть 1; Юрайт, 2018.
4. Глибин Е.С., Прядилов А.В., Программирование электронных устройств; Тольятти: Изд-во ТГУ, 2014.
5. [https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/nbs36c120250he-12v-2-5a-shteker-pryamoj\\_144894.html](https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/nbs36c120250he-12v-2-5a-shteker-pryamoj_144894.html)
6. 12~15W AC-DC Single Output Wall-mounted type GS15E datasheet, 2015.
7. Neil Kolban, Kolban's Book on the ESP32&ESP8266, 2016.
8. HANWEI ELECTRONICS CO.LTD, TECHNICAL DATA MQ-7 GAS SENSOR, 2016.
9. <https://altnot.com.ua/p1143079948-linejnyj-privod-aktuator.html>
10. <https://controller.in.ua/rele-modul-1-kanalnyj>
11. ESP8266 Datasheet — Specifications V4.1, 2014
12. ESP8266 Datasheet — Beginners Guide V0.4.1, 2014
13. <https://nag.ru/articles/reviews/104595/obzor-tehnologii-wi-fi.html>
14. <https://www.ixbt.com/comm/wlan.shtml>

					ЕлІТ 6.050903.436 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		