

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Інститут інформатики та радіoeлектроніки,
Факультет комп'ютерних наук і технологій
(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра програмних засобів
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

бакалавр

(ступінь вищої освіти)

на тему ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ВІДДАЛЕНОГО
МОНІТОРИНГУ РІВНЯ ОСВІТЛЕНOSTІ
REMOTE LIGHT MONITORING SOFTWARE

Виконав: студент 4 курсу, групи КНТз-118-2
Спеціальності 121 Інженерія програмного
забезпечення

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Інженерія програмного забезпечення

Хижняк М.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник Пархоменко А.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Морщавка С.В.

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет ІРЕ, ФКНТ
Кафедра програмних засобів
Ступінь вищої освіти бакалавр
Спеціальність 121 Інженерія програмного забезпечення
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) Інженерія програмного забезпечення
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ПЗ, д.т.н, проф.
С.О. Субботін
“ ” 2021 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Хижняка Максима Андрійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема проєкту (роботи) Програмне забезпечення для віддаленого моніторингу рівня освітленості. Remote Light Monitoring Software
керівник проєкту (роботи) Пархоменко Анжеліка Володимирівна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджена наказом закладу вищої освіти від “30” березня 2021 року № 103
- Строк подання студентом проєкту (роботи) 17 травня 2021 року
- Вихідні дані до проєкту (роботи) рекомендована література, технічне завдання
- Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз предметної області. 2. Вибір технології реалізації системи віддаленого моніторингу рівня освітленості. 3. Практична реалізація системи віддаленого моніторингу рівня освітленості. 4. Керівництво користувача. 5. Керівництво програміста.
- Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Слайди презентації

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-5 Основна частина	Пархоменко А.В., доцент		
Нормоконтроль	Дейнега Л.Ю., ст. викладач		

7. Дата видачі завдання “ 28 ” лютого 2021 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Постановка завдання роботи	1 тиждень	Завдання
2	Аналіз предметної області	2 тиждень	Розділ 1
3	Розробка архітектури системи	3 тиждень	Розділ 2
4	Вибір інструментарію розробки	4 тиждень	Розділ 3
5	Розробка програми	5 тиждень	Розділ 3
6	Тестування та експериментальне дослідження програми	6 тиждень	Розділ 3
7	Оформлення пояснювальної записки та документів до неї	7 тиждень	Розділи 4,5, Додатки
8	Нормоконтроль та рецензування	8 тиждень	
9	Захист роботи	9 тиждень	

Студент

(підпис)

Хижняк М.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

(підпис)

Пархоменко А.В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної кваліфікаційної роботи бакалавра: 83 с., 33 рис., 3 табл., 2 дод., 27 джерел.

ВІДДАЛЕНИЙ МОНІТОРИНГ, БЕЗДРОТОВА ТЕХНОЛОГІЯ, Wi-Fi МОДУЛЬ, ДАТЧИК РІВНЯ ОСВІТЛЕНOSTІ, ХМАРНА ПЛАТФОРМА.

Об'єкт дослідження – моніторинг рівня освітленості для систем Розумне місто.

Предмет дослідження – технології та засоби віддаленого моніторингу рівня освітленості.

Мета роботи – розробка програмного забезпечення для віддаленого моніторингу рівня освітленості на основі використання бездротових та хмарних технологій.

Матеріали, методи та технічні засоби: модуль Witty Cloud ESP8266, середовище розробки Arduino IDE, мова програмування C++, хмарна платформа ThingSpeak.

Результати. Створено програмне забезпечення, яке знімає дані про рівень освітленості з датчика модулю Witty Cloud ESP8266 та передає їх до платформи ThingSpeak, з можливістю зберігання, візуалізації та перегляду даних у мобільному застосунку.

Висновки. Використання розробленого програмного забезпечення для віддаленого моніторингу рівня освітленості сприятиме економії ресурсів та реалізації додаткових функцій для підвищення комфорту та безпеки мешканців міста.

Галузь використання – системи Розумне освітлення та Розумне місто.

ABSTRACT

Explanatory note to the diploma qualifying work of the bachelor: 83 pages, 33 figures, 3 tables, 2 appendixes, 27 sources.

REMOTE MONITORING, WIRELESS TECHNOLOGY, Wi-Fi MODULE, LIGHTING LEVEL SENSOR, CLOUD PLATFORM.

Object of study is a lighting level monitoring for Smart City systems.

Subject of study are technologies and tools for lighting level remote monitoring.

The goal of the work is a development of software for remote monitoring of light level based on the usage of wireless and cloud technologies.

Materials, methods, and tools: Witty Cloud ESP8266 module, Arduino IDE development environment, C++ programming language, ThingSpeak cloud platform.

Results. Software has been developed that captures light level data from the sensor of the Witty Cloud ESP8266 module and transmits it to the ThingSpeak platform, with the ability to store, visualize and view data in a mobile application.

Conclusions. The application of the developed software for remote monitoring of the lighting level will help to save resources and implement additional functions to increase the comfort and safety of city residents.

The field of usage are Smart Lighting and Smart City systems.

ЗМІСТ

	С.
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАК	8
ВСТУП	9
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ.....	10
1.1 Особливості побудови інфраструктури Розумного міста.....	10
1.2 Дослідження концепції використання Розумного освітлення в Розумному місті.....	11
1.3 Огляд особливостей реалізації існуючих систем моніторингу	14
1.4 Аналіз протоколів управління освітленням	19
1.4.1 Класифікація протоколів	19
1.4.2 Протокол DMX512.....	22
1.4.3 Протокол RDM	23
1.4.4 Протокол DALI.....	25
1.4.5 Протокол KNX	26
1.5 Постановка завдань дипломної роботи.....	29
2 ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ВІДДАЛЕНОГО МОНІТОРИНГУ РІВНЯ ОСВІТЛЕНOSTІ	30
2.1 Класифікація бездротових технологій	30
2.2 Віддалений моніторинг з використанням мережі GSM і технології передачі даних GPRS	33
2.3 Віддалений моніторинг з використанням технології Wi-Fi.....	35
2.4 Висновки до розділу 2.....	37
3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ВІДДАЛЕНОГО МОНІТОРИНГУ РІВНЯ ОСВІТЛЕНOSTІ.....	38
3.1 Архітектура системи.....	38
3.2 Вибір та обґрунтування типу Wi-Fi модуля.....	40
3.2.1 Мікроконтролер ESP8266 та платформи на його основі	40
3.2.2 Мікроконтролер ESP32 та платформи на його основі	45
3.2.3 Аналіз відмінностей ESP32 та ESP8266	48

3.3 Розробка програмного забезпечення.....	50
3.4 Організація взаємодії з платформою ThingSpeak	59
4 КЕРІВНИЦТВО КОРИСТУВАЧА	62
4.1 Призначення програми	62
4.2 Умови виконання програми	62
4.3 Виконання програми.....	62
4.4 Характеристика програми	63
4.5 Звертання до програми	63
4.6 Вхідні та вихідні дані.....	63
5 КЕРІВНИЦТВО ПРОГРАМІСТА	64
5.1 Призначення програми та умови виконання програми	64
5.2 Характеристика програми	64
5.3 Звертання до програми	64
5.4 Вхідні та вихідні дані.....	66
ВИСНОВКИ.....	67
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	68
ДОДАТОК А Текст програми.....	71
ДОДАТОК Б Слайди презентації	75

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАК

ACN	– Architecture for Control Networks;
API	– Application Programming Interface;
DMX	– DigitalMultipleX;
DALI	– Digital Addressable Lighting Interface;
ETS	– Engineering Tool Software;
IDE	– Integrated Development Environment;
IEEE	– Institute of Electrical and Electronic Engineers;
IoT	– Internet of Things;
MU-MIMO	– Multi User MIMO Multiple Input Multiple Output;
OFDMA	– Orthogonal Frequency-Division Multiple Access;
PLC	– Power Line Communications;
RDM	– Remote Device Management;
TEDS	– Transducer electronic data sheets;
АЦП	– аналого-цифровий перетворювач;
МК	– мікроконтролер;
ПЗ	– програмне забезпечення;
ПЗП	– постійний запам'ятовуючий пристрій;
ПЛК	– програмований логічний контролер;
ШІМ	– широтно-імпульсна модуляція.

ВСТУП

В умовах сучасної дійсності, коли тарифи на електроенергію постійно підвищуються, а витрати на вуличне освітлення становлять понад третину від усіх витрат в структурі житлово-комунального господарства міста, питання економії енергоресурсів набуває все більшої актуальності. Тому, деякі населені пункти України вже сьогодні інвестують кошти в «розумне» вуличне освітлення, яке є однією з головних складових національної програми «Розумне місто» та дозволяє істотно зменшити витрати міського бюджету на оплату електроенергії, споживаної вуличними ліхтарями [1].

Досягається це за рахунок використання енергозберігаючого та адаптивного обладнання. Під час монтажу вуличного освітлення використовують спеціальні світлодіодні світильники, які одночасно оснащені контролерами, датчиками руху та підключені до мережі автоматизованого регулювання. Завдяки цьому в ті проміжки часу, коли в освітлюваній зоні немає ніяких об'єктів, які потребують освітлення, воно або зводиться до мінімуму, або зовсім відключається. Звичайно ж, в момент появи там людини або транспортного засобу підсвічування території знову відновлюється [1].

Концепція Розумного освітлення може бути розширена рядом додаткових функцій, таких як вимірювання якості повітря, інтенсивності руху, моніторинг і управління завантаженістю автостоянок, вимір видимості на міських дорогах, тощо.

Подальший розвиток технологій віддаленого моніторингу рівня освітленості є актуальною задачею, оскільки їх впровадження дозволяє аналізувати дані щодо освітлення та розробляти сценарії ефективного споживання електроенергії, що дозволить скоротити витрати будь-якого міста [1].

Метою роботи є розробка програмного забезпечення для віддаленого моніторингу рівня освітленості на основі використання бездротових та хмарних технологій.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Особливості побудови інфраструктури Розумного міста

Питання побудови інфраструктури Розумного міста є надзвичайно складним та вимагає значних інвестицій. Але, в якості такої інфраструктури можливо використовувати систему вуличного освітлення, що надає величезний потенціал для розширення функціональних можливостей. Важливо, що управління системою вуличного освітлення можна здійснювати з одної точки, а лампи та стовпи можуть бути оснащені додатковими приладами для побудови платформи Internet of Things (IoT) для модулів Розумного міста [2].

Таким чином, у концепції Розумного міста компоненти системи вуличного освітлення можуть бути перетворені в IoT-вузли для читання, вимірювання, прийому й передачі даних. Ці дані будуть зберігатися, оброблятися, аналізуватися та завжди будуть доступні. В результаті вони не тільки дадуть користувачеві дані щодо вимірюваної величини в реальному часі, а й структуровану базу даних, яка дає розуміння конкретної проблеми, попереджає можливість повторення подій і дозволяє використовувати методи прогнозування для оцінки їх розвитку [2].

Параметри, які можуть мати відношення до Розумних міст, включають дані про концентрацію пилку, пилу або смогу в повітрі, температури повітря, щільності руху, завантаженості автостоянок або контейнерів для відходів. Більш складні технології, такі як кнопки SOS, датчики вогнепальної зброї або датчики зіткнення, прикріплені до ламп або встановлені на стовпах освітлення, також можуть сприяти підвищенню громадської безпеки. Існує невичерпний набір розумних опцій, який буде розширюватися в залежності від потреб і типів датчиків, які з'являться в майбутньому. Вирішальними факторами для їх установки будуть можливість використання конкретного пристрою та параметри, які вони зможуть виміряти в Розумному місті [2].

Окрім моніторингу та збору даних необхідно забезпечити обмін, збереження, аналіз і оцінювання отриманої інформації в режимі онлайн. Для цього можливо використовувати відомі методи, такі як PowerLine, Bluetooth, або ті, які раніше не були використані для управління системою освітлення, але мають великий потенціал. Зокрема, технологія Power Line Communications (PLC) надає гібридні лінії зв'язку, що дозволяють перетворити електричну мережу на розумну міську мережу, тобто забезпечує використання інфраструктури електроенергії для передачі даних. Цілі розумної мережі включають інтеграцію періодично відновлюваних джерел енергії в коло постачання електроенергії, забезпечення надійної доставки електроенергії та ефективніше використання існуючої електричної інфраструктури [3].

Збір і передача даних можуть також здійснюватися за допомогою стандартизованих апаратних засобів і систем BigData або шляхом агрегування застосунків і систем, здатних взаємодіяти один з одним через Application Programming Interface (API). API можна розуміти, як універсальну мову, що дозволяє системам і застосункам спілкуватися, тобто обмінюватися даними без необхідності вбудовувати додаткове апаратне забезпечення. Ефективний взаємозв'язок всіх функцій призведе до створення відкритої платформи Розумного міста, яка дозволить інтегрувати нескінченну кількість систем і застосунків [2].

1.2 Дослідження концепції використання Розумного освітлення в Розумному місті

Як показали проведені дослідження, сучасні системи міського освітлення контролюються димируемими драйверами. Деякі з цих систем можуть поступово включатися після виявлення руху або скидати інтенсивність світла в залежності від хмарності або часу доби.

Модуль, який вже повністю інтегрований в платформу IoT, може надати більш просунуті функції управління світлом і більш детальний огляд кожної окремої лампи, стовпа або комутатора, що входить до складу даної системи освітлення. Кожна окрема лампа в інтелектуальній системі освітлення адресна і може працювати за чотирма основними сценаріями: управління, дані, оптимізація та технічне обслуговування. Вони можуть надавати інформацію про них в зручній для користувача формі, надаючи комплексний огляд поточного стану ламп (незалежно від того, працюють вони чи ні), а також всіх їх показників. Крім того, вони можуть попереджати про повторювані відмови протягом певного періоду часу або змінювати і задавати інші сценарії або завдання для лампи протягом доби [2]. До функцій, які забезпечує система Розумне освітлення (рис.1.1), належать такі:

- контроль стану блоку управління (працює / не працює);
- вимірювання споживання енергії, потужності, струму, напруги і коефіцієнта потужності;
- контроль стану головного автоматичного вимикача (викл. / вкл.);
- контроль стану окремих вихідних конекторів (викл. / вкл.);
- контроль стану дверей розподільного щита (закрита / відкрита);
- вимір інтенсивності світла (датчик сутінків);
- сигнал тривоги, який сигналізує про те, що двері розподільного щита відкриті поза часом технічного обслуговування або в разі несанкціонованого проникнення в нього;
- налаштування відправки SMS і повідомлень по електронній пошті;
- створення віртуальних точок, реєстрація та підписання підключених пристроїв.

Легка інтегрованість платформи з Розумним світлом різних виробників в Розумних містах, здатна знизити витрати на електроенергію, а також має потенціал отримання прибутку за рахунок продажу надлишків електроенергії [2].

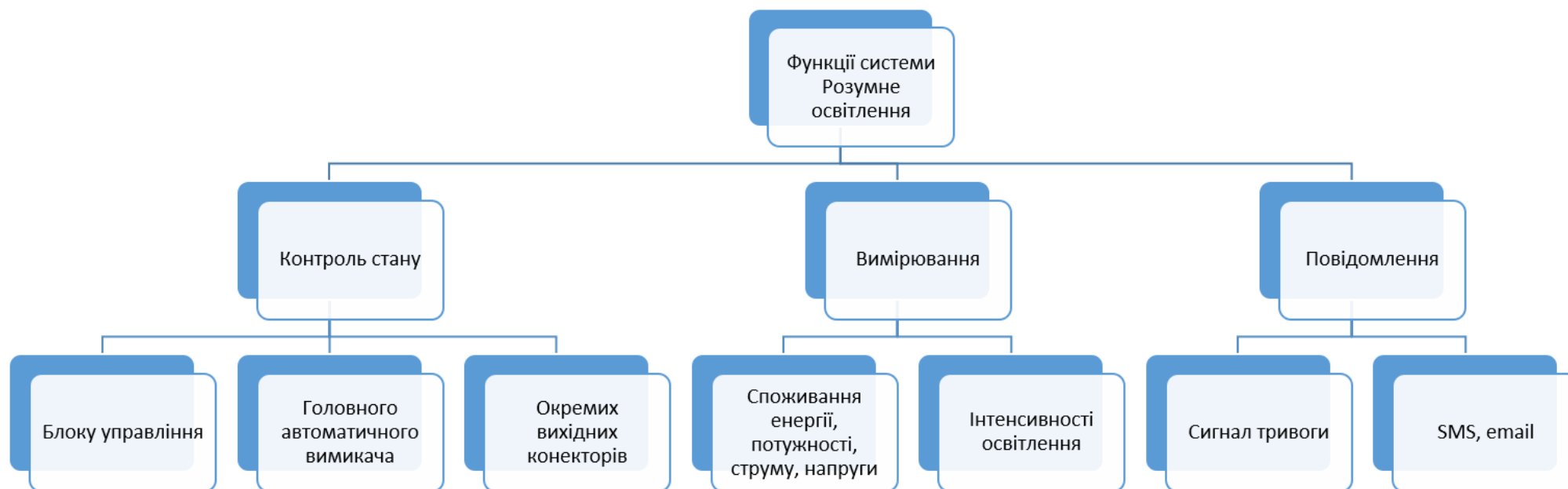


Рисунок 1.1 – Функції системи Розумне освітлення

Таким чином, концепція Розумного освітлення є абсолютно новою для концепції Розумного міста. Вона не тільки дозволяє використовувати передові функціональні можливості, але і з точки зору інфраструктури стає передумовою для створення Розумного міста в рамках в сучасних умов. Існуючі мережі вуличного освітлення і всі інші системи вуличного освітлення, які з'являться в найближчому або віддаленому майбутньому, тепер повинні розглядатися як система Розумне освітлення, яка може бути розширена рядом додаткових функцій, таких як вимірювання якості повітря і води, інтенсивності руху, моніторинг і управління завантаженістю автостоянок, управління відходами, вимір видимості на міських дорогах, вимірювання концентрації шкідливих речовин (таких як алергени або викиди) в повітрі і т.д. Результатом стане розумне, безпечне та ефективне місто з багатьма новими послугами для городян і можливостями для досягнення не тільки економії, а й отримання прибутку [2].

1.3 Огляд особливостей реалізації існуючих систем моніторингу

Система Unilight – це інтелектуальний програмно-апаратний комплекс, що дозволяє в рамках єдиної інформаційної платформи здійснювати моніторинг і управління міською обстановкою, об'єднувати отримані дані і створювати спеціальні алгоритми адаптивного управління транспортною інфраструктурою [4].

Технологічна основа рішення – це установка на опорах зовнішнього освітлення комплексу «розумних» пристроїв, які об'єднуються на базі єдиної хмарної програмної платформи побудованої на принципах відкритості.

Платформа Unilight забезпечує наступні функції:

- контроль і управління міським освітленням (розумне енергозберігаюче освітлення);
- контроль інтенсивності трафіку автомобілів;
- контроль стану дорожнього полотна, метео та еко - умов;

- телематика теплиць і трансформаторних підстанцій;
- диспетчеризація котелень;
- промисловий Інтернет речей;
- розумні пішохідні переходи [4].

Технологічною основою концепції є:

- установка на опорах зовнішнього освітлення комплексу пристроїв для моніторингу та управління міською та дорожньо-транспортною інфраструктурою;
- підключення всього комплексу пристроїв до енергопостачання від мереж освітлення з застосуванням функції відключення світильників зі збереженням живлення на опорах протягом дня;
- використання бездротових каналів передачі даних (3G/4G/NB-IoT/Lora) для управління комплексом пристроїв і отримання зворотнього зв'язку;
- моніторинг та управління всім комплексом пристроїв за допомогою єдиної хмарної платформи, побудованої на принципах відкритості;
- створення ситуаційного центру розумного міста/розумної дороги кроссфункціонального управління елементами розумної вулиці/дороги [4].

Впровадження такої системи забезпечує моніторинг і повний контроль над містом в режимі онлайн, економію на експлуатації, виводить автодорогу в розряд «розумної». Система дозволяє сформувати додаткові комерційні сервіси. Також можливе підключення додаткових пристроїв, які не включені в систему, але вже функціонують в місті [4].

Очікуваний ефект:

- а) зниження витрат на вуличне та дорожнє освітлення до 40%;
- б) можливість проводити віддалене виявлення несправностей в електромережі і оперативне їх усунення (істотна економія на експлуатації комунальних служб);

в) соціальний ефект від впровадження: світлі двори та майданчики, істотне збільшення якості освітлення і рівня безпеки;

г) контроль стану дорожньої інфраструктури (пробки, безпека);

д) ефективне і енергозберігаюче регулювання освітленості небезпечних зон на дорозі (пішохідних переходів, перехресть і ін.);

е) можливість сформувати нові сфери для створення додаткових комерційних міських сервісів в перспективі, таких як:

- 1) парковки;
- 2) фіксація порушень;
- 3) надання інформації про поточну ситуацію в місті: метео, пробки;
- 4) визначення природоохоронної обстановки в місті [4].

Система Unilight складається з обладнання віддалених об'єктів (шаф управління освітленням, контролерів, світильників, димируючих пристроїв (модулів)), обладнання центрального пункту управління (сервер) і спеціалізованого програмного забезпечення.

Основними особливостями системи є:

- централізоване диспетчерське керування зовнішнім освітленням автодоріг, мостів, пішохідних переходів, перехресть;
- моніторинг і статистика споживання електроенергії;
- захист від несанкціонованих підключень, виявлення несправності на мережі, управління витратами;
- економія до 60% за рахунок автоматичного індивідуального і групового керування освітленням відповідно до щоденного розкладу, включаючи плавне зниження яскравості світильників (димироване) в нічні години в залежності від категорії дороги, погодних умов і інтенсивності дорожнього руху;
- відображення стану всіх об'єктів (опори, світильники, шафи) на карті місцевості з прив'язкою до фактичного географічного розташування [4].

Додаткові рішення платформи:

- метео-моніторинг (вимірювання температури, тиску, швидкості вітру, вологості);
- екомоніторинг (датчики вимірювання викидів CO₂ та інших шкідливих речовин);
- фото відеозйомка в найбільш аварійних місцях, місцях скупчення людей, контроль снігоприбиральної техніки;
- моніторинг стану дорожнього полотна (оптичний датчик стану дорожнього полотна, вбудований датчик температури полотна);
- моніторинг автодорожнього трафіку (підрахунок кількості автомобілів, тип автомобілів);
- система автономного освітлення пішохідних переходів в комплекті з одностороннім світлофором;
- визначення стану дорожнього полотна [4].

Інший проєкт «Розумна опора» (рис. 1.2) надає інтелектуальний програмно-апаратний комплекс смарт-пристроїв, що дозволяє в рамках єдиної інформаційної платформи здійснювати моніторинг і управління дорожньою обстановкою, об'єднувати отримані дані і створювати алгоритми адаптивного управління транспортною інфраструктурою [5].

Переваги системи:

- зручність здійснення управління й моніторингу в режимі одного вікна;
- ефективне та енергозберігаюче регулювання освітленості небезпечних зон на дорозі (пішохідні переходи, перехрестя і ін.);
- розширення функціоналу «розумна» дорога: розумні світлофори, розумні пішохідні переходи, кнопки SOS, датчики трафіку, освітленості, екомоніторинг, транспортна телематика);
- відсутність штрафів за несправні світильники з боку наглядових органів, що перевіряють [5].



Рисунок 1.2 – Основні компоненти системи «Розумна опора» [5]

Сфери застосування:

а) транспортні вузли:

- 1) публічний Wi-Fi;
- 2) відеоаналітика пасажиропотоку;
- 3) інформаційне табло;
- 4) зарядка для мобільних пристроїв;
- 5) динамік для системи оповіщення;
- 6) метеостанція.

б) автодороги:

- 1) контроль трафіку;
- 2) моніторинг стану дорожнього полотна;
- 3) збір метеоданих;
- 4) виклик аварійної служби.

в) парки:

- 1) інтелектуальне освітлення;
- 2) публічний Wi-Fi;

- 3) зарядка для самокатів і мобільних пристроїв;
- 4) динамік для системи оповіщення та музики;
- 5) номери екстреного виклику;
- 6) газоаналізатор.

г) парковки:

- 1) контроль паркувальних місць;
- 2) зарядка для електромобілів;
- 3) контроль чистоти;
- 4) термінал оплати [5].

Приклад встановлення системи «Розумна опора» наведено на рис. 1.3.



Рисунок 1.3 – Приклад встановлення «Розумної опори» [5]

1.4 Аналіз протоколів управління освітленням

1.4.1 Класифікація протоколів

Класифікація протоколів управління освітленням може бути умовно представлена як показано на рисунку 1.4.

Аналогові протоколи були одними з найперших та досить простих. В них реалізовано управління силою світла на основі зміни напруги, що описано в міжнародному стандарті ANSI E1.3 – 2001. Протокол 0-10 Вольт є найбільш популярним та базується на використанні для кожного каналу окремого дрота при аналоговому управлінні. Це дозволяє легко виявити

проблеми в електричному колі за допомогою вольтметра. Але, для реалізації систем з великою кількістю освітлювальних приладів (декілька сотен та більше) потрібно дуже багато ліній управління, тому, цей метод неможливо застосувати для таких систем. Недоліками такої реалізації будуть:

- висока вартість;
- потреба у додатковому обладнанні (адаптори, підсилювачі, інвертори напруги);
- складний монтаж та діагностика;
- низька ремонтпридатність;
- довгі лінії, що призводять до загасання сигналу [6]- [7].

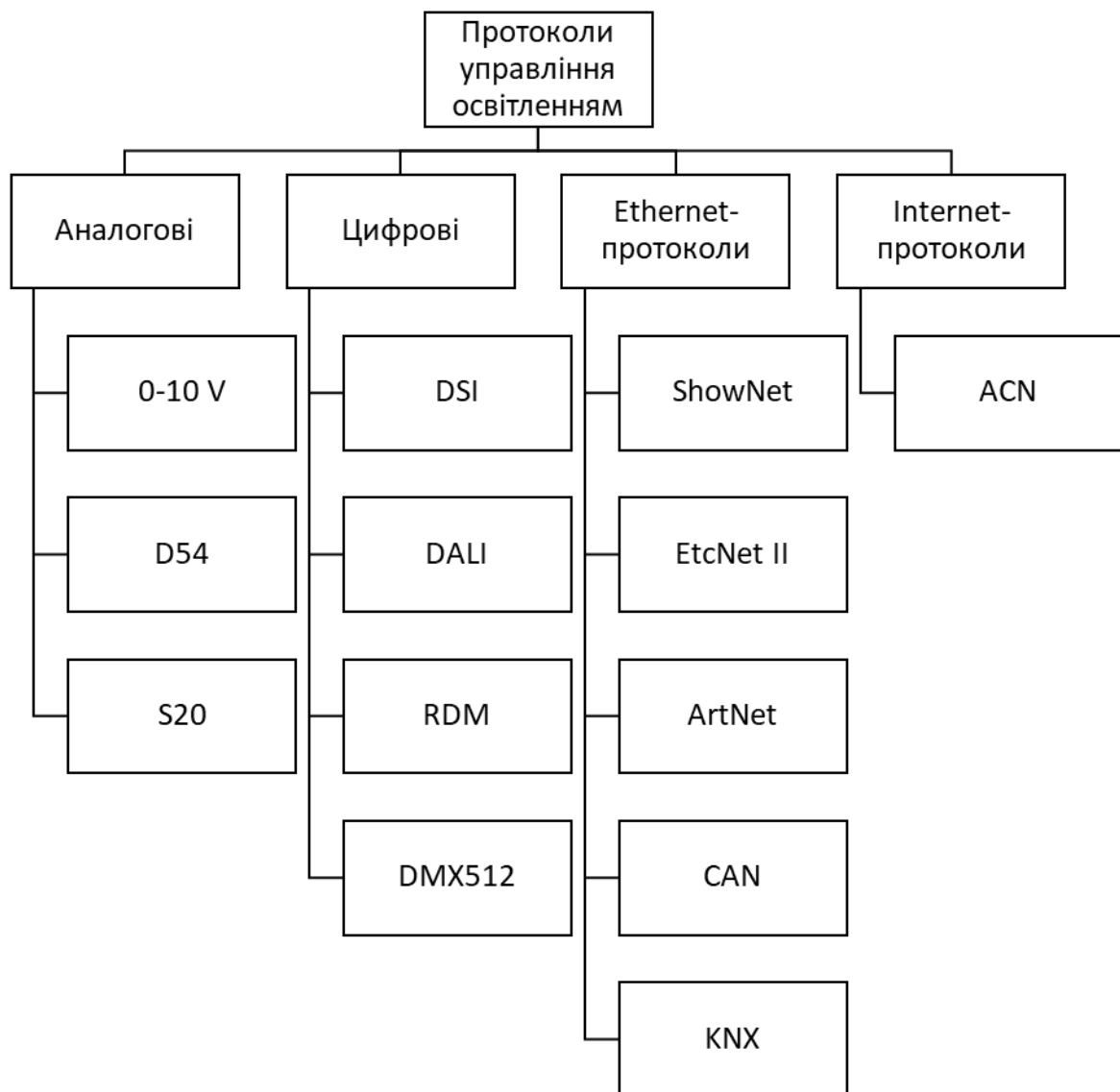


Рисунок 1.4 – Класифікація протоколів управління освітленням

Цифрові системи освітлення довгий час використовувалися або в системах промислової автоматизації, або в системах управління сценічним освітленням, однак зараз знаходять більш широке застосування.

Основна перевага цифрових систем перед аналоговими – це можливість гнучкої комунікації та інтеграції з іншими пристроями, зв'язок між окремими пристроями, об'єднаними в систему. Нерідко в цифрових системах для передачі команд управління не потрібно окремих дротів, оскільки можлива передача по силовим кабелям [8].

Мультиплексні протоколи базуються на об'єднанні декількох каналів, що керують, в одному дроті. Можна виділити два основних різновиди цих протоколів: аналоговий мультиплексний і цифровий мультиплексний. Першими аналоговими мультиплексними протоколами були D54 (від Strand Lighting) і S20 (від ADB). Недоліком цих протоколів є мерехтіння джерел світла, причиною якого є інтерференція [6] - [7].

У цифрових мультиплексних протоколах керуючі сигнали передаються за допомогою цифрової інформації. Першими розробниками були компанії Avab і Colortran, відповідно такі ж імена отримали їх протоколи. Головним недоліком цієї групи протоколів є те, що значна їх частина є приватною власністю. Це створює великі труднощі з узгодженням обладнання від різних виробників [7].

Серед безлічі протоколів цифрових протоколів управління освітленням можна виділити однонаправлені та двонаправлені:

- Digital Multiple X (DMX/DMX512);
- Remote Device Management (RDM);
- Digital Addressable Lighting Interface (DALI).

Ethernet-протоколи управління освітленням дозволяють зняти будь-які обмеження щодо кількості каналів, оскільки кількість приладів в великих освітлювальних системах збільшується з кожним днем. Вони дозволяють через один кабель керувати кількома потоками даних (Universes) по 512 каналів в кожному. Найбільш відомими розробками є: протокол ShowNet (від

компанії Strand), EtcNet II (від ETC), ArtNet (від Artistic Licence). Зокрема, протокол ArtNet підтримує безліч компаній (ADB, Avab, Jands Electronics, High End Systems, Martin, Robe та інші) [6].

Інтернет-технології також активно використовуються в системах управління освітленням. Основними перевагами протоколів TCP/IP є:

- низька вартість інфраструктури;
- масштабованість – можливість з'єднання практично нескінченної кількості мереж;
- сумісність з мережевими та Інтернет-протоколами дозволяє керувати освітленням дистанційно;
- простота конфігурування;
- висока швидкість передачі;
- стійкість до появи помилок [6].

ACN (Architecture for Control Networks E1.17) – це двонаправлений мережевий протокол для управління освітлювальними системами по IP-мережі, що є надбудовою UDP/IP. Зв'язок здійснюється за стандартними лініями Ethernet або Wi-Fi. Особливістю є те, що всі пристрої мають унікальні ідентифікаційні номери, а також файли з описом всіх можливостей джерела світла. Таким чином, контролер має змогу розпізнавати підключені пристрої та управляти ними. Поки цей протокол ще недостатньо поширений. Для переходу з DMX512 на ACN було створено протокол DMX-over-ACN (Streaming ACN, або BSR E1.31) [6] - [7].

1.4.2 Протокол DMX512

DMX – це стандарт, що описує метод цифрової передачі даних між контролерами та світловим і додатковим обладнанням. Однонаправлений протокол DMX512 був розроблений комітетом USITT (United States Institute for Theatre Technology), як засіб управління інтелектуальними світловими приладами з різних консолей через єдиний інтерфейс. Він

дозволив об'єднати різні пристрої управління з кінцевими пристроями (димерами, прожекторами, стробоскопами, димовими машинами і т.д.) від різних виробників. Створений на основі стандартного промислового інтерфейсу EIA/TIA-485 (відомого як RS-485, або звита пара дротів), який використовується для комп'ютерного управління промисловими контролерами, роботами і автоматизованими верстатами. Для передачі даних використовується кабель з двома дротами в спільному екрані з п'ятиконтактним роз'ємом XLR [9].

Стандарт DMX512 дозволяє управляти по одній лінії зв'язку одночасно 512 каналами (не приладами, оскільки один прилад може використовувати іноді кілька десятків каналів). Декілька DMX-контролерів, що працюють одночасно, дозволяють створювати світлові картини і елементи оформлення різної складності, як усередині приміщень, так і на відкритому просторі.

Протокол DMX отримав велике поширення і фактично є основним стандартом для більшості світлотехнічних систем. Його перевагами є простота й універсальність використання. Однак, є певні недоліки, що зменшують ймовірність безперебійної роботи системи в цілому:

- при використанні великої кількості каналів управління (десятки тисяч) виникають помилки на стадії привласнення DMX-адрес та встановлення режимів роботи обладнання;
- ускладнене усунення несправностей в роз'ємах і кабелях;
- можливі помилкові спрацьовування, обумовлені електромагнітними перешкодами, статичною електрикою, надмірно довгими кабелями низької якості [7] - [9].

1.4.3 Протокол RDM

Протокол управління світлом RDM був розроблений асоціацією ESTA (Entertainment Services & Technology Association). Офіційний номер цього

стандарту - ANSI E1.20. Він працює через той же кабель DMX512, але підтримує двосторонню комунікацію між керуючим пристроєм і обладнанням. Це дає відразу дві важливі переваги [7]:

- дозволяє діагностувати стан приладів. Устаткування розпізнається консоллю (якщо вона підтримує протокол RDM), щойно його підключають до керуючої мережі. Це свідчить про те, що прилад отримує електроенергію і керуючі сигнали. Крім цього, будь-який прилад може передати на керуючий пульт інформацію про свої лампи, двигуни, запобіжники і т.і., відповідно, оператор може швидко усунути проблеми;
- є можливість віддалено задавати стартові DMX-адреси, що дозволяє суттєво прискорити прописування освітлювальних приладів для великих систем [7].

Протокол RDM має наступні переваги [6]:

- функція встановлення базової адреси світильника, що дозволяє пришвидшити встановлення приладів освітлення та не присвласнювати DMX адреси вручну;
- використання інтерфейсу RS485 для оновлення програмного забезпечення;
- функція створення DMX систем з підтримкою Ethernet (наприклад, протоколу ACN);
- різноманітні функції управління (окремими пристроями або групою);
- проста структура даних, що забезпечує відсутність інтерференції;
- функція статусних повідомлень від пристроїв в мережі;
- автоматичне розпізнавання освітлювальних приладів;
- простий принцип утворення груп світильників;
- ознаки інтелектуальної системи (індивідуальна адреса, розбиття на групи та ін);
- більш низька вартість системи порівняно з аналоговим управлінням 0-10 В при більшій функціональності [6].

Хоча RDM поки не є офіційним стандартом, багато виробників вже випускають прилади, які з ним сумісні [7]. У перспективі він може стати основним для систем освітлення [6].

1.4.4 Протокол DALI

Цифровий адресований інтерфейс освітлення DALI прийшов на заміну системі управління DSI (Digital Serial Interface), як продовження аналогового інтерфейсу AVC 1-10 В. Він передбачає передачу даних по двох лініях [6].

Система управління освітленням на базі інтерфейсу DALI може бути легко інтегрована в різні системи автоматизації управління (наприклад, LON, BACNet, KNX / EIB), для чого використовуються спеціальні шлюзи (KNX-DALI і LON-DALI). Це дозволяє скоротити терміни монтажу системи, зробити її в цілому менш витратною, а також більш гнучкою в управлінні [8].

Особливості та переваги системи управління DALI [9]:

- DALI – це відкритий протокол, що спеціально розроблений тільки для управління освітленням та доступний всім виробникам;
- дводротова цифрова шина зв'язку всіх пристроїв однієї DALI-мережі є завадостійкою та може монтуватися спільно з силовим кабелем. Ця ж шина виступає джерелом живлення для кінцевих пристроїв DALI;
- не потрібно дотримуватися полярності при підключенні шини;
- не потрібно використовувати термінуючі резистори на кінцях шини;
- один блок живлення і цифровий контролер для 64 кінцевих пристроїв підключається в будь-якому зручному місці шини DALI;
- кінцеві пристрої DALI керують блоками живлення світильників, димерами, реле або сприймають сигнали від датчиків руху, присутності і освітленості;

- інтерфейс реалізує обмін сигналами в обидві сторони - від контролера до кінцевого пристрою і назад, що дозволяє контролювати стан всіх приладів освітлення в системі;
- один протокол дає можливість підключати світильники і пристрої різних виробників;
- управління світильниками системи організовано як від центрального контролера, так і від незалежних датчиків, підключених до цифрової шини. Сценарії роботи задаються програмним шляхом і можуть коригуватися в подальшому [9].

1.4.5 Протокол KNX

Технологія KNX була затверджена наприкінці 2003 року в якості європейського стандарту EN 50090, а в 2006 році – вже як міжнародний стандарт ISO/IEC 14543. В даний час KNX є однією з найпоширеніших шинних систем, що застосовуються для автоматизації будівель. Серед незаперечних переваг шини та стандарту KNX можна назвати підтримку багатьма виробниками зі світовими іменами. Для KNX характерні:

- високий ступінь надійності;
- практично необмежені можливості розширюваності;
- висока швидкість передачі даних [10].

Як фізичне середовище передачі може використовуватися існуюча мережа Ethernet. Це здешевлює реалізацію проєктів KNX, на відміну від раніше розглянутих систем, є універсальним інструментом, що вирішує безліч завдань управління. З точки зору комплексного підходу до автоматизації, в цьому також великий плюс технології: не тільки освітлення, але і вентиляція, кондиціонування, опалення, водопостачання, оповіщення охоронних систем, та практично весь інженерний комплекс сучасної будівлі може бути об'єднаний в KNX-мережу [10].

Стандартом передбачені два режими роботи з системою, так звані Е- і S-режими (рис.1.5), налаштування й програмування системи KNX може проводитися персоналом різної кваліфікації та спеціалізації. В Е-режимі для конфігурації не потрібно застосування програмного пакету Engineering Tool Software (ETS), оскільки всі операції проводяться з панелей управління пристроїв або з центрального контролера. Такий режим, безумовно, має обмежені можливості, зате в невеликих системах дозволяє виробляти базові налаштування просто і оперативно. Для проєктування, а також для повного доступу до функціоналу пристроїв і конфігурації складних систем в процесі інсталяції застосовується системний S-режим, який доступний за наявності програмного пакета ETS і бази даних пристроїв [10].

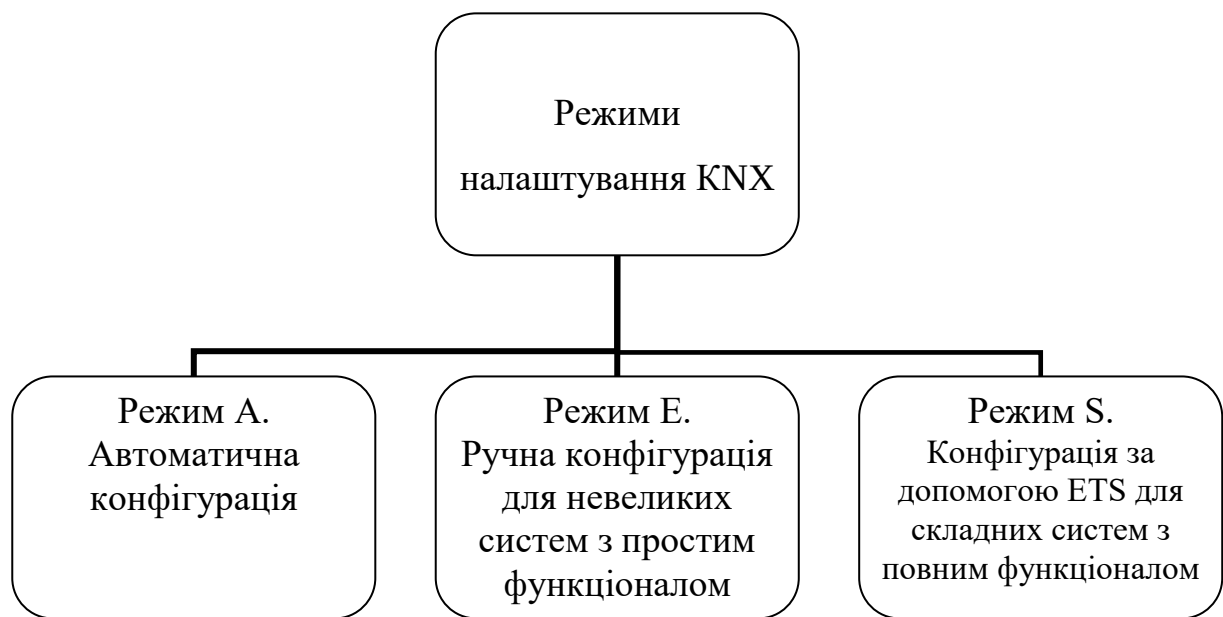


Рисунок 1.5 – Режими налаштування KNX

KNX підтримує безліч фізичних інтерфейсів передачі даних:

- кручена пара (KNX TP),
- лінії електроживлення (KNX PL),
- радіочастотний канал (KNX RF),
- IP / Ethernet (KNX IP), а

– системи інших стандартів (наприклад DALI і BACnet) за допомогою шлюзів [10].

Топологія побудови мережі може мати такі варіанти: лінія, зірка, дерево. Відключення пристрою KNX від шини не призводить до обриву лінії і не спричиняє збоїв в роботі.

Максимальне число шинних пристроїв на одній лінії не повинно перевищувати 64. Якщо потрібне підключення більшого числа пристроїв KNX, то можливо підключити до головної лінії до 15 додаткових сегментів. В результаті, побудована зона може об'єднувати до 960 пристроїв KNX. А за допомогою системної шини можна об'єднувати до 15 зон, збільшуючи число підключених пристроїв до 14 000. KNX є децентралізованою системою, присутність керуючого майстер-пристрою в якій не обов'язкова [10].

Всі продукти KNX параметризуються й налаштовуються в єдиному програмному середовищі ETS. Оскільки дана вимога зазначена в стандарті, можна бути впевненим, що, використовуючи сертифіковане обладнання KNX, ви отримуєте сумісність і однаковість його роботи, незважаючи на технічні особливості, закладені різними виробниками.

KNX - легко масштабована система. Ця її властивість дозволяє модифікувати вже існуючі системи автоматизації без надмірних витрат. Це також дає можливість з успіхом будувати на базі KNX системи автоматизації як рівня окремого приміщення, так і рівня великого інфраструктурного об'єкта типу аеропорту чи залізничного вокзалу [10].

Таким чином, аналіз розглянутих протоколів показав, що KNX протокол є найбільш універсальним та надає переваги при реалізації комплексної системи автоматизації, в якій контроль освітлення є однією з багатьох інших функцій. Якщо ж мова йде лише про контроль освітлення, то застосування шини DALI є економічно більш обґрунтованим. Для реалізації віддаленого моніторингу та управління доцільним є використання Інтернет-технологій та, зокрема, протоколу ACN.

1.5 Постановка завдань дипломної роботи

Розробка ефективних систем моніторингу та управління освітленням дозволяє забезпечити комфортні умови проживання мешканців міста, а також економію енергоресурсів.

Розробка таких систем є складною задачею, що потребує знання протоколів керування приладами освітлення, знання компонентів систем освітлення та особливостей програмування їх роботи.

Тому, тема дипломної роботи є актуальною.

Мета дипломної роботи – розробка програмного забезпечення для віддаленого моніторингу рівня освітленості на основі використання бездротових та хмарних технологій.

Завдання дипломної роботи:

- дослідити технології організації віддаленого моніторингу рівня освітленості;
- виконати аналіз та вибір контролеру для системи моніторингу рівня освітленості;
- виконати практичну реалізацію апаратного та програмного забезпечення системи;
- розробити програмну документацію.

2 ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ВІДДАЛЕНОГО МОНІТОРИНГУ РІВНЯ ОСВІТЛЕНOSTІ

2.1 Класифікація бездротових технологій

Ідея використання бездротових каналів передачі даних як альтернативи кабельним мережам для віддаленого моніторингу та управління стає все більш популярною. В розвинених країнах управління через бездротові мережі вже давно стало масовим явищем, а використання мобільного телефону в якості диспетчерського центру – звичайним засобом.

За дільністю дії існуючі бездротові технології можна представити як на рис. 2.1.

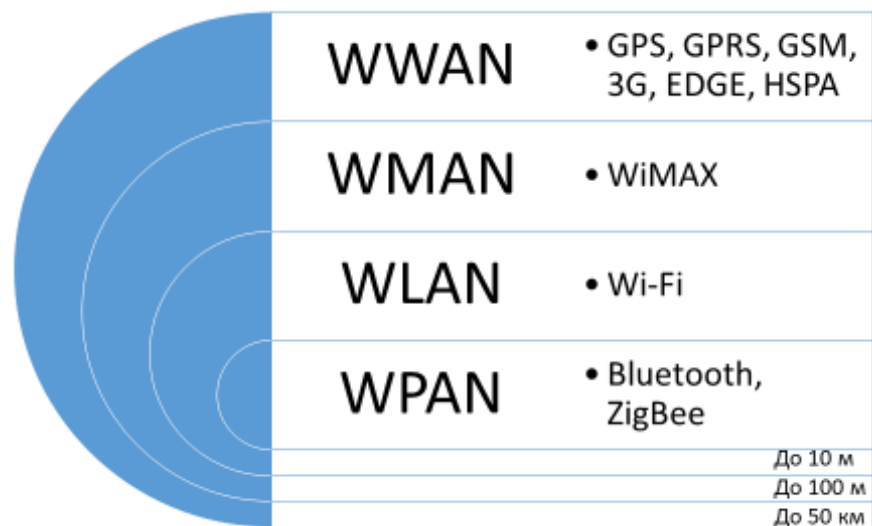


Рисунок 2.1 – Класифікація бездротових технологій за дальністю дії

Бездротові персональні мережі обмежені діапазоном дії, зокрема приклади є Bluetooth. Бездротові локальні мережі використовують технологію Wi-Fi. Бездротові мережі масштабу міста використовують технологію WiMAX, що представляє по суті той же Wi-Fi, але надає широкосмугове з'єднання для безлічі пристроїв на велику відстань. Бездротові глобальні мережі забезпечують велике покриття, прикладом є технологія GPRS [11].

Результати порівняння популярних бездротових технологій наведено в таблиці 2.1 [12] - [13].

Таблиця 2.1 – Порівняння популярних бездротових технологій

Характеристика	Wi-Fi IEEE 802.11b	Bluetooth	ZigBee
Автономний час	Години	Дні	Роки
Складність	Дуже складна	Складна	Проста
Кількість підключень	32	7	64000
Затримка	До 3 секунд	До 10 секунд	До 30 мілісекунд
Зона покриття	100м-1000м	10м	70м-300м (ETSI), 1600м (FCC)
Можливість розширення	Можливий роумінг	Ні	Так
Швидкість передачі даних	11 Мб/с	1 Мб/с	250 Кб/с
Безпека	Сервіс авторизації ID (SSID)	64-bit, 128-bit	128-bit AES і визначення користувача на рівні застосунку

При виборі відповідної технології прийняття певного рішення може ґрунтуватися на декількох стандартах [14].

Стандарти IEEE 802.11 і Bluetooth широко відомі на ринку, але вони призначені в основному для застосунків для інтенсивного обміну даних, наприклад, для бездротових мереж Ethernet. Для деяких застосунків з датчиками інтенсивність обміну даними, що задається цими стандартами, є надмірною. Крім того, споживання енергії цими радіопристроями представляє певну проблему, особливо в застосунках з живленням від батарей. Для вирішення цих питань інститут IEEE (The Institute of Electrical and Electronic Engineers) сформував робочу групу 802.15.4, метою якої є розробка стандартів для фізичного шару застосунків з низьким споживанням енергії та невеликою інтенсивністю обміну даних [14].

IEEE 1451 – це набір стандартів інтерфейсу розумних перетворювачів, розроблений Технічним комітетом сенсорних технологій Інституту інженерів електротехніки та електроніки (IEEE), що описує набір відкритих, загальних, незалежних від мережі комунікаційних інтерфейсів для підключення перетворювачів (датчиків або приводів) до мікропроцесорів, контрольно-вимірювальних систем та контрольно-польових мереж. Одним з ключових елементів цих стандартів є визначення електронних паспортів датчиків Transducer electronic data sheets (TEDS). TEDS – це пристрій пам'яті, приєднаний до датчика, який зберігає дані ідентифікації, калібрування, корекції датчика та інформацію, пов'язану з виробником. Метою сімейства стандартів IEEE 1451 є надання доступу до даних перетворювачів через загальний набір інтерфейсів, незалежно від того, перетворювачі підключені до систем або мереж за допомогою дротових або бездротових засобів [14].

Консорціум ZigBee Alliance заохочує використання таких стандартизованих протоколів, задаючи параметри для спектра радіохвиль, споживання енергії та наборів мікросхем.

У той час як ці зусилля спрямовані на створення протоколу для фізичного шару мережі бездротових датчиків, інші групи фахівців діють в напрямку створення протоколів для формату переданих даних. Запропонований стандарт IEEE 1451 встановлює правила для передачі даних датчиків і технічні параметри інтерфейсів в мережах дротових і бездротових датчиків. Було розроблено мову розмітки Sensor ML, призначенням якої є надання засобів для того, щоб інформація, яка формується датчиками, могла розпізнаватися групою браузерів так само, як мова XML дозволяє переглядати веб-сторінки незалежно від платформи. ZigBee Alliance пропонує також шар інтерфейсу застосунку, який ще в більшій мірі буде сприяти прийняттю технології бездротових датчиків [14].

2.2 Віддалений моніторинг з використанням мережі GSM і технології передачі даних GPRS

Як показали проведені дослідження, сьогодні віддалений моніторинг більшості об'єктів навіть в географічно локалізованих місцевостях стає більш реальним завданням завдяки зусиллям мобільних операторів, виробників GSM/GPRS модемів і розвитку цих технологій.

Передумовами реалізації даного підходу є висока щільність покриття території мережею GSM та те, що непотрібно отримувати дозволи на використання радіозв'язку в межах міста [16].

Очевидні проблеми полягають в наступному. Це недоліки режиму передачі даних по голосовому каналу понад вартості часу з'єднання взагалі, ще й в неефективності використання цього дорогого часу. Сервер, що опитує, повинен змушувати модем набирати номер, а віддалений модем повинен спочатку «підняти трубку», потім встановити з'єднання і відповісти. Якщо в системі об'єкти з невеликою кількістю сигналів, при їх опитуванні на ці операції (набрати номер - підняти трубку - опустити трубку) потрібно більше часу, ніж на саму передачу даних. Недоліки режиму GPRS полягають в негарантованому часі доставки пакетів і розривах між ними, періодичній завантаженості мережі. Крім того, у деяких віддалених місцях якість зв'язку залишає бажати кращого, швидкість передачі даних, в порівнянні з кабелем, є невисокою [16].

На основі розробки [16] варіант побудови системи може бути таким: контролер з архівуванням отриманих від датчиків даних, надійний перевірений GPRS-модем, OPC-сервер, який підтримує GPRS-канал передачі даних і здатний приймати архівні дані та Центр управління, який все це буде обробляти та відображати.

На віддаленому об'єкті потрібно розмістити GPRS-модем, програмований логічний контролер (ПЛК) і модулі введення даних. ПЛК через модулі опитує датчики освітлення, обробляє дані та архівує. Якщо

якість змінної не «GOOD», а відмови модулів контролера немає, це означає, що щось сталося з датчиком - ця інформація передається на сервер збору даних [16].

Для опитування контролерів можливо використовувати GSM/GPRS/EDGE модеми OnCell G3150 (MOXA, Тайвань) в режимі Reverse Real COM, що забезпечує наявність віртуальних послідовних портів на сервері збору даних. Модеми реєструються в мережі GPRS з динамічним IP. У системі є тільки один статичний IP - на роутері, який є точкою доступу до мережі Інтернет-провайдера. На роутері налаштоване перенаправлення портів, використовуваних модемами, на сервер збору даних, що знаходиться в локальній мережі, на якому встановлено наступне ПЗ: менеджер віртуальних портів (NPort Driver Manager, MOXA); OPC-сервер для зв'язку з виконавчою системою контролерів MasterPLC по каналу GSM [16].

OPC-сервер спочатку ініціалізує параметри контролера, а потім модулі опитуються через встановлені проміжки часу. OPC-сервер відповідає за якість даних, приймає та з'єднує пакети, отримані від GPRS-модему. OPC-сервер опитує й архіви контролера, тобто ПЛК може опитувати датчики більш часто, ніж OPC-сервер опитує його. При обривах зв'язку (що нерідко трапляється в мережах GPRS) OPC-сервер прийме архівні дані за той проміжок часу, коли зв'язку не було. OPC-сервер дозволяє налаштувати періодичність опитування контролера, час між символами в пакеті, після закінчення якого пакет вважається закінченим (міжсимвольний таймаут), кількість повторів при збої зв'язку, паузу після збою. Налаштування періоду опитування вибираються, виходячи з побажань замовника та з можливостей модему передати дані за цей час [16].

Потоки архівних даних теж налаштовуються: такти, кількість архівних записів, період запиту архівних даних. Можна витягати з контролера тільки дані за останні кілька годин, а не всі наявні після обриву зв'язку. Таким чином, спеціалізований OPC-сервер в даній системі – це ключова ланка. Дані з OPC-сервера потрапляють в Центр управління, де

піддаються додатковій обробці, оцінці ознак якості, архівування в БД, виведення на екран у вигляді графіків, звітів [16].

Іншим прикладом є продукт «Координатор», призначений для організації інтерактивного комплексу зв'язку, віддаленого управління, моніторингу та створення міні-систем безпеки. Він надає функції обміну SMS, MMS, а також доступу в Інтернет по GPRS. Пристрій може використовуватись для передачі даних з датчиків безпеки або датчиків витрато-мірів. Разом з системою «Позиционер» цей продукт може використовуватися для реалізації систем навігації, моніторингу та телематики рухомих об'єктів [17].

2.3 Віддалений моніторинг з використанням технології Wi-Fi

Стандарт Wi-Fi 6, також відомий як 802.11ax – це нове покоління Wi-Fi та черговий крок на шляху безперервного впровадження інновацій. Спираючись на можливості стандарту 802.11ac, Wi-Fi 6 дозволяє підвищити швидкість передачі даних і пропускну здатність як нових, так і вже існуючих мереж при роботі з застосунками нового покоління за рахунок збільшення ефективності, гнучкості і масштабованості. Стандарт Wi-Fi 6 був запропонований інститутом інженерів з електротехніки та електроніки (IEEE) з метою об'єднати широкі можливості q високу швидкість бездротових технологій Gigabit Ethernet з надійністю nf передбачуваністю ліцензованої радіомережі [18].

Основна проблема Wi-Fi попередніх поколінь в тому, що якщо до точки бездротового доступу підключити багато пристроїв, то швидкість падає. Чим більше підключено пристроїв до точки доступу, тим повільніше працює Інтернет. Всі ці пристрої «конкурують» за канал. А роутер намагається вибрати, якому пристрою дати доступ. Іноді виходить так, що доступ отримує розумна лампочка, а не телефон, на якому запущена найважливіша відеоконференція. Новий стандарт – це поліпшення вже

існуючого за рахунок спеціальної технології OFDMA (Orthogonal Frequency-Division Multiple Access), яка істотно підвищує швидкість і стабільність каналу, дозволяючи ділити його на кілька підканалів, тобто кожному гаджету надається власний канал зв'язку. Це називається множинний доступ з ортогональним частотним поділом [19].

Крім того, вдосконалена технологія MU-MIMO (Multi User MIMO Multiple Input Multiple Output) дає можливість одночасно передавати сигнал, що забезпечував і попередній стандарт безпроводного зв'язку, а також приймати його. В результаті немає інтерференції сигналу, тобто якщо взяти дві точки доступу з підтримкою WiFi 6 і поставити їх поруч, то вони будуть працювати кожна на своєму каналі зв'язку, без особливих проблем. І кожна буде приймати сигнал, який спрямований «своїм» пристроєм. Ну а кількість одночасних з'єднань збільшена до 8.

Колишній стандарт зв'язку не давав точці доступу можливості відрізнити «свій» трафік від «чужого». В результаті в багатоквартирних будинках швидкість передачі даних відносно низька, оскільки роутери, вловлюючи чужі сигнали, «вважають», що канал зв'язку завантажений. У WiFi 6 цієї проблеми немає завдяки функції BSS Coloring, що дозволяє розпізнавати «своїх» і «чужих». Пакети даних підписуються цифровим підписом, так що ніякий плутанини немає.

Максимальна пропускна здатність каналу зв'язку досягає 11 Гбіт / с. Це можливо не тільки завдяки всьому, що описано вище, а також ефективному стисненню інформації. Нові чіпи бездротового зв'язку більш продуктивні, так що кодування й розкодування відбувається швидше, ніж раніше. Наприклад, ще на старті цієї технології редакція PCMag в своєму будинку з величезною кількістю різних розумних пристроїв, смартфонів, точок доступу змогла домогтися збільшення швидкості аж до 50%, використовуючи різні роутери [19].

2.4 Висновки до розділу 2

Як показали проведені дослідження, бездротові датчики та мережі можуть застосовуватися для вимірювань в широкому діапазоні та дозволяють знизити витрати в порівнянні з дротовими технологіями, скоротити час монтажу та звести до мінімуму збої в процесі вимірювання.

Технологія Wi-Fi все частіше вибирається як платформа для реалізації через значну економію завдяки масштабованості та простоті управління. Стандарт Wi-Fi 6 802.11ax, його функціональні можливості та особливості, зокрема, низьке енергоспоживання, є вирішальними при виборі технології реалізації системи віддаленого моніторингу.

3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ВІДДАЛЕНОГО МОНІТОРИНГУ РІВНЯ ОСВІТЛЕНOSTІ

3.1 Архітектура системи

Узагальнену архітектуру системи наведено на рисунку 3.1.

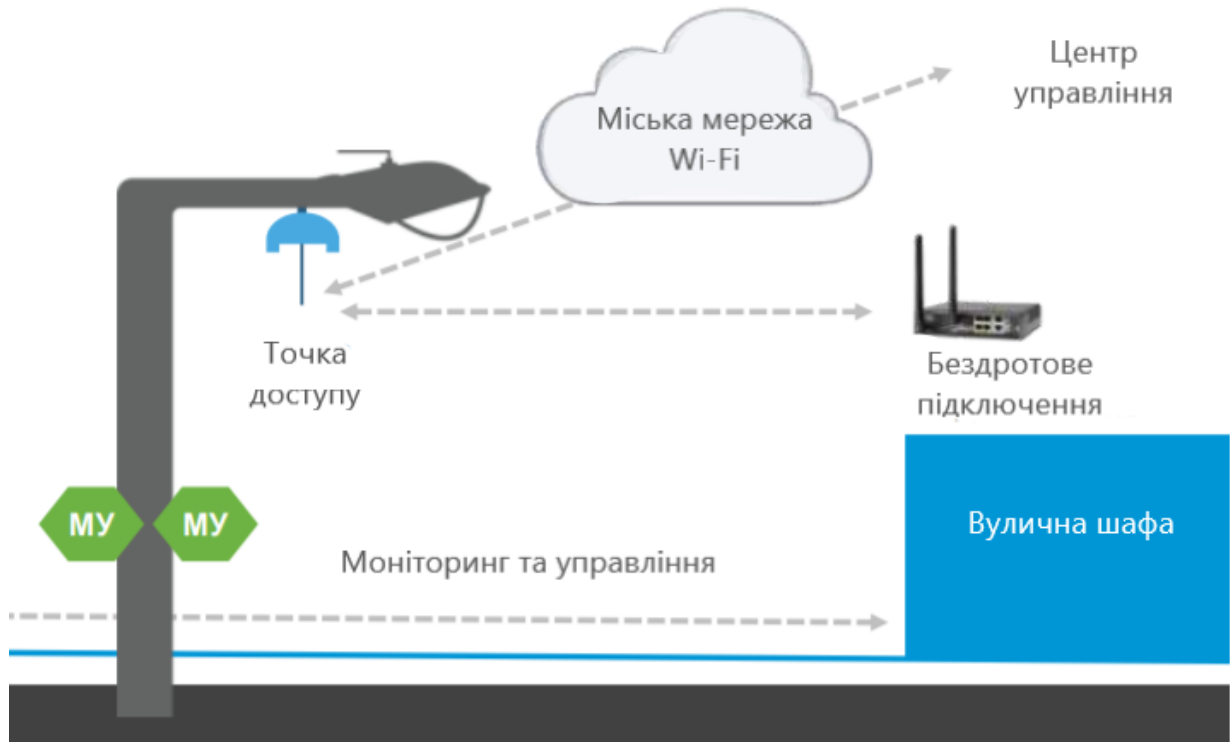


Рисунок 3.1 – Узагальнена архітектура системи моніторингу освітлення [20]

Основними складовими системи віддаленого моніторингу є:

- «розумні» опори освітлення (рис.3.2);
- центр управління;
- модулі управління (МУ);
- вуличні шафи з встановленими роутерами,
- мережева інфраструктура для віддаленого управління та моніторингу.

«Розумні» опори системи освітлення дозволяють підключати до них додаткові пристрої та датчики. Роутери в шафах управління дозволяють керувати не лише освітленням, але й більш складними системами [20].



Рисунок 3.2 – «Розумна» опора системи освітлення [20]

Система Розумного освітлення може бути додатково інтегрована з системою Розумна парковка, системою безпеки дорожнього руху та метеорологічною системою. Це дозволить змінювати рівень освітлення в залежності від ситуації на дорогах та парковках під час складних погодних умов або аварій [20].

3.2 Вибір та обґрунтування типу Wi-Fi модуля

3.2.1 Мікроконтролер ESP8266 та платформи на його основі

Мікроконтролер ESP8266 (рис. 3.3) надає рішення для організації бездротового зв'язку в різноманітних проєктах. За допомогою бездротового контролера можна організовувати зв'язок по інтерфейсу Wi-Fi, забезпечуючи проєктам на Arduino вихід в Інтернет і можливість дистанційного керування та збору даних [21].



Рисунок 3.3 – Мікроконтролер ESP 8266 [21]

ESP8266 – мікроконтролер з інтерфейсом Wi-Fi, який має можливість виконувати програми з флеш-пам'яті. Контролер недорогий, володіє невеликою кількістю зовнішніх елементів і має наступні технічні параметри:

- підтримує Wi-Fi протоколи 802.11 b / g / n з WEP, WPA, WPA2;
- надає 14 портів введення і виведення, SPI, I2C, UART, 10-біт АЦП;
- підтримує зовнішню пам'ять до 16 МБ;
- необхідне живлення від 2,2 до 3,6 В, споживаний струм до 300 мА в залежності від обраного режиму.

Важливою особливістю є відсутність користувальницької незалежної пам'яті на кристалі. Програма виконується від зовнішньої пам'яті за допомогою динамічного завантаження необхідних елементів програми. Доступ до внутрішньої периферії можна отримати з API набору бібліотек [21].

Існує величезна кількість різновидів модуля ESP8266 (рис.3.4). Найбільш популярним варіантом є ESP 01.

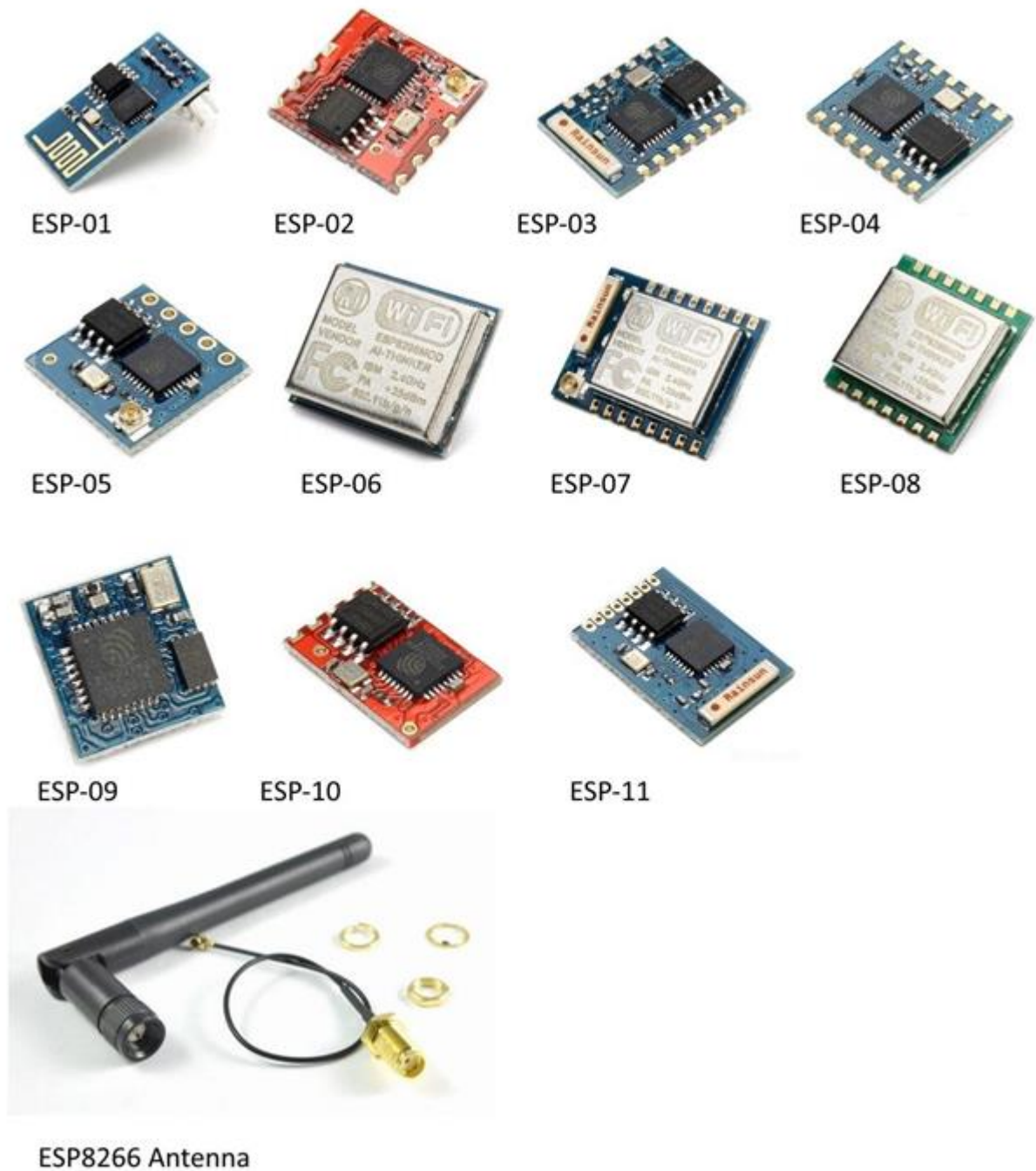


Рисунок 3.4 – Різновиди ESP8266 [21]

Модулі ESP8266 поставляються з прошивкою від фірми-виробника. З її допомогою можна керувати модулем з зовнішнього мікроконтролера, реалізовувати роботу з Wi-Fi як з модемом. Також існує безліч інших готових

прошивок. Деякі з них дозволяють налаштовувати роботу модуля за допомогою WEB-інтерфейсу [21].

За допомогою середовища Arduino IDE можна легко писати скетчі та завантажувати їх в ESP8266, прошивати ESP8266, при цьому не потрібна сама плата Ардуіно. Arduino IDE підтримує всі види модулів ESP8266.

Схема підключення ESP8266 до Ардуіно може бути представлена так (рис. 3.5).

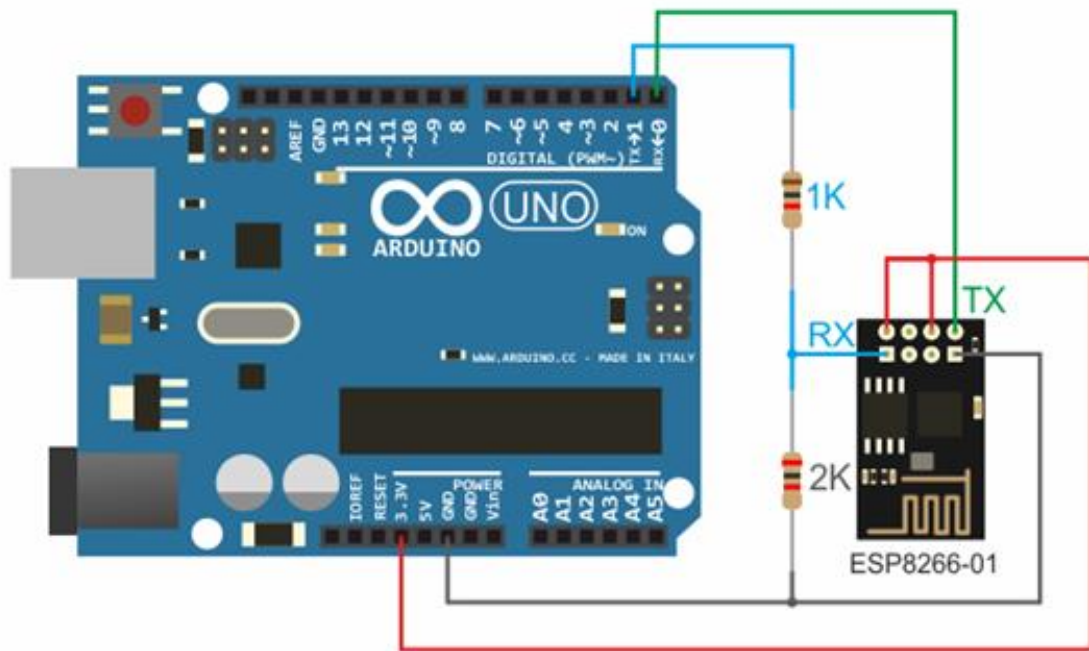


Рисунок 3.5 – Схема підключення ESP8266 до Ардуіно

Перед підключенням до Ардуіно важливо пам'ятати, що у ESP8266 напруга живлення не може бути вище 3,6 В, в той час як на платі Ардуіно напруга дорівнює 5 В. З'єднувати два мікроконтролери потрібно за допомогою резистивних дільників. Перед підключенням модуля потрібно ознайомитися з розпіновкою обраного ESP8266.

Для підтримки стабільної роботи ESP8266 необхідне джерело постійної напруги на 3,3 В і максимальний струм 250 мА. Якщо живлення походить від конвертера USB-TTL, можуть відбуватися збої в роботі [20].

NodeMCU – це платформа, заснована на базі модуля ESP8266 (рис. 3.6).



Рисунок 3.6 – NodeMCU на базі ESP8266 [21]

Використовується для керування схемою на відстані за допомогою Інтернету через Wi-Fi. Плата малогабаритна, компактна, коштує дешево, на лицьовій стороні є роз'єм для USB. Поруч кнопки для налагодження і перезавантаження мікроконтролера. Також встановлено чіп ESP8266. Напруга живлення складає від 5 до 12 В, бажано подавати більше 10 В.

Суттєвою перевагою плати є її низьке енергоспоживання. Нерідко її використовують в схемах з автономним живленням. На платі розташовано всього 11 портів загального призначення, з них деякі мають спеціальні функції.

Платформа має сучасний API для апаратного введення й виведення. Це дозволяє скоротити кількість дій під час роботи з обладнанням та при його налаштуванні. За допомогою прошивки NodeMCU можна задіяти весь робочий потенціал для швидкої розробки пристрою [21].

WeMos – ще один вид платформ, заснований на базі мікроконтролера ESP8266 (рис. 3.7). Відповідно, має модуль Wi-Fi, підтримується Arduino IDE, має роз'єм для зовнішньої антени. Плата має 11 цифрових входів/виходів, які (через D0) підтримують переривання/rwm/I2C/однопровідний. Максимальна напруга живлення досягає 3,3 В. Також на платформі присутній USB-роз'єм. Аналоговий вхід 1 з максимальним напругою 3,2В [21].



Рисунок 3.7 – WeMos на базі ESP8266 [21]

Для роботи з модулем потрібно встановити драйвер CH340 та налаштувати Arduino IDE під ESP8266. Для цього потрібно в меню налаштування в рядку Додаткове посилання для менеджера плат додати адресу http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json.

Після цього потрібно знайти пакет ESP 8266 і встановити його. Далі потрібно вибрати меню інструментів мікроконтролера Wemos D1 R2 та записати потрібний пакет [21].

Модуль Wi-Fi ESP8266 Witty (рис. 3.8) побудований на базі популярного чіпа ESP8266-12 і призначений для створення пристроїв управління та/або збору інформації через Wi-Fi. Модульна конструкція дозволяє максимально гнучко формувати конфігурацію кінцевого пристрою. У якості мінімального оснащення пропонуються змінені модулі датчика освітленості та RGB-світлодіод. Живити модуль можна як через роз'єм microUSB (5В) так і безпосередньо від джерела живлення 3.3В.

Даний модуль Wi-Fi ESP8266 Witty може бути підключений до хмари Gizwits, де доступні технологічні можливості для спрощеного програмування плат [22].



Рисунок 3.8 – Witty Cloud на базі ESP8266 [22]

3.2.2 Мікроконтролер ESP32 та платформи на його основі

Мікроконтролер ESP32 (рис. 3.9) – це одна з сучасних потужних платформ для створення розумних Ардуїно-проектів з підтримкою Wi-Fi. Прийшовши на зміну ESP8266, цей чіп дав нові можливості для розробників, хоча як і раніше залишилися старі проблеми з підтримкою і документацією [23].

Пристрій являє собою систему на кристалі, побудовану за технологією TSMC 40 нм, з Wi-Fi і Bluetooth контролерами. Він оснащений двоядерним 32-бітовим процесором, який працює на частотах 80, 160 або 240 МГц. Також в систему інтегровані антенні комутатори, радіочастотні компоненти, фільтри, підсилювачі, модулі управління живленням. Підключається ESP32 до комп'ютера через звичайний USB кабель [23].

Технічні характеристики ESP32:

- дво- або одноядерний 32-розрядний процесор Tensilica Xtensa LX6;
- тактова частота – 160 або 240 МГц;
- 520 Kб SRAM;



Рисунок 3.9 – Модуль ESP32 NodeMCU [23]

- максимальний струм споживання 260 мА, в сплячому режимі – 10 мА;
- стандарти бездротового зв'язку – Wi-Fi: 802.11 b / g / N, Bluetooth: v4.2 BR / EDR and BLE;
- наявність датчиків температури, Холла, тач-сенсорів;
- інфрачервоне дистанційне керування;
- можна підключати двигуни і світлодіоди через ШІМ роз'єм;
- стандарт IEEE 802.11 з підтримкою WFA, WPA / WPA2 і WAPI;
- можливість безпечного завантаження [23].

Також в модулі традиційно присутнє вбудоване управління живленням. Для цього використовуються лінійний регулятор, індивідуальне живлення для RTC (ядро низького енергоспоживання), пробудження по таймеру або сенсорному датчику.

Мови програмування, платформи і середовища, використовувані для програмування ESP32 [24]:

- Arduino IDE з ESP32 Arduino Core;
- Espressif IoT Development Framework – офіційна Espressif розробка для ESP32;
- Espruino – JavaScript SDK, емулятор Node.js;

- Lua RTOS;
- Mongoose OS – Операційна система для переносної електроніки, рекомендована Espressif Systems, AWS IoT, а також Google Cloud IoT;
- mruby для ESP32;
- PlatformIO Ecosystem і IDE;
- Pymakr IDE – IDE призначене для використання з пристроями Русом;
- Simba Embedded Programming Platform;
- Whitecat Ecosystem Blockly заснована на Web IDE;
- MicroPython;
- Zerynth – Python для IoT і мікроконтролерів, включаючи ESP32.
- OWLOS – мережева операційна система з відкритим вихідним кодом для управління IoT пристроями.

Плата ESP32 використовується в комерційних проєктах, пов'язаних з мобільними застосунками, електронікою та задачами IoT.

Розташування виводів залежить від виробника. Наприклад, є плата ESP32 DEVKIT V1 DOIT, у якій 36 контактів. До портів GRIO 0, 4, 2, 15, 13, 12, 14, 27, 33 і 32 підключені сенсорні виводи. Вони можуть використовуватися для виведення ESP32 з глибокого сну, а також фіксують будь-яку зміну електричного заряду. Порти з 34 по 39 використовуються тільки для введення інформації. На них відсутні підтягучі резистори, тому їх не можна використовувати як виходи. На деяких платах відображаються контакти 6-11. Вони приєднані до до інтегрованої SPI flash. Їх не використовують в проєктах.

Є різні версії плати ESP32 розмірами 5x5 мм або 6x6 мм. Також на основі ESP32 існують модулі SMT для інтегрування в інші плати.

Наприклад, модуль ESP32-PICO-D4 в корпусі містить мікросхему ESP32, кварцевий генератор, мікросхему флеш-пам'яті, фільтруючі конденсатори та радіочастотні контакти.

TECHBASE's Moduino X серій X1 и X2 – модулі ESP32-WROVER для індустріальної автоматизації та моніторингу, що підтримують цифровий і аналоговий ввід/вивід та різні мережеві інтерфейси [24].

3.2.3 Аналіз відмінностей ESP32 та ESP8266

Платформи ESP8266 і ESP32 розроблені однією компанією Espressif. Їх порівняльну характеристику наведено в таблиці 3.1.

Мікроконтролер ESP32 відрізняється від свого попередника поліпшеними характеристиками, збільшеним функціоналом і великим об'ємом пам'яті. Але, вартість нового приладу дорожче приблизно в 2 рази.

Важливою перевагою ESP32 є більш швидкий Wi-Fi і Bluetooth. У ESP32 встановлений більш потужний процесор, що дозволяє реалізовувати складні проекти. Ця платформа підходить для застосунків, в яких потрібна інтернет або нові інтерфейси. Для більш дешевих розробок використовується ESP8266. Обсяг пам'яті у нового пристрою ESP32 збільшений - 512 Кб проти 160 Кб ESP8266. Також ESP32 відрізняється великою кількістю висновків GRIО. До кільком контактам на ESP32 прикріплені ємнісні сенсорні датчики і датчик температури. На обох пристроях контакти GRIО можна використовувати по-різному. ESP32 має 18 12-бітових АЦП каналів. У його попередника є всього 1 10-бітний висновок АЦП. Потужність процесора значно впливає на швидкість роботи. Модуль ESP32 показує рекордну продуктивність в порівнянні з попередником ESP8266. Завантаження сторінки з довгим скетчем та безліччю графіки займає секунди. З недоліків ESP32 можна виділити відсутність бібліотек для підтримки сенсорів і мала кількість драйверів.

В той же час Wi-Fi модуль ESP8266 Witty Cloud вже містить датчик освітленості, який можливо використовувати для поставленої задачі. Цей модуль орієнтований на створення пристроїв управління та/або збору інформації через Wi-Fi. Модульна конструкція дозволяє максимально гнучко

формувати конфігурацію кінцевого пристрою. Крім того, передбачена можливість підключення до хмари для віддаленого налаштування, що є зручним на надає гнучкість.

Таблиця 3.1 – Порівняльний аналіз мікроконтролерів ESP8266 і ESP32

Характеристика	ESP8266	ESP32
Процесор	80 MHz 32-bit процесор Tensilica Xtensa L106	Xtensa двоядерний (або одноядерної) 32-розрядний LX6 мікропроцесор, що працює на 160 або 240 МГц Має співпроцесор з ультра низькою потужністю (ОТП)
Бездротові технології	IEEE 802.11 b/g/n Wi-Fi. Підтримується WEP та WPA/WPA2.	Wi-Fi: 802.11 b/g/N та Bluetooth: B4.2 BR/EDR і BLE
Пам'ять	Виробник у документах не вказує точну кількість ОЗП на кристалі, а надає лише приблизну оцінку тої кількості пам'яті, що залишається після лінування бібліотек — близько 50 кБ.	520 Кб пам'яті SRAM
Споживання, мА	До 300	До 260
Вартість, \$	5,19	11,02

Тому, в якості платформи для розробки системи віддаленого моніторингу рівня освітлення було обрано більш дешевий Wi-Fi модуль ESP8266 Witty Cloud з вбудованим датчиком освітленості. Він може працювати як в режимі точки доступу, так і в режимі клієнта – робочої станції, а може й в обох режимах одночасно.

3.3 Розробка програмного забезпечення

Комплект засобів для розробки включає в себе:

- компілятор з пакету GNU Compiler Collection;
- бібліотеки, стеки протоколів - Wi-Fi, TCP/IP;
- засіб завантаження інформації в програму контролера;
- середовище розробки.

В якості середовища розробки було обрано Arduino IDE та мова програмування C++, що дозволяє писати скетчі й завантажувати їх в ESP8266, прошивати ESP8266, при цьому не потрібно сама плата Ардуіно. До того ж Arduino IDE підтримує всі види модулів ESP8266, що непрямою чиною іншим платформам розробки.

Виконання програми задається станом портів GPIO0, GPIO2 і GPIO15. Можна виділити 2 важливих режими: коли код виконується з UART (GPIO0 = 0, GPIO2 = 1 і GPIO15 = 0) для перепрошивки флеш-карти і коли виконується із зовнішнього ПЗП (GPIO0 = 1, GPIO2 = 1 і GPIO15 = 0) в штатному режимі.

Функції для роботи з бібліотекою Wi-Fi для ESP8266 наведено в таблиці 3.2.

Послідовність розробки та тестування програми наступна.

Крок 1. Підключення USB-TTL до USB і до ESP.

Крок 2. Запуск Arduino IDE.

Крок 3. Вибрати в меню інструментів потрібний порт, плату, частоту та розмір флеш-пам'яті.

Крок 4. Файл – Приклади – ESP8266WiFi – WiFiWebServer.

Крок 5. Записати в скетч SSID і пароль мережі Wi-Fi.

Крок 6. Почати компіляцію та завантаження коду.

Крок 6. Завершення процесу прошивки, від'єднання GPIO0 від заземлення.

Крок 7. Встановити швидкість 115200.

Таблиця 3.2 – Функції для роботи з бібліотекою

Назва функції	Опис функції
mode (m)	вибір одного з трьох режимів: клієнт, точка доступу або обидва режими одночасно
softAP (ssid)	створення відкритої точки доступу
softAP (ssid, пароль)	створює точку доступу з паролем, який повинен бути не менше ніж з 8 знаків
WiFi.macAddress (mac), WiFi.softAPmacAddress (mac)	визначає MAC-адресу
WiFi.localIP (), WiFi.softAPIP ()	визначення IP-адреси
printDiag (послідовний)	надає дані про діагностику
WiFiUDP	підтримка передачі та прийому багатоадресних пакетів в режимі клієнта

Крок 7. Підключення та запис адреси IP.

Крок 7. Відкрити браузер, ввести в адресному рядку номер IP/gpio/1.

Крок 8. Перегляд монітор порта, якщо до виходу GPIO2 підключений світлодіод, він повинен загорітися.

Функції для ESP8266, що можуть бути реалізовані, наступні.

Основні функції мови Wiring. Управляти портами GPIO можна точно так само, як і пінами на платі Ардуіно: pinMode, digitalWrite, digitalWrite, analogWrite. Команда analogRead (A0) дозволяє вважати значення АЦП. За допомогою команди analogWrite (pin, value) можна підключити ШІМ на потрібному виході GPIO. При value = 0 ШІМ відключається, максимальне значення досягає константи, рівній 1023.С допомогою функцій attachInterrupt, detachInterrupt можна виконувати переривання на будь-якому порте GPIO, крім 16.

Таймінг і delay. Використовуючи команди millis і micros можна повернути мс і мкс, які пройшли з моменту старту. Delay дозволяє призупинити виконання програми на потрібний час. Також функція delay (...) дозволяє підтримувати нормальну роботу Wi-Fi, якщо в скетчі присутні

великі елементи, які виконуються понад 50 мс. `Yield ()` – аналог функції `delay (0)`.

`Serial` і `Serial1` (UART0 і UART1). Робота `Serial` на ESP8266 аналогічна роботі на Ардуіно. Запис і читання даних блокують виконання коду, якщо FIFO на 128 байт і програмний буфер на 256 байт заповнені. Об'єкт `Serial` користується апаратним UART0, для нього можна задати Піни GPIO15 (TX) і GPIO13 (RX) замість GPIO1 (TX) і GPIO3 (RX). Для цього після функції `Serial.begin ()`; потрібно викликати `Serial.swap ()`; Аналогічно `Serial1` використовує UART1, який працює на передачу. Необхідний пін для цього GPIO2.

Макрос `PROGMEM`. Його робота аналогічна роботі в Ардуіно. Дозволяє переміщати дані `read only` і строкові постійні під flash-пам'ять. При цьому в ESP8266 не зберігаються однакові константи, що призводить до додаткової витрати флеш-пам'яті.

I2C - перед початком роботи з шиною I2C вибираються шини за допомогою функції `Wire.pins (int sda, int scl)`.

SPI, OneWire – підтримуються повністю.

На основі методики [25] після запуску Arduino IDE 1.6 потрібно виконати певні налаштування (див. рис. 3.10) .

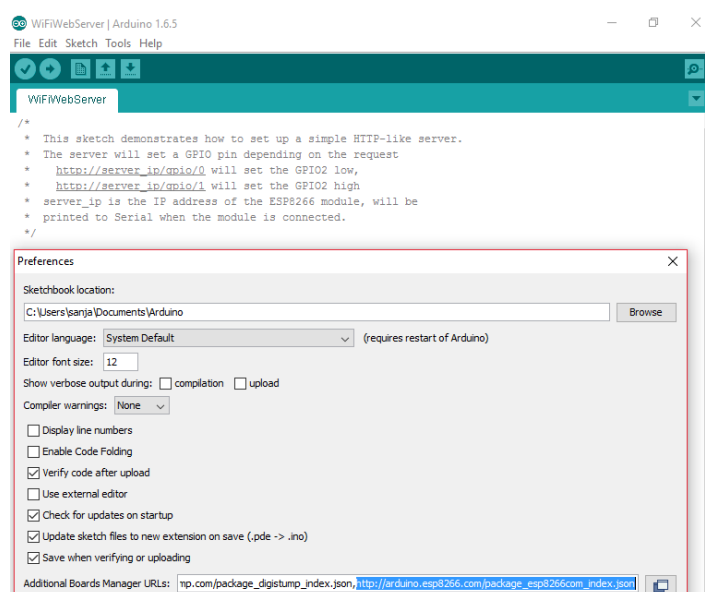


Рисунок 3.10 – Початок роботи з Arduino IDE 1.6

У вікно «Additional URLs» вставимо рядок `http://arduino.esp8266.com/package_esp8266com_index.json`. Потім відкриємо «Boards manager» і введемо в рядок пошуку «ESP8266». Натиснемо Install і завантажимо потрібну інформацію (рис. 3.11).

Підключимо ESP8266 Witty Cloud до комп'ютера в роз'єм MicroUSB. ОС Windows повинна визначити конвертер USB-TTL «CH340G» і привласнити йому віртуальний порт. Саме цей порт треба вказати в налаштуваннях Arduino IDE. Інші налаштування показано на рисунку 3.12.

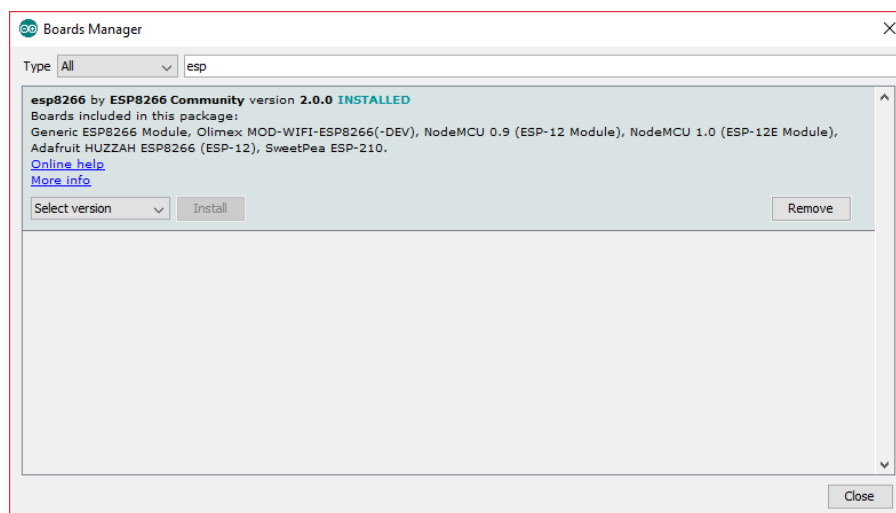


Рисунок 3.11 – Завантаження інформації

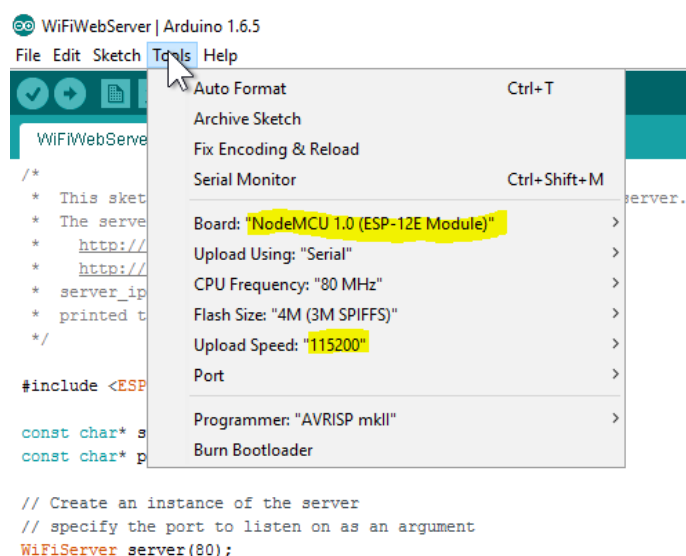


Рисунок 3.12 – Налаштування Arduino IDE 1.6

Далі розроблений код програми завантажується, тобто відбувається прошивка мікроконтролера ESP8266, після чого його можна відключити від комп'ютера та жити автономно. Нижню частину двоплатної конструкції можна від'єднати, адже вона вже не потрібна.

За допомогу Arduino serial monitor (швидкість порту - 115200), або в вебінтерфейсі роутера можна побачити IP-адресу, яку отримав в Wi-Fi-мережі модуль ESP8266. Можна відкрити цю адресу в браузері комп'ютера або телефону (рис. 3.13) та побачити, що пристрій підключився до мережі, підняв вебсервер та відповідає.



Рисунок 3.13 – Перевірка підключення модуля

Для перевірки роботи датчика освітлення та світлодіода на платі потрібно зробити наступне: відкрити www.blynk.cc/getting-started/; завантажити мобільний застосунок (є під Android та під iPhone); відкрити програму й отримати унікальний ключ «token» (рис.3.14). Далі потрібно встановити в Arduino IDE бібліотеку github.com/blynkcc з меню File – Examples – Blynk – Boards and Shilelds та відкрити приклад «ESP8266 standalone» (рис. 3.15).

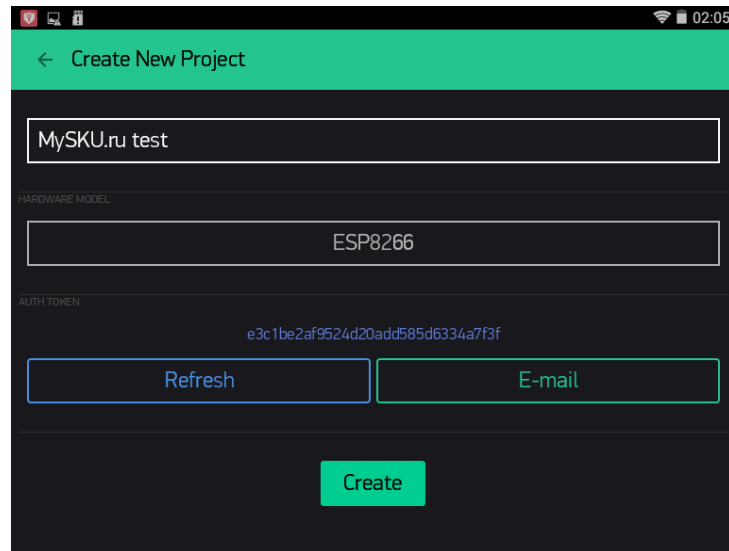


Рисунок 3.14 – Отримання ключа

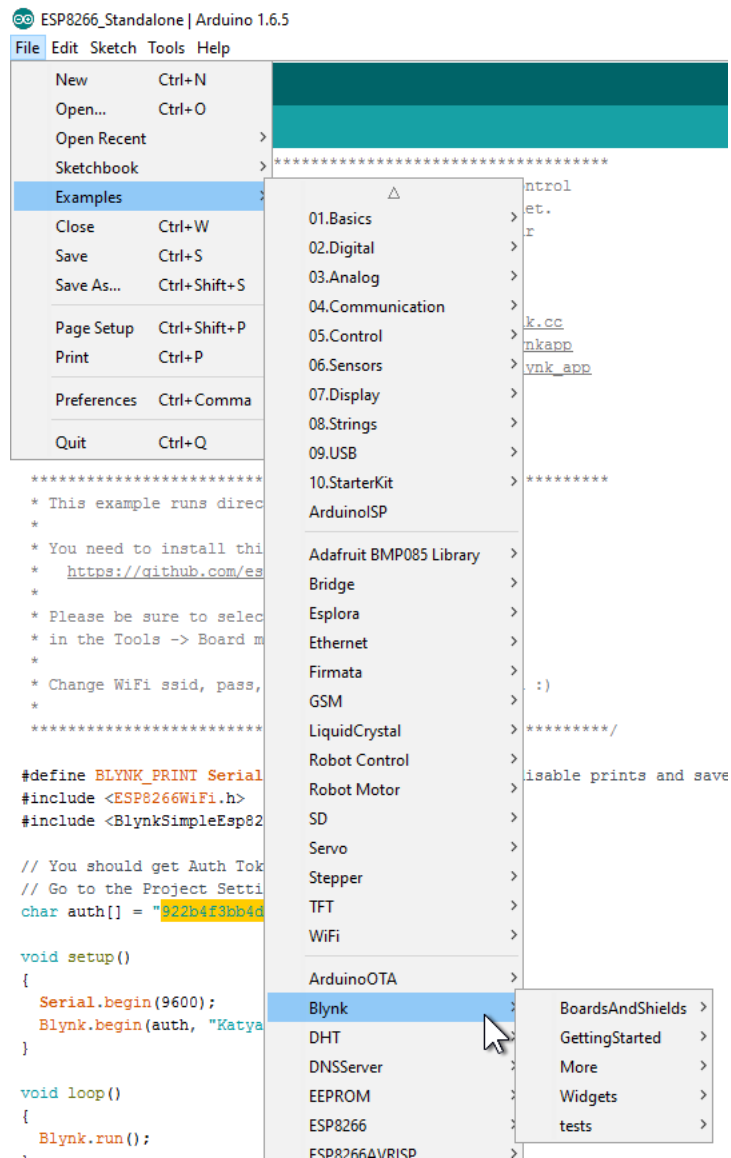


Рисунок 3.15 – Відкриття прикладу

Після цього у приклад треба вписати назву мережі, пароль від неї і отриманий ключ. Залити код в ESP8266, після чого запрацює мобільний застосунок. Вікно керування – це пусте поле, на якому можна, як на дошці приладів, розмістити елементи (рис. 3.16). В налаштуваннях «gauge» треба вказати, що датчик освітлення на платі підключений до аналогового входу «adc0» (рис. 3.17). Після активації жовтий індикатор буде змінювати показник в залежності від рівня освітленості (рис. 3.18).

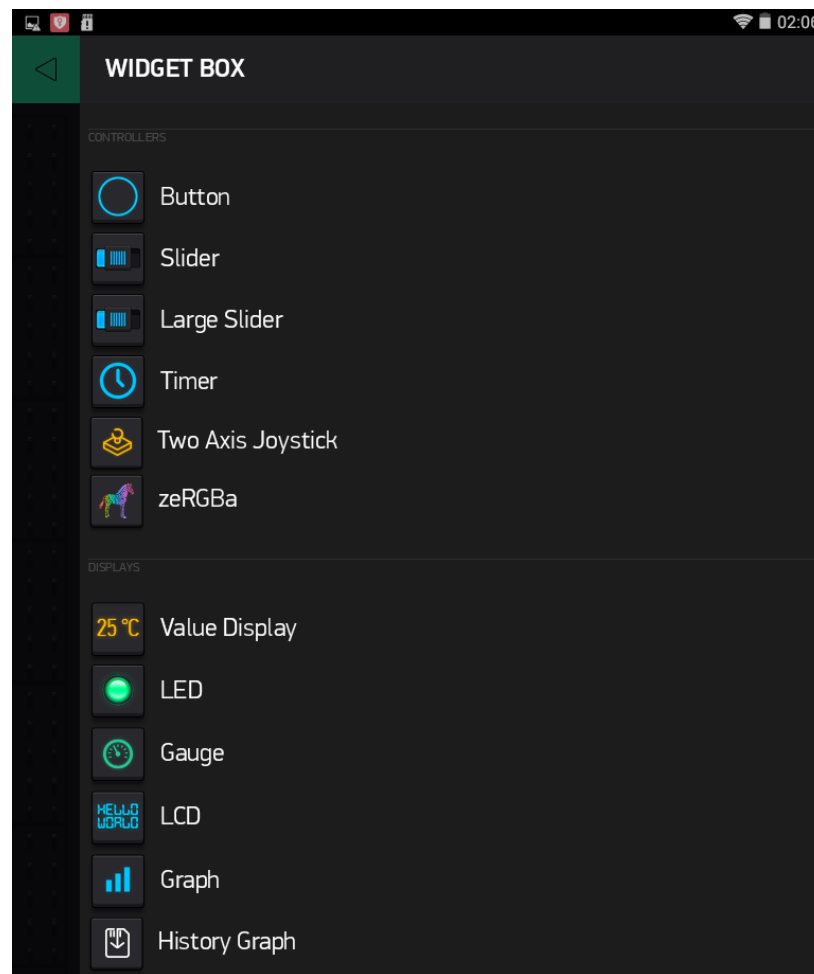


Рисунок 3.16 – Дошка приладів мобільного застосунку

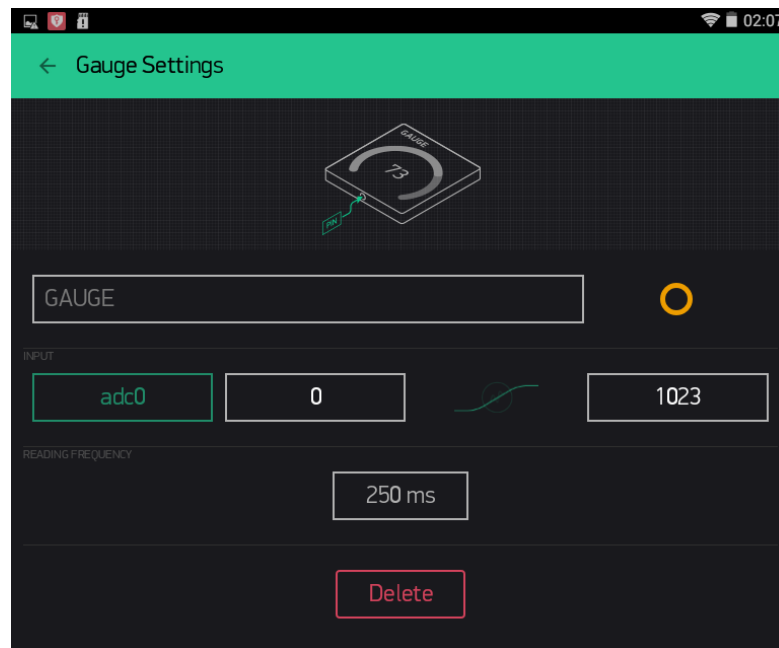


Рисунок 3.17 – Підключення датчика освітлення

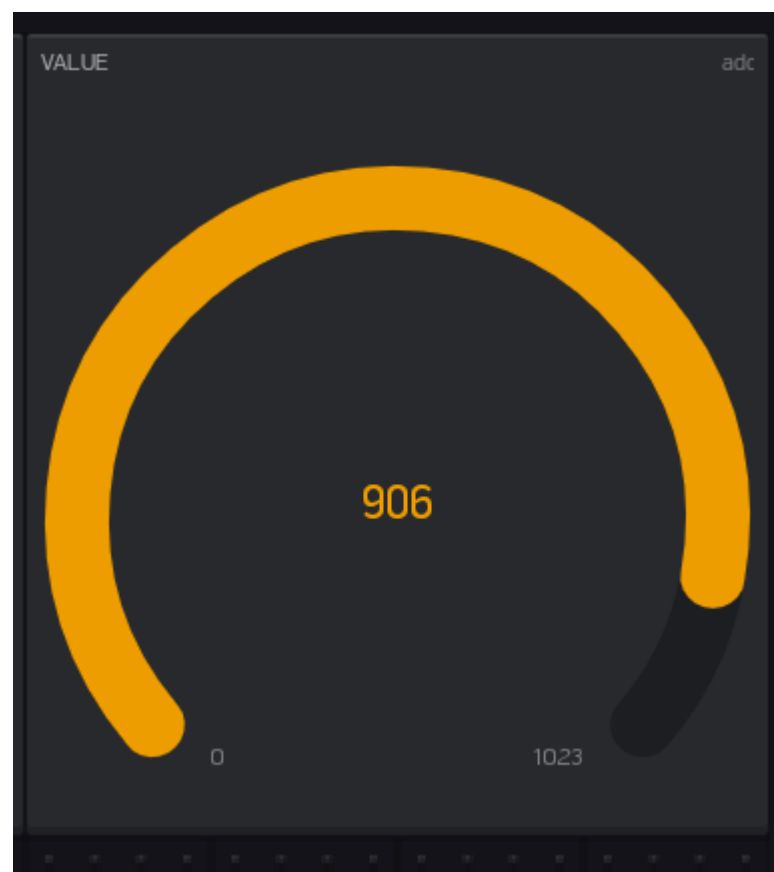


Рисунок 3.18 – Індикація рівня освітленості

Схему алгоритму функціонування розробленої програми наведено на рисунку 3.19, текст програми в Додатку А.

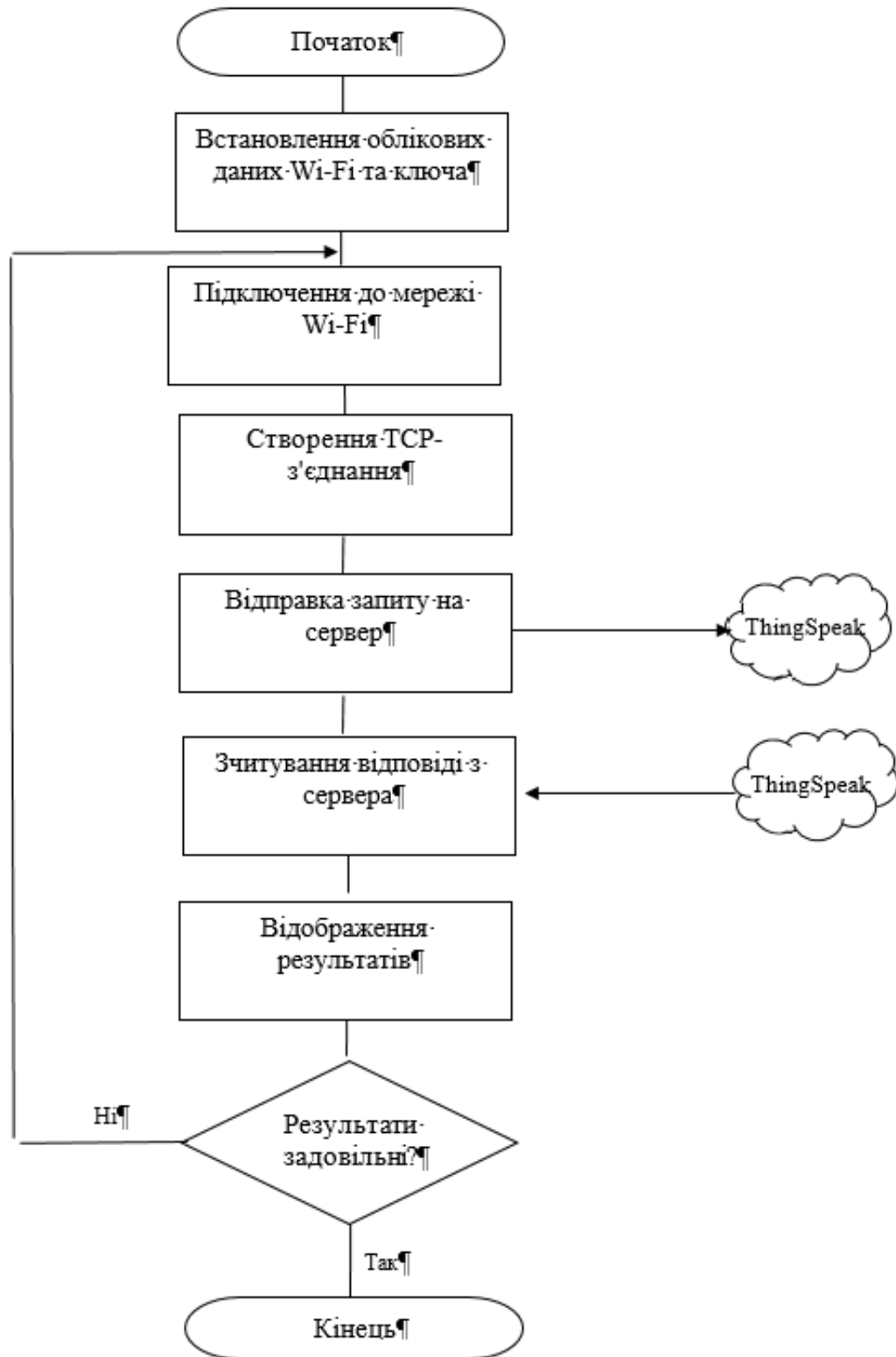


Рисунок 3.19 – Схема алгоритму роботи програми

3.4 Організація взаємодії з платформою ThingSpeak

ThingSpeak – це одна з відкритих платформ для реалізації технологій IoT (Internet of Things) (рис.3.20) [26]. ThingSpeak дозволяє виконувати збір даних в реальному часі з використанням протоколів HTTP і MQTT через Інтернет або через локальну мережу, їх обробку та візуалізацію.

До основних можливостей також належать планування подій, сповіщення, інтеграція застосунків, використання API RESTful та MQTT. Платформа працює з MATLAB, Arduino, Particle Photon and Electron, ESP8266 Wifi Module, Raspberry Pi, LoRaWAN, Things Network, Senet, Libelium, Beckhoff [27].

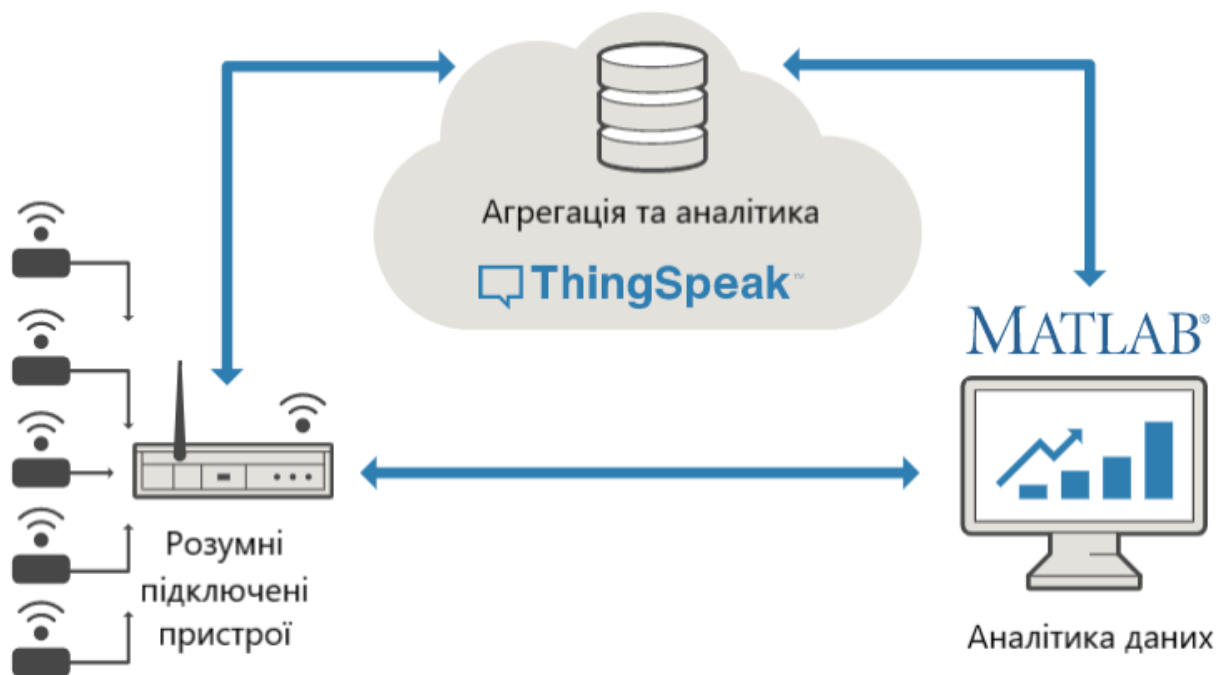


Рисунок 3.20 – Архітектура ThingSpeak

Основні етапи реалізації проєкту наступні: створення каналу (рис. 3.21); налаштування каналу (рис. 3.22); графічне виведення отриманих даних (рис. 3.23).

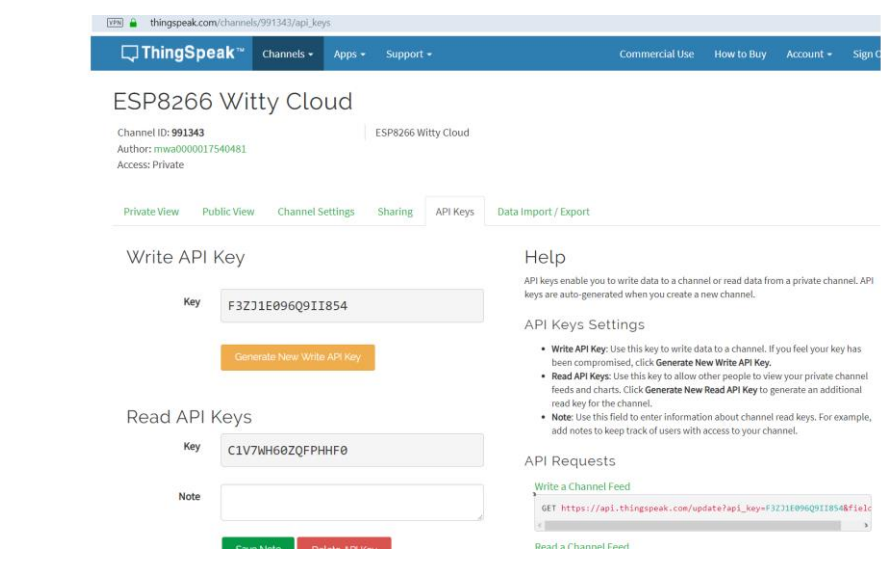


Рисунок 3.21 – Створений канал на платформі ThingSpeak

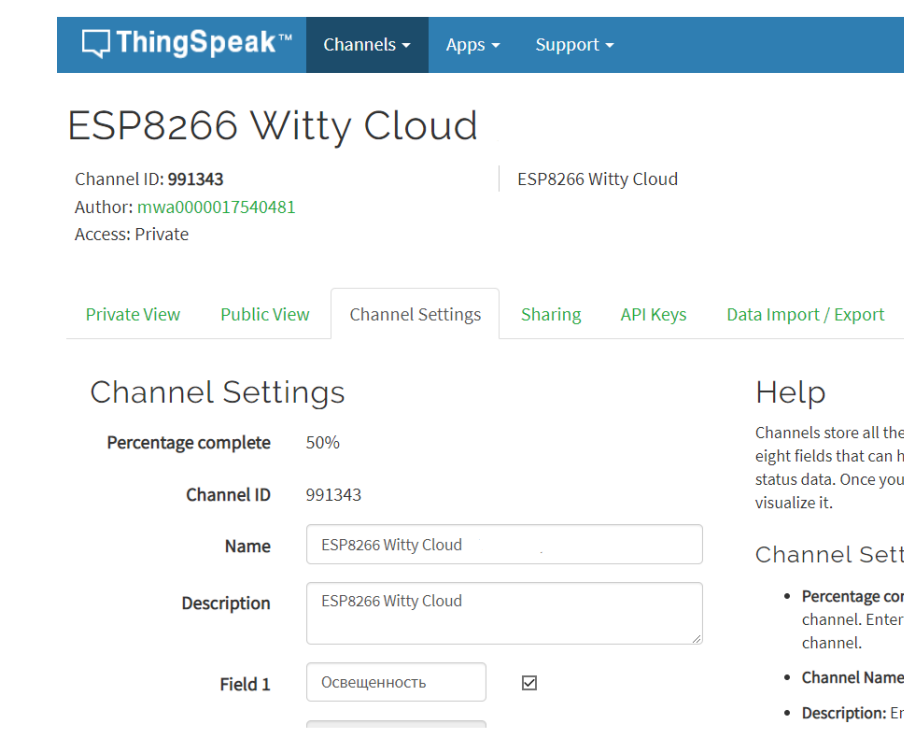


Рисунок 3.22 – Налаштування каналу

Channel Stats

Created: [7 days ago](#)

Last entry: [3 minutes ago](#)

Entries: 434

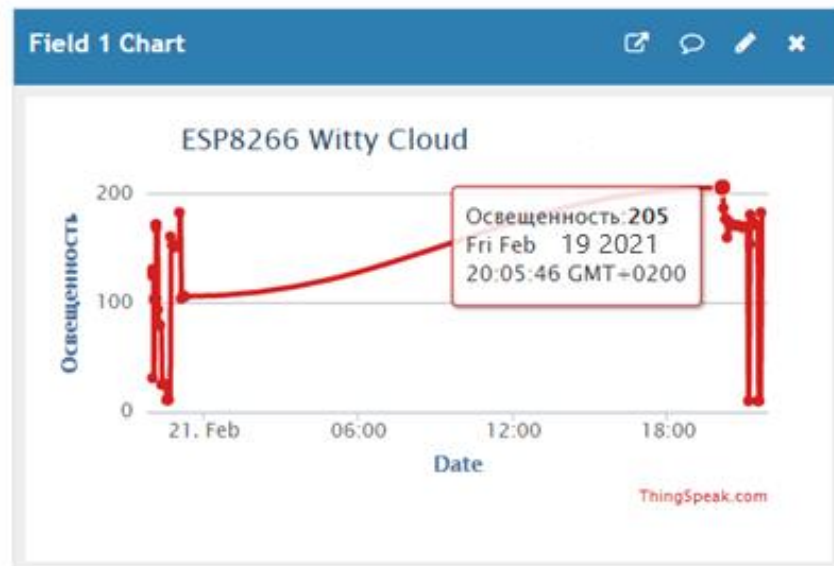


Рисунок 3.23 – Графічне представлення інформації

4 КЕРІВНИЦТВО КОРИСТУВАЧА

4.1 Призначення програми

Програма призначена для зчитування значень з датчика освітлення (фоторезистора) та передачі даних у віддалений IoT сервіс ThingSpeak.

4.2 Умови виконання програми

Програма повинна бути заздалегідь завантажена в модуль ESP8266 Witty Cloud програмістом. Модуль може отримувати живлення через порт USB або роз'єм живлення.

4.3 Виконання програми

Контролер ESP8266 періодично зчитує значення з датчика освітлення і передає в хмарний сервіс. Дані можуть бути візуалізовані в Serial Monitor (рис.4.1), або в мобільному застосунку ThingSpeak (рис.4.2).

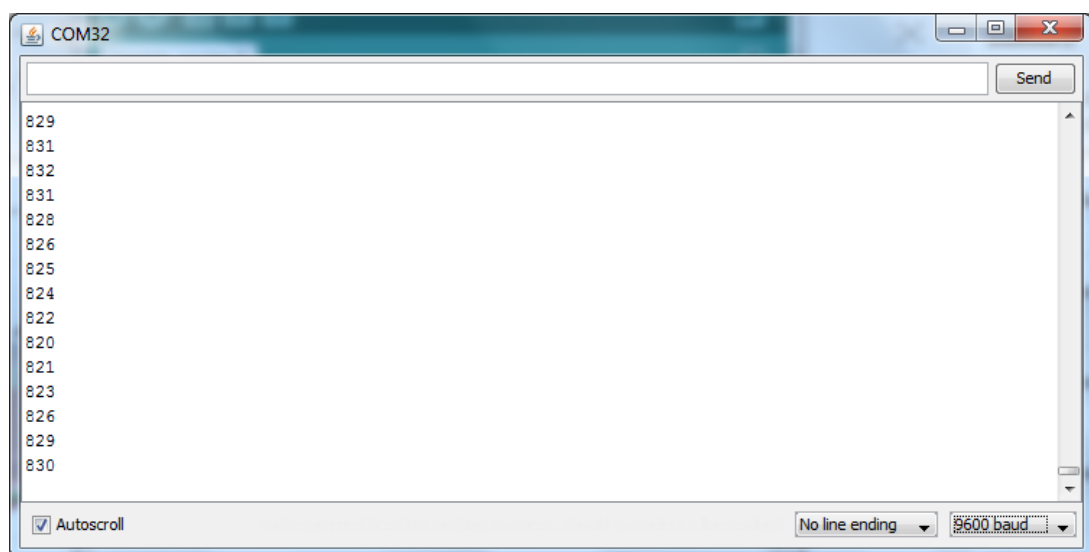


Рисунок 4.1 – Serial Monitor з даними освітленості

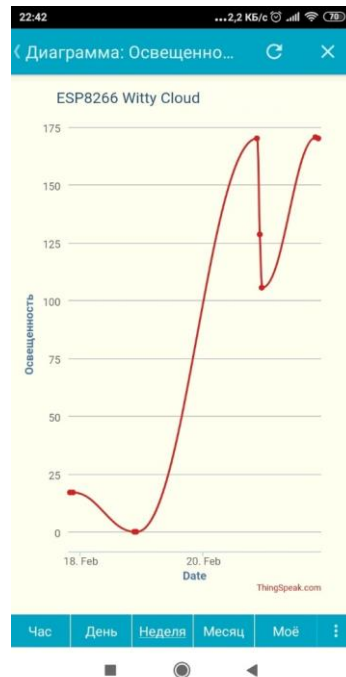


Рисунок 4.2 – Відображення інформації щодо рівня освітлення у мобільному застосунку

4.4 Характеристика програми

Програма розроблена в середовищі Arduino IDE, на мові C++.

4.5 Звертання до програми

Для того, щоб запустити програму, треба подати живлення на модуль ESP8266 Witty Cloud з попередньо завантаженою на нього програмою, та відкрити Serial Monitor.

4.6 Вхідні та вихідні дані

Вхідними даними є значення освітленості з датчика. Вихідними даними є дані щодо рівня освітленості, які зчитуються з заданою періодичністю. Значення освітленості від 830 відповідають прямому попаданню світла, до 500 – затінення або поява перешкоди на шляху світла.

5 КЕРІВНИЦТВО ПРОГРАМІСТА

5.1 Призначення програми та умови виконання програми

Програма призначена для зчитування значень з датчика освітленості (фоторезистора) та передачі даних у віддалений IoT сервіс ThingSpeak.

Програма повинна бути заздалегідь завантажена в модуль ESP8266 Witty Cloud програмістом. Модуль може отримувати живлення через порт USB або рознім живлення.

Для взаємодії з програмою через послідовне з'єднання потрібно під'єднати ESP8266 Witty Cloud до комп'ютера та запустити будь-яке сумісне ПЗ монітора послідовного порту, наприклад Serial Monitor, що є у складі Arduino IDE.

5.2 Характеристика програми

Програма виконується поки на ESP8266 Witty Cloud з завантаженням кодом подається живлення. Модуль виконує зчитування даних з датчика освітлення з заданою періодичністю (кожні 10 хвилин). Програму написано мовою C++ у середовищі Arduino IDE з використанням бібліотеки WProgram.h.

5.3 Звертання до програми

Для запуску програми її треба завантажити в мікроконтролер ESP8266 Witty Cloud та подати живлення.

Для взаємодії з програмою через послідовне з'єднання потрібно під'єднати Arduino до комп'ютера та запустити будь-яке сумісне ПЗ монітора послідовного порту, наприклад Serial Monitor, що є у складі Arduino IDE (рис. 5.1).

Набір функцій Serial служить для зв'язку пристрою Ардуіно з комп'ютером або іншими пристроями, що підтримують послідовний інтерфейс обміну даними. Всі плати Arduino мають хоча б один послідовний порт (UART, іноді називають USART). Для обміну даними Serial використовують цифрові порти введення / виводу 0 (RX) і 1 (TX), а також USB порт. Важливо враховувати, що якщо ви використовуєте функції Serial, то не можна одночасно з цим використовувати порти 0 і 1 для інших цілей.

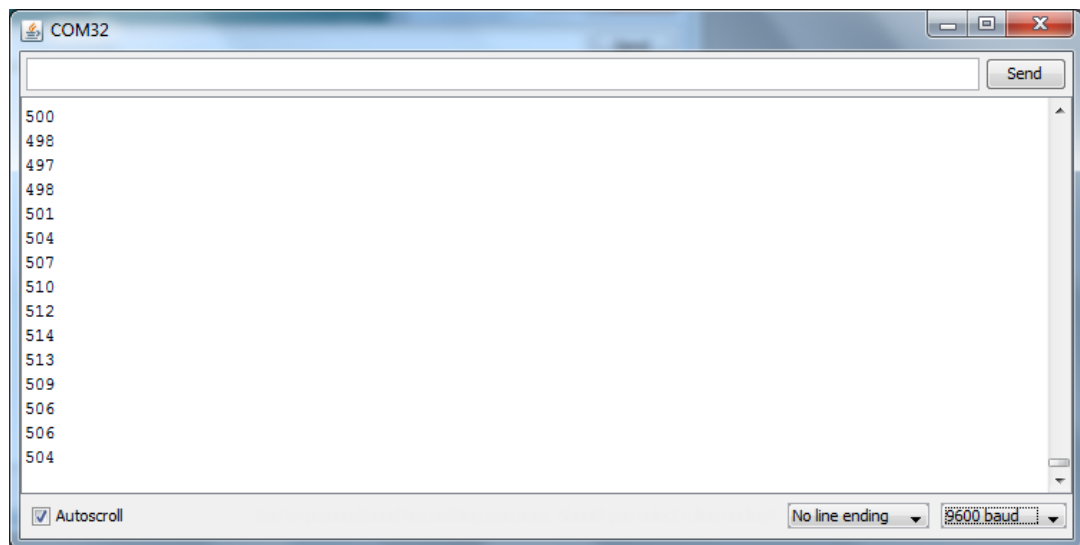


Рисунок 5.1 – Serial Monitor з даними датчика освітленості

Для перевірки роботи датчика освітлення та світлодіода на платі потрібно зробити наступне: відкрити www.blynk.cc/getting-started/; завантажити мобільний застосунок (є під Android та під iPhone); відкрити програму й отримати унікальний ключ «token».

Далі потрібно встановити в Arduino IDE бібліотеку github.com/blynk з меню File - Examples - Blynk - Boards and Shilelds та відкрити приклад «ESP8266 standalone». Після цього у приклад треба вписати назву мережі, пароль від неї і отриманий ключ. Прошити код в ESP8266, після чого запрацює мобільний застосунок (рис. 5.2).

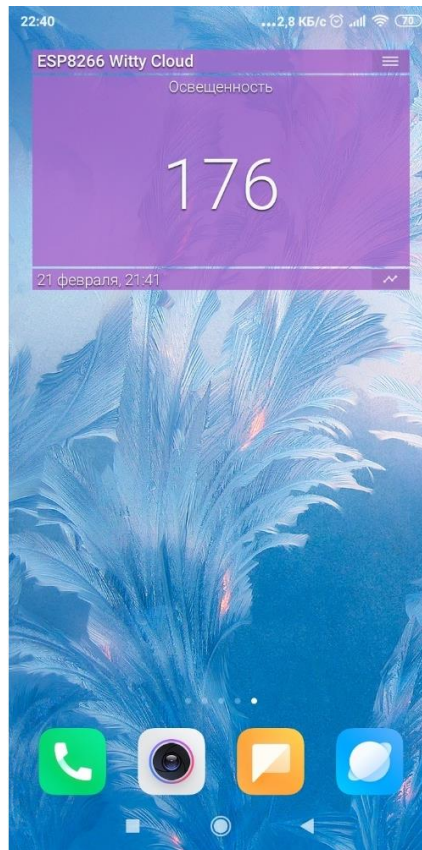


Рисунок 5.2 – Початок роботи мобільного застосунку

5.4 Вхідні та вихідні дані

Вхідними даними є значення освітленості з фоторезистора. Вихідними даними є дані щодо рівня освітлення, які зчитуються з заданою періодичністю. Значення освітленості від 830 відповідають прямому попаданню світла, до 500 затінення або поява перешкоди на шляху світла.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання дипломної роботи досліджено особливості реалізації системи Розумне освітлення для Розумного міста. Показано, що сучасні технології WiFi 6.0 можуть з успіхом використовуватися для розгортання бездротової мережі масштабу міста.

Показано, що за допомогою платформ на основі мікросхеми ESP8266 можливо додати в проєкти можливості технологій Інтернету речей, зробивши їх більш інтелектуальними. Дистанційне керування, збір і аналіз даних на сервері, обробка даних і робота з графіками – все це стає доступним, коли ми підключаємо проєкт по Wi-Fi до Інтернету.

Розроблений в середовищі Arduino IDE програмний продукт забезпечує зчитування даних щодо рівня освітленості з використанням модулю Witty Cloud ESP8266 та передає їх на хмарну платформу ThingSpeak для зберігання, візуалізації та перегляду даних на мобільному пристрої.

Практичне використання системи віддаленого моніторингу рівня освітленості сприятиме економії ресурсів та реалізації додаткових функцій для підвищення комфорту та безпеки мешканців Розумного міста.

В подальшому можливо застосувати методи інтелектуального аналізу даних для обробки даних моніторингу рівня освітленості для розробки ефективних сценаріїв управління джерелами освітлення.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Умное освещение [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <https://stolb.com.ua/ru/rozumne-osvitlennya/>.
2. Умный (Smart) свет в Умном городе [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <https://www.intelvision.ru/blog/infrastruktura-v-umnom-gorode>.
3. Berger, L. T. Power line communications for Smart grid applications / L. T. Berger, A. Schwager, J. J. Escudero-Garzas // Journal of Electrical and Computer Engineering. – 2013. - Vol. 3. – 16 p.
4. Единая система мониторинга городской инфраструктуры «Умная опора Unilight» [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <https://russiasmartcity.ru/projects/165-edinaya-sistema-monitoringa-gorodskoy-infrastruktury-umnaya-opora-unilight>.
5. Умная опора [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <https://unilight.ru/resheniya/umnaya-opora/>.
6. Сучасні протоколи управління світлом – як можливість економії часу і коштів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://eurhythemics.com.ua/modern-lighting-control-protocols/>.
7. Протоколы управления светом. Краткий обзор. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://surl.li/pnlt>.
8. Системы управления освещением [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.imiks-light.ru/blog/sistemy-upravleniya-osvesheniem.html>.
9. Все гениальное – просто. Системы управления светом. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <https://99ds.ru/blog/vse-genialnoe-prosto-sistemy-upravleniya-svetom/>.
10. Широков, Ю. Стандарты управления освещением / Ю. Широков // Стандартизация и сертификация. – 2014.- №3. - С. 96-103.
11. Що таке бездротові технології [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://ipkey.com.ua/uk/faq/965-wireless-technologies.html>.

12. Бездротова мережа [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://surl.li/pzwr>.
13. Макаренко, А.С. Бездротові технології передачі даних Wi-Fi, Bluetooth та ZigBee // А.С. Макаренко, А.А. Парфенова, С.Б. Могильний// Вісник Національного технічного університету України «КПІ» Серія: Радіотехніка. Радіоапаратобудування.- 2010.- №41.- С. 171-181.
14. Опыт построения сети беспроводных датчиков для мониторинга систем ОВК зданий [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3142.
15. IEEE 1451 [Electronic resource]. – Access mode:https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_1451
16. Удаленный мониторинг объектов ЖКХ с использованием сети GSM и технологии передачи данных GPRS [Электрон. ресурс]. – Режим доступа:<https://isup.ru/articles/30/1203/>.
17. Новиков, М. Решения для удаленного беспроводного мониторинга подвижных и стационарных объектов / М. Новиков // Беспроводные технологии. – 2006. – № 4. – С. 54-57.
18. Что такое Wi-Fi 6 ? [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: https://www.cisco.com/c/ru_ru/products/wireless/what-is-wi-fi-6.html.
19. Wi-Fi 6: нужен ли новый стандарт беспроводной связи обычному пользователю и если да, то зачем? [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/zyxel/blog/511846/>.
20. Саенко, О. Построение цифровой платформы города [Электрон. ресурс] / О. Саенко. – Режим доступа: https://www.cisco.com/c/dam/m/ru_ua/events/2017/dna-forum/pdf/1-1_CDP_osaenko.pdf.
21. WiFi ESP8266 в проектах Arduino [Электрон. ресурс]. – Режим доступа:<http://surl.li/pzwq>.
22. Wi-Fi модуль ESP8266 Witty Cloud [Электрон. ресурс]. – Режим доступа:<https://arduino.ua/prod1417-wi-fi-modyl-esp8266-witty>.

23. Микроконтроллер ESP32 и проекты Arduino [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <https://arduino-master.ru/platy-arduino/esp32-arduino-raspinovka-arduino-ide/>.
24. ESP32 [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/ESP32>.
25. ESP8266 "Witty Cloud" - самый удачный на данный момент WiFi-модуль для самоделок и "умного дома" [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <https://mysku.ru/blog/aliexpress/38586.html>.
26. Tulenkov, A. Evaluation and Selection of IoT Service for Smart House System Big Data Processing / A. Tulenkov, A. Parkhomenko, A. Sokolyanskii // Computer Science and Information Technologies: XIV International Scientific and Technical Conference, Lviv, 17– 20 September 2019: proceedings. – Los Alamitos: IEEE, 2019. - P. 124-129.
27. ThingSpeak for IoT Projects [Electronic resource]. – Access mode: <https://thingspeak.com/>.

ДОДАТОК А
Текст програми

```

/*
 *   Цей скетч відправляє дані через HTTP GET-
запити в сервіс thingpeak кожні 10 хвилин.
 *   Ви повинні встановити свої облікові дані Wi-Fi
і ваш ключ.
 */

#include <ESP8266WiFi.h>

const char* ssid      = "TP-Link_C778";
const char* password = "12345678";

const char* host = "api.thingspeak.com";
const char* thingspeak_key = "F3ZJ1E096Q9II854";
const int sensor = A0;

void setup() {
    Serial.begin(115200);

    // Підключення до мережі WiFi
    Serial.println();
    Serial.println();
    Serial.print("Connecting to ");
    Serial.println(ssid);

    WiFi.begin(ssid, password);

    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        delay(500);
        Serial.print(".");
    }
}

```

```

    Serial.println("");
    Serial.println("WiFi connected");
    Serial.println("IP address: ");
    Serial.println(WiFi.localIP());  }

int value = 0;

void loop() {
    delay(5000);
    ++value;

    Serial.print("connecting to ");
    Serial.println(host);

    // Клас WiFiClient для створення TCP-з'єднань
    WiFiClient client;
    const int httpPort = 80;
    if (!client.connect(host, httpPort)) {
        Serial.println("connection failed");
        return;  }

    int lumin = analogRead(sensor);
    String url = "/update?key=";
    url += thingspeak_key;
    url += "&field1=";
    url += lumin;

    Serial.print("Requesting URL: ");
    Serial.println(url);

```

```

        // Відправка запиту на сервер
        client.print(String("GET  ") + url + "
HTTP/1.1\r\n" +
                        "Host: " + host + "\r\n" +
                        "Connection: close\r\n\r\n");
        delay(10);

        // Читаємо всі рядки відповіді з сервера і
        роздруковуємо їх в Serial
        while(client.available()){
            String line = client.readStringUntil('\r');
            Serial.print(line);  }

        Serial.println();
        Serial.println("closing connection.  going  to
sleep...");
        // затримка
        delay(200000);  }

```

ДОДАТОК Б
Слайди презентації

Національний університет Запорізька політехніка
Кафедра Програмних засобів

Дипломна робота
на тему:
«Програмне забезпечення для віддаленого
моніторингу рівня освітленості»

Виконав:

ст.гр. КНТз-118_2

М.А. Хижняк

Керівник:

к.т.н, доцент

А.В. Пархоменко

Рисунок Б.1 – Слайд 1

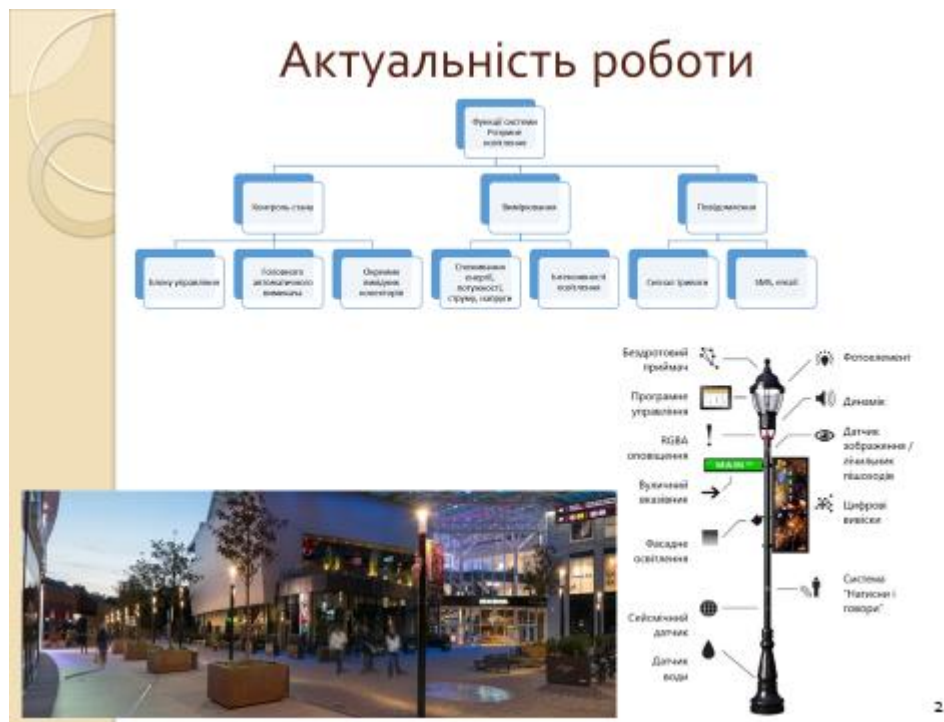


Рисунок Б.2 – Слайд 2

Мета та завдання дипломної роботи

Мета дипломної роботи – розробка програмного забезпечення для віддаленого моніторингу рівня освітленості на основі використання бездротових та хмарних технологій.

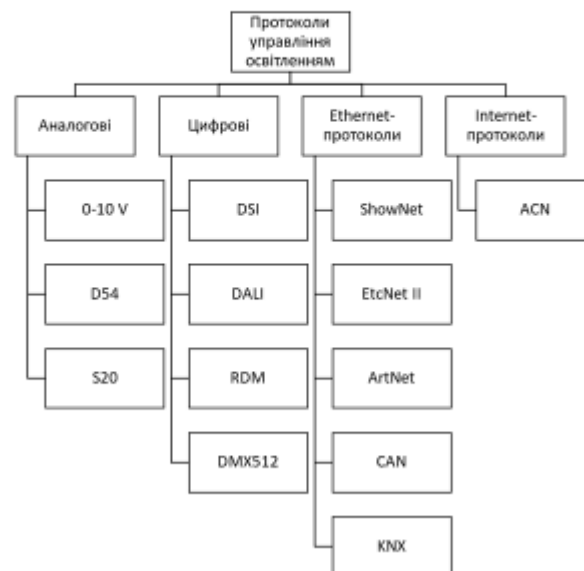
Завдання дипломної роботи:

- ✓ дослідити технології організації віддаленого моніторингу рівня освітленості;
- ✓ виконати аналіз та вибір контролеру для системи моніторингу рівня освітленості;
- ✓ виконати практичну реалізацію апаратного та програмного забезпечення системи;
- ✓ розробити програмну документацію.

3

Рисунок Б.3 – Слайд 3

Аналіз протоколів управління освітленням



4

Рисунок Б.4 – Слайд 4

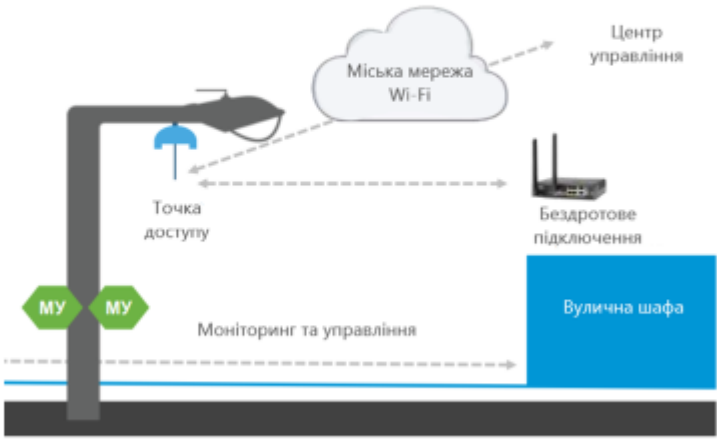
Результати порівняння популярних бездротових протоколів

Характеристика	Wi-Fi IEEE 802.11b	Bluetooth	ZigBee
Автономний час	Години	Дні	Роки
Складність	Дуже складна	Складна	Проста
Кількість підключень	32	7	64000
Затримка	До 3 секунд	До 10 секунд	До 30 мілісекунд
Зона покриття	100м-1000м	10м	70м-300м (ETSI), 1600м (FCC)
Можливість розширення	Можливий роумінг	Ні	Так
Швидкість передачі даних	11 Мб/с	1 Мб/с	250 Кб/с
Безпека	Сервіс авторизації ID (SSID)	64-bit, 128-bit	128-bit AES і визначення користувача на рівні застосунку

5

Рисунок Б.5 – Слайд 5

Узагальнена архітектура системи моніторингу освітлення



6

Рисунок Б.6 – Слайд 6

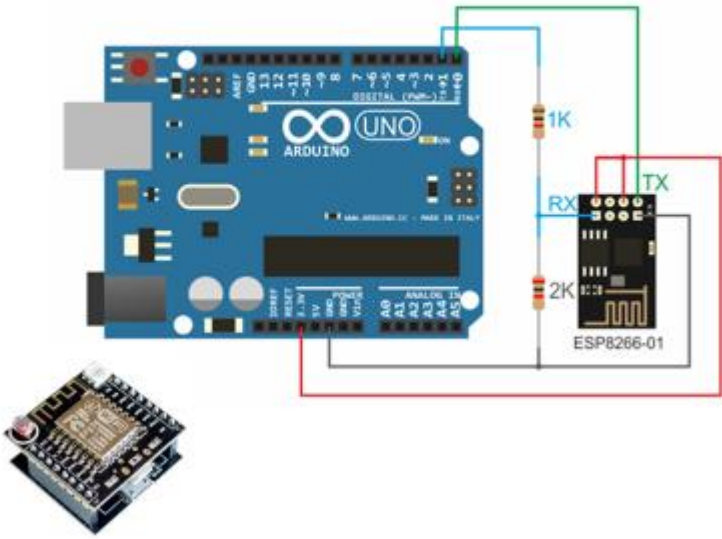
Вибір апаратної платформи

Характеристика	ESP8266	ESP32
Процесор	80 MHz 32-bit процесор Tensilica Xtensa L106	Xtensa двоядерний (або одноядерний) 32-розрядний LX6 мікропроцесор, що працює на 160 або 240 МГц. Має співпроцесор з ультра низькою потужністю (OTOP)
Бездротові технології	IEEE 802.11 b/g/n Wi-Fi. Підтримується WEP та WPA/WPA2.	Wi-Fi: 802.11 b/g/N та Bluetooth: B4.2 BR/EDR і BLE
Пам'ять	Виробник у документах не вказує точну кількість ОЗП на кристалі, а надає лише приблизну оцінку тої кількості пам'яті, що залишається після лінування бібліотек — близько 50 кБ.	520 Кб пам'яті SRAM
Споживання, мА	До 300	До 260
Вартість, \$	5,19	11,02

7

Рисунок Б.7 – Слайд 7

Схема підключення модулю ESP8266 Witty Cloud



8

Рисунок Б.8 – Слайд 8

Вибір Arduino IDE

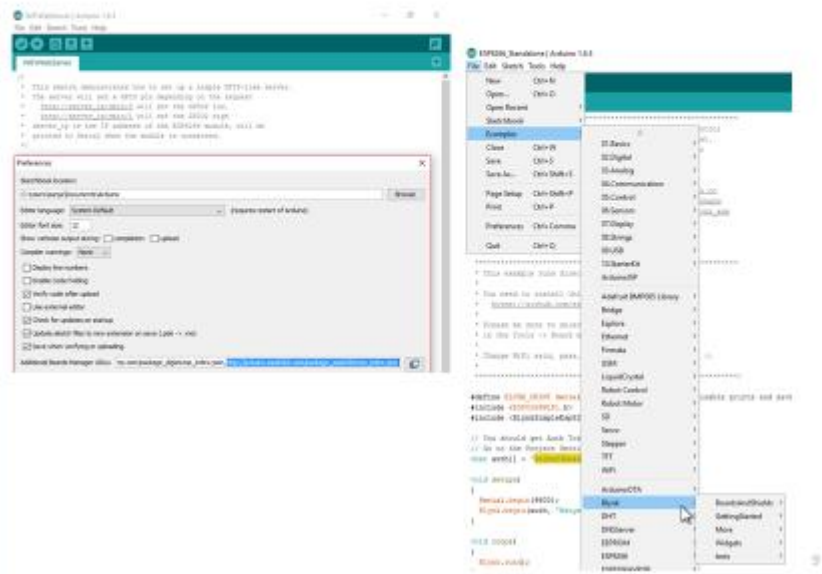


Рисунок Б.9 – Слайд 9

Програмна реалізація



10

Рисунок Б.10 – Слайд 10

Підключення модулю до мережі та взаємодія з програмою через Serial Monitor

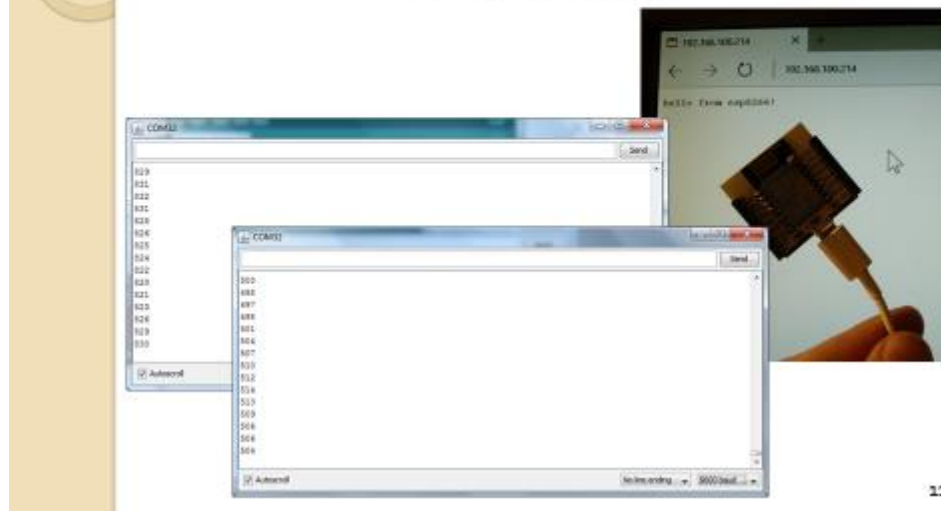


Рисунок Б.11 – Слайд 11

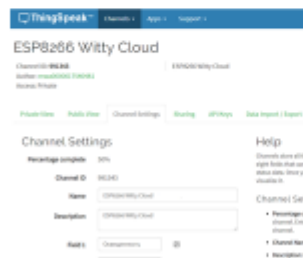
Організація взаємодії з платформою ThingSpeak



Архітектура ThingSpeak



Створений канал на платформі ThingSpeak



Налаштування каналу



Графічне представлення інформації

Рисунок Б.12 – Слайд 12

Відображення інформації щодо рівня освітлення у мобільному застосунку



Рисунок Б.13 – Слайд 13

Висновки

В результаті виконання дипломної роботи досліджено особливості реалізації системи Розумне освітлення для Розумного міста. Показано, що сучасні технології WiFi 6.0 можуть з успіхом використовуватися для розгортання бездротової мережі масштабу міста.

Розроблений в середовищі Arduino IDE програмний продукт забезпечує зчитування даних щодо рівня освітлення з використанням модулю Witty Cloud ESP8266 та передає їх на хмарну платформу ThingSpeak для зберігання, візуалізації та перегляду даних на мобільному пристрої.

Практичне використання системи віддаленого моніторингу рівня освітленості сприятиме економії ресурсів та реалізації додаткових функцій для підвищення комфорту та безпеки мешканців Розумного міста.

В подальшому можливо застосувати методи інтелектуального аналізу даних для обробки даних моніторингу рівня освітленості для розробки сценаріїв управління джерелами освітлення.

Рисунок Б.14 – Слайд 14



Дякую за увагу!

15

Рисунок Б.15 – Слайд 15