

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Методи та засоби побудови системи керування зовнішнім освітленням на базі технології LoRa

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи СІМ-61
спеціальності _____

123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

_____ Романов Д.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ Осухівська Г.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____ Тили Є.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри _____ Осухівська Г.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Осухівська Г.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«___» _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

студенту Романову Дмитру Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Методи та засоби побудови системи керування зовнішнім освітленням на базі технології LoRa

Керівник роботи Осухівська Галина Михайлівна, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «28» жовтня 2021 року № 4/7-916

2. Термін подання студентом завершеної роботи 15.12.2021 р.

3. Вихідні дані до роботи документація стандарту передачі даних в бездротових мережах широкого радіусу дії LoRa, технічні характеристики сенсорів для вимірювання рівня освітлення

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Огляд та аналіз існуючих рішень та досліджень у сфері керування зовнішнім освітленням. 2. Обґрунтування структурних та функціональних рішень для проектованої системи. 3. Розробка апаратно-програмних засобів для керування зовнішнім освітленням. 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Тема кваліфікаційної роботи, актуальність, об'єкт та предмет дослідження.

2. Мета, задачі дослідження та наукова новизна.

3. Функціональна схема системи для керування зовнішнім освітленням.

4. Структурна схема модуля керування зовнішнім освітленням.

5. Схема електрична принципова модуля керування зовнішнім освітленням.

6. Архітектура програмного забезпечення системи для керування зовнішнім освітленням.

7. Алгоритми роботи системи керування зовнішнім освітленням.

8. Висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>Осухівська Г.М., зав. каф. КС</i>		
	<i>Стадник І.Я., проф. каф. ОХ</i>		

7. Дата видачі завдання 30 вересня 2021 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Огляд та аналіз існуючих рішень та досліджень у сфері керування зовнішнім освітленням</i>	<i>30.09.2021 - 13.10.2021</i>	<i>виконано</i>
2	<i>Обґрунтування структурних та функціональних рішень для проектованої системи</i>	<i>14.10.2021 - 27.10.2021</i>	<i>виконано</i>
3	<i>Розробка апаратно-програмних засобів для керування зовнішнім освітленням</i>	<i>28.10.2021 - 25.11.2021</i>	<i>виконано</i>
4	<i>Написання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»</i>	<i>26.11.2021 - 03.12.2021</i>	<i>виконано</i>
5	<i>Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу</i>	<i>04.12.2021 - 13.12.2021</i>	<i>виконано</i>
6	<i>Попередній захист кваліфікаційної роботи магістра</i>	<i>15.12.2021</i>	<i>виконано</i>
7	<i>Захист кваліфікаційної роботи магістра</i>	<i>22.12.2021</i>	

Студент

_____ (підпис)

Романов Д. В.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Осухівська Г.М.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Методи та засоби побудови системи керування зовнішнім освітленням на базі технології LoRa // Кваліфікаційна робота магістра // Романов Дмитро Вікторович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних систем та мереж, група СІМ-61 // Тернопіль, 2021 // с. – 76, рис. – 38, табл. – 2, аркушів А1 – 8, додат. – 1, бібліогр. – 45.

Ключові слова: система керування, зовнішнє освітлення, датчик, Internet of Things, LoRa, LoRaWAN.

Кваліфікаційна робота присвячена питанню розроблення програмно-апаратних засобів для побудови інформаційно-вимірювальної системи дистанційного керування зовнішнім освітленням на базі технології LoRa.

Обґрунтовано вибір технології передачі даних для системи керування зовнішнім освітленням та здійснено розрахунок пропускної здатності і ємності мережі LoRaWAN. Синтезовано структуру автоматизованої інформаційно-вимірювальної системи керування зовнішнім освітленням. Здійснено вибір компонентів проектованої системи та розробити апаратне забезпечення модуля для керування освітлювальними приладами. Розроблено алгоритмічне та програмне забезпечення для системи управління зовнішнім освітленням.

Впровадження запропонованої автоматизованої системи керування зовнішнім освітленням на основі технології LoRa дозволить підвищити надійність роботи освітлювальних приладів та забезпечити суттєву економію електроенергії.

ANNOTATION

Methods and tools for an outdoor lighting control system based on LoRa technology development // Master diploma thesis // Romanov Dmytro Viktorovych // Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Faculty of Computer Information System and Software Engineering, Department of Computer Systems and Networks, group CIm-61 // Ternopil, 2021 // p. – 76, fig. – 38, tabl. – 2, sheets A1 – 8, addit. – 1, bibliography – 45.

Keywords: control system, external lighting, sensor, Internet of Things, LoRa, LoRaWAN.

Qualification work is devoted to the development of software and hardware for the construction of information and measurement system for remote control of outdoor lighting based on LoRa technology.

The choice of data transmission technology for the outdoor lighting control system is substantiated and the LoRaWAN network bandwidth and capacity are calculated. The structure of the automated information-measuring system of outdoor lighting control is synthesized. The components of the designed system were selected and the hardware of the module for control of lighting devices was developed. Algorithmic and software for outdoor lighting control system have been developed.

The introduction of the proposed automated control system for outdoor lighting based on LoRa technology will increase the reliability of lighting fixtures and provide significant energy savings.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ТА ДОСЛІДЖЕНЬ У СФЕРІ КЕРУВАННЯ ЗОВНІШНІМ ОСВІТЛЕННЯМ	10
1.1. Огляд предметної області щодо керування освітленням міських вулиць	10
1.2. Особливості процесу керування зовнішнім освітленням міста	11
1.3. Огляд представлених на ринку інноваційних розробок в галузі управління зовнішнім освітленням.....	13
1.4. Аналіз відомих методів та засобів керування зовнішнім освітленням	17
1.5 Висновки до розділу 1	23
РОЗДІЛ 2 ОБҐРУНТУВАННЯ СТРУКТУРНИХ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ПРОЕКТОВАНОЇ СИСТЕМИ.....	24
2.1. Обґрунтування вибору технології передачі даних для системи керування зовнішнім освітленням.....	24
2.2. Розрахунок пропускної здатності і ємності мережі LoRaWAN для системи керування зовнішнім освітленням.....	35
2.3. Висновки до розділу 2	37
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА АПАРАТНО-ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ЗОВНІШНІМ ОСВІТЛЕННЯМ	38
3.1. Адаптивна архітектура системи керування зовнішнім освітленням	38
3.1.1. Розробка структурно-функціональної схеми проектованої системи.....	38
3.1.2. Структурна схема модуля для керування освітлювальними приладами.	41
3.2. Обґрунтування вибору компонентів апаратної частини системи керування зовнішнім освітленням.....	42
3.2.1. Вибір мікроконтролера та радіомодуля LoRaWAN.	42
3.2.2. Вибір датчика освітленості.....	46
3.2.3. Вибір датчика руху.....	47
3.3. Розробка програмного забезпечення.....	49

	6
3.3.1. Алгоритми роботи системи.....	49
3.3.2. Опис програмних функцій та модулів.....	51
3.3.3. Підключення до мережевого сервера.....	55
3.4. Висновки до розділу 3	58
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	59
4.1. Охорона праці.....	59
4.2. Застосування основних способів та засобів в ході проведення невідкладних аварійно-рятувальних робіт на промисловому підприємстві.....	61
4.3. Висновки до розділу 4	64
ВИСНОВКИ.....	65
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	66
Додаток А Тези конференцій.....	71

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

- ВО – вуличне освітлення;
- ДО – датчик освітленості;
- ЗО – зовнішнє освітлення;
- ІС – інтегральна схема;
- МК – мікроконтролер;
- ОП – освітлювальні прилади;
- ПЗ – програмне забезпечення;
- ПК – персональний комп'ютер;
- СК – система керування;
- ІоТ – Internet of Things;
- ISM – industrial, scientific and medical.

ВСТУП

Актуальність теми. У час глобальної енергетичної кризи актуальність питань енергоощадного керування освітлювальними приладами (ОП) отримує пріоритетне значення. Для вирішення цієї проблеми очевидною є потреба у вдосконаленні методів та засобів керування джерелами світла для мінімізації енергетичних та матеріальних витрат.

Використання в громадських місцях освітлювальних приладів разом з врахуванням інтенсивності природного світла є важливою прикладною задачею. Для її вирішення застосовують поєднання методів керування штучним освітленням з врахуванням природного. Це дає змогу заощадити енергоресурси, вмикаючи ОП лише після зниження рівня освітленості від природних джерел нижче за певний пороговий рівень.

Повсюдне впровадження автоматизованих засобів керування в різноманітні галузі промисловості дає змогу отримати кращі результати. Сучасні методи управління ОП дозволяють суттєво мінімізувати енерговитрати. Застосування автоматизованих засобів управління дозволяє досягти економії витрат на освітлення, що проявляється в скороченні періоду роботи джерел штучного світла і економії електроенергії. Питання удосконалення засобів автоматичного керування в сфері зовнішнього освітлення (ЗО) є актуальним і важливим. Це визначило напрям подальшого дослідження кваліфікаційної роботи.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є підвищення ефективності роботи системи керування зовнішнім освітленням міста.

Для досягнення поставленої в роботі мети необхідно вирішити наступні основні завдання:

- виконати огляд наукової літератури за темою дослідження, проаналізувати сучасні розробки в галузі керування ЗО, визначити їх переваги і недоліки;
- обґрунтувати вибір технології передачі даних для системи керування ЗО та здійснити відповідні розрахунки;

- синтезувати структуру системи керування ЗО;
- здійснити вибір компонентів проектованої системи та розробити апаратне забезпечення модуля для керування ОП;
- розробити алгоритмічне та програмне забезпечення для системи управління ЗО.

Об'єкт дослідження – процес керування ЗО міських вулиць.

Предмет дослідження – програмно-апаратні методи та засоби побудови систем керування ЗО.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених у кваліфікаційній роботі задач використано такі методи дослідження: синтезу, узагальнення, статистична обробка результатів вимірювання, теоретичної електротехніки, системного аналізу, порівняння.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Удосконалено інформаційно-вимірювальну систему керування ЗО міських вулиць, яка, на відміну від відомих, забезпечує можливість передавання даних на великі відстані з використанням технології LoRa, що дає змогу підвищити ефективність та зручність управління ОП.

2. Отримала подальший розвиток інформаційно-керуюча система дистанційного управління ЗО, яка, завдяки застосуванню технології LoRa, дає змогу знизити витрати на функціонування та технічне обслуговування мережі ОП.

Практичне значення одержаних результатів кваліфікаційної роботи полягає у тому, що розроблені програмно-апаратні засоби дозволяють підвищити ефективність процесу управління роботою ОП та моніторингу їх стану, що дасть змогу скоротити експлуатаційні та енергетичні витрати на освітлення міських вулиць.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ТА ДОСЛІДЖЕНЬ У СФЕРІ КЕРУВАННЯ ЗОВНІШНІМ ОСВІТЛЕННЯМ

1.1. Огляд предметної області щодо керування освітленням міських вулиць

Система зовнішнього освітлення (ЗО) є невід'ємною частиною будь-якого міста. Вона відповідає за освітлення вулиць у вечірній та нічний час, забезпечує безпеку на дорогах і підкреслює архітектурні особливості громадських будівель. Проте, рівень споживання електроенергії в таких системах є досить значним.

Останнім часом традиційні джерела світла замінюють на світлодіодні, які мають ряд переваг, серед яких: економія енергії, тривалий термін служби, висока надійність, чистий колір світла, швидка реакція на зміну параметрів. Крім того, інтенсивність світлового потоку світлодіодів можна легко регулювати, що неможливо для традиційних ламп. Через те, що світлодіоди є спрямованими джерелами світла, вони можуть випромінювати світловий потік в певному напрямку, таким чином оптимізуючи ефективність вуличних ліхтарів.

На даний момент в Україні лише починають впроваджувати світлодіодні технології в мережу вуличного освітлення (ВО). Проте, у більшості проектів основна увага зосереджена на економії енергії шляхом заміни старих ламп на світлодіодні. А питанням впровадження технологій моніторингу та інтелектуального управління ОП не приділено достатньо уваги.

Традиційна ручна система ВО працює за принципом ввімкнення та вимкнення ОП в один і той самий час в період від заходу до сходу сонця з максимальною інтенсивністю, навіть якщо рівень природнього світла є достатнім. Цих втрат енергії можна уникнути, вимикаючи освітлення в автоматичному режимі. Заощаджену енергію можна ефективно використовувати для інших цілей. Цього можна досягти за допомогою впровадження системи інтелектуального керування ВО із підтримкою IoT [1].

1.2. Особливості процесу керування зовнішнім освітленням міста

Якщо розглядати сукупність приладів для ЗО, то їх можна вважати складною динамічною системою з великою кількістю параметрів і станів, яка піддається впливу багатьох факторів. Управління такою системою є складним ітеративним процесом.

Задача управління системою ЗО міста є багатокритеріальною, оскільки з однієї сторони необхідно забезпечити оптимальний рівень освітленості вулиць, а з іншої - економію електроенергії. Складність та розгалуженість мережі ОП міста постійно збільшується, тому підвищити якість та ефективність їх роботи стає все складніше.

Існуючі методи управління такими складними мережами зовнішніх ОП виявились неефективними через те, що не мають змоги враховувати великого об'єму даних, який відображає поточний стан компонентів цих систем в режимі реального часу.

Старі способи управління не мали змоги враховувати усю необхідну їм інформацію, оскільки вона була відсутня. Завдяки використанню IoT, з'явилась можливість отримання необхідної інформації. Крім того, стала можливою її швидка обробка. Це стало основою для розробки комп'ютеризованих автоматизованих систем керування ЗО.

В даний час більшість традиційних систем управління вуличними ліхтарями автоматично вмикають або вимикають освітлення на основі таймера в наперед заданий час. В деяких містах починає впроваджуватись дешевий і простий, проте не дуже ефективний метод автоматичного управління освітленням. В його основі лежить принцип увімкнення джерел штучного світла при досягненні мінімального значення природного освітлення і їх вимкнення при перевищенні цього рівня [2].

Існує ефективніший метод безперервного автоматичного регулювання та управління інтенсивністю освітлення. До його переваг можна віднести не лише економію енергоресурсів, але і можливість забезпечити динамічний режим освітлення, який змінює інтенсивність штучних джерел світла в залежності від зміни яскравості природного освітлення.

Існуючі підходи до побудови систем керування ЗО вже не задовольняють сучасних потреб. Тому застосування ІоТ у складі системи управління зовнішнім освітленням ЗО дає змогу вирішити існуючі проблеми (отримання інформації від великої кількості датчиків в режимі реального часу, врахування рівня природного освітлення) і підвищити ефективність керування джерелами світла в межах міста.

Наявність оптимальної кількості датчиків, вимірювальних перетворювачів, засобів опрацювання даних дозволить отримувати інформацію про стан та умови функціонування системи міського освітлення. А наявність виконавчих механізмів дасть змогу ефективно управляти ОП шляхом їх увімкнення та вимкнення, зміни яскравості тощо.

Інтелектуальні системи ЗО об'єднують комп'ютерні технології та сучасні методи управління з метою зменшення витрат на електроенергію. Системи забезпечують дистанційне керування освітленням, яке може краще регулювати час увімкнення ОП, щоб мінімізувати витрати на електроенергію без зниження рівня зручності та безпеки. Такі системи відіграють важливу роль у забезпеченні безпеки в міських вулицях та в енергозбереженні за рахунок впровадження ефективних методів керування. Системи «розумного освітлення» можуть також значно зменшити витрати на технічне обслуговування та спростити процес експлуатації мережі ОП [3-9].

1.3. Огляд представлених на ринку інноваційних розробок в галузі управління зовнішнім освітленням

Для аналізу представлених на ринку інноваційних систем у галузі управління ОП були розглянуті розробки зарубіжних компаній EsysLux(Німеччина), Xiaomi (Китай) та Philips(Нідерланди). Ці підприємства здійснюють проектування та реалізацію систем «розумного» освітлення. В результаті проведеного аналізу можна виділити два сегменти розумних систем:

- виробництво датчиків та обладнання, що застосовується в розумних системах;
- створення програмного забезпечення для керування цим обладнанням та датчиками, що дає можливість відносити їх до розумних систем.

Світовим лідером у сфері виробництва енергоефективних рішень та розумних систем в галузі освітлення є компанія Philips. Різні підрозділи цієї компанії виконують певні функції щодо реалізації розумних пристроїв. Одні з них займаються виготовленням розумних освітлювальних приладів, інші – виробництвом інтелектуальних контролерів, які інтегрують усю систему в єдине ціле, а треті – розробкою програмного забезпечення для контролю системи за допомогою планшетів, смартфонів або інших гаджетів [10].

Багато зарубіжних країн уже оцінили переваги інтелектуальних систем ЗО. У процесі встановлення мереж ОП були визначені дороги та ділянки доріг, які потребують особливої уваги. Здійснено розрахунки рівнів ризику, ймовірності виникнення ДТП. При цьому враховувалася як кількість проїжджаючих машин, так і й якість організації руху на даній ділянці. Особлива увага приділялася розрахункам освітлення для швидкісних доріг та магістралей. Крім того, до процесу руху були включені пішоходи. У результаті проведених досліджень було прийнято рішення, що освітлення ускладнених ділянок доріг, виявлених розрахунковим методом, повинно бути інтенсивнішим.

Для підвищення конкурентоспроможності та привабливості міста, а також з метою підвищення рівня безпеки мешканців та туристів адміністрація муніципалітету міста Щецин у Республіці Польща здійснила заміну існуючої системи ВО сучасними економічними та екологічними інтелектуальними ОП. В результаті впровадження системи, на вулицях Щецина було встановлено 4985 світильників, внаслідок чого місто знизило свої витрати на 70 %, скоротило енергоспоживання у години найінтенсивнішого навантаження, підвищило рівень безпеки туристів на 80 %, а також сприяло створенню унікального дизайну (рис. 1.1), який вигідно акцентував увагу на історичних об'єктах [11].



Рис. 1.1. Вуличне освітлення у м. Щецин (Польща)

Ще одним яскравим прикладом впровадження інтелектуальних систем ЗО стали Нідерланди. Головним завданням було створення безпечної та комфортної атмосфери у місті Ейндховен. Містечко, в якому прокладено 15км велосипедних і

пішохідних доріжок, а також два мости через озеро, потребувало освітлення, яке полегшило б навігацію. Спеціальні ОП були змонтовані вздовж усієї ділянки. Їхнє світло відбивалося від бічних стінок і синтетичного покриття мостів, створюючи незвичайний світловий ефект і покращуючи видимість для пішоходів (рис. 1.2). Ліхтарі нічного освітлення розташовані на висоті 30см від землі по обидва боки доріжок, завдяки чому світло спрямовується вниз на відстань 15см від світильника та сприяє підвищенню видимості дороги. На велосипедних та пішохідних доріжках встановлено 400 освітлювальних приладів. Завдяки нічному освітленню досягнуто результату безпечних та комфортних умов для цього містечка [12].



Рис. 1.2. Вуличне освітлення у м. Ейндховен (Нідерланди)

Система автоматичного регулювання ВО від компанії Twilight (Амстердам, Нідерланди) відстежує активність пересування автомобілів, велосипедистів та

пішоходів, автоматично регулюючи рівень освітленості та оптимізуючи витрати електроенергії на освітлення [13]. Дистанційна мережева система IntelligentCity (Philips) з програмним забезпеченням CityTouch LightWave дозволяє операторам контролювати систему освітлення громадських місць, керувати ними, зберігати та відображати дані та аналізувати продуктивність освітлювальних приладів [11].

Комплексна інтегрована система управління ЗО на базі платформи Unilight від компанії Philips дозволяє ефективно керувати світловими приладами, отримувати та передавати актуальні дані, покращуючи міське середовище та забезпечуючи безпеку. Світильники з функцією бездротового управління дозволяють збирати та аналізувати інформацію, відправляти аналітичні дані про стан міста в адміністративні служби, регулювати освітлення в залежності від інтенсивності транспортного руху, контролювати та передавати інформацію про параметри та стан світильників, визначати геолокацію кожного з них за допомогою GPS. Спеціальні давачі, встановлені на опорах ОП, здатні визначати стан завантаженості доріг, рівень шуму та забруднення повітря, що дозволяє міській владі приймати оперативні рішення. Система має актуальне для ВО відеоспостереження, включене у світлові прилади та фіксує транспортні пригоди та стан дорожнього полотна. Це передове рішення для «розумного міського простору» скорочує рівень споживання електроенергії та є запорукою сталого розвитку сучасних міст [14].

Проект SenCity (Фінляндія) передбачав впровадження інтелектуальної системи освітлення: інтерактивне освітлення та надання комп'ютерно-інформаційних послуг; забезпечення безпечного дорожнього руху у житлових районах; інтелектуальне освітлення та послуги для дітей та молоді; оснащене давачами присутності освітлення велосипедних доріжок та простору за межами доріг [15].

1.4. Аналіз відомих методів та засобів керування зовнішнім освітленням

В статті [16] описана експериментальна розробка енергоефективної інтелектуальної системи дистанційного керування і моніторингу ЗО. В цій системі передавання даних здійснюється з використанням бездротових персональних мереж, побудованих на основі стандарту 6LoWPAN. Ці мережі підтримують технологію IP для об'єднання всіх вузлів і мережевих об'єктів в вузлом-приймачем, який виконує роль шлюзу при транспортуванні даних до центру віддаленого управління та моніторингу (рис. 1.3). Запропонована система підтримує рівень освітлення на низькому рівні до тих пір, поки набір датчиків наближення не виявить рух автомобіля або пішохода. У цьому випадку рівень освітлення збільшується, щоб забезпечити кращу видимість в той час, коли по території рухається об'єкт, і зменшується, коли відповідна територія знову стає пустою.

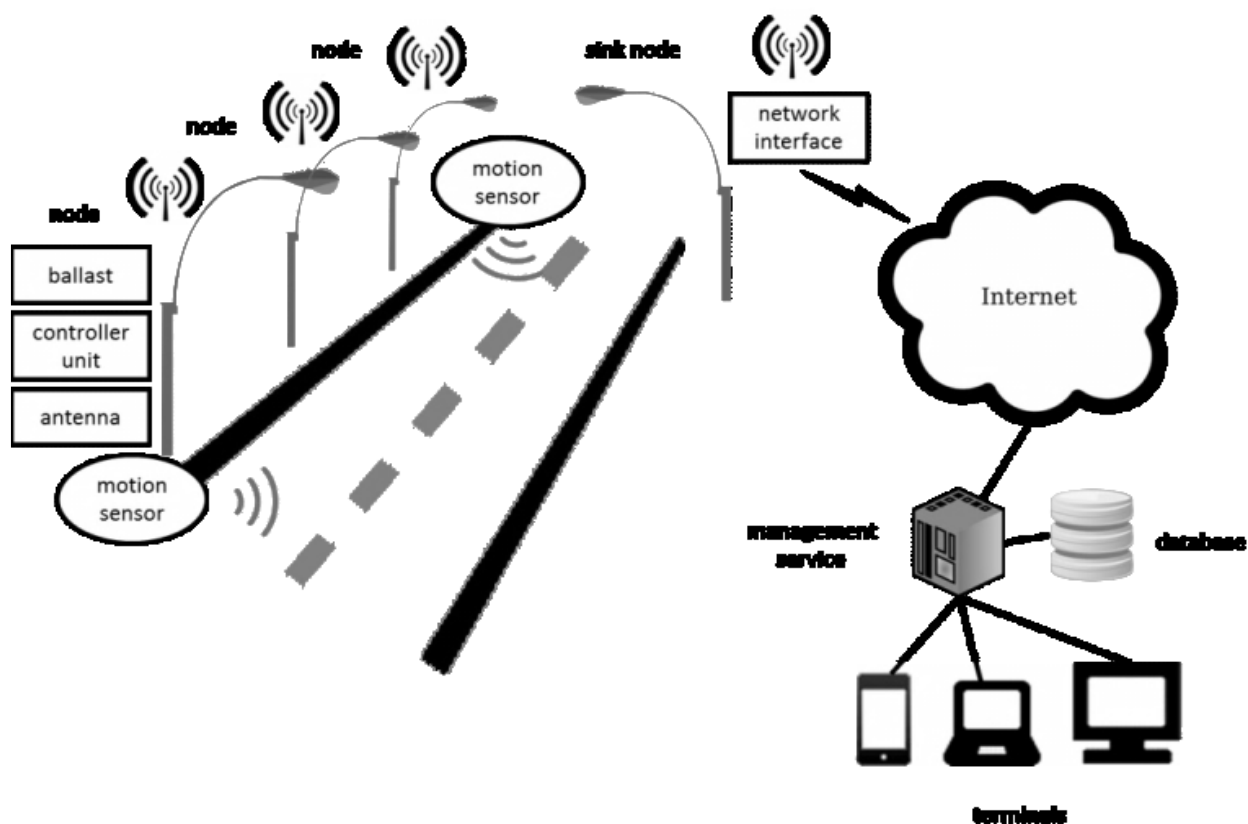


Рис. 1.3. Функціональна схема системи дистанційного моніторингу і керування вуличним освітленням [16]

Дані про такі параметри ОП, як стан і рівень освітлення, передаються в систему управління по двонаправленому каналу, який може отримувати зворотний зв'язок на основі певного алгоритму роботи системи. Запропоновану систему можна легко розгорнути поверх існуючих мереж вуличного освітлення, які використовують старі та неефективні технології без великих витрат, зменшуючи, таким чином, споживання енергії. Використані технології можуть входити до складу більшої IP-мережі, дотримуючись концепції IoT, яка може підтримувати програми для «розумних доріг».

Автори стверджують, що в результаті впровадження запропонованої системи витрати енергії на забезпечення функціонування ВО знизились на 37%. До недоліків такої системи можна віднести обмеження щодо дальності передавання даних пристроїв, які використовують стандарт 6LoWPAN.

В роботі [17] представлена інтелектуальна система керування ВО на основі використання технології бездротового зв'язку. В цій системі (рис. 1.4) вуличні ліхтарі за допомогою датчиків збирають інформацію і надсилають її на сервер за допомогою бездротової мережі. Користувач може використовувати «розумні пристрої» або ПК для підключення до сервера за допомогою системи керування. Розумна система ВО використовує сучасні технології передавання даних, які дозволяють підключатися, здійснювати аналіз ефективності роботи ОП в режимі реального часу, формувати звіти тощо.



Рис. 1.4. Система розумного освітлення міста [17]

В роботі [18] запропонована автоматизована система управління ВО з використанням концепції IoT. Управління системою здійснюється за допомогою модуля Arduino Nano для забезпечення необхідної інтенсивності світла в різний час (рис. 1.5). Для обміну даними з центральною системою управління використовується WiFi модуль ESP8266, який підключається до Arduino з використанням UART інтерфейсу. В центральній системі управління відображаються результати вимірювання датчиків та задаються режими роботи ОП.

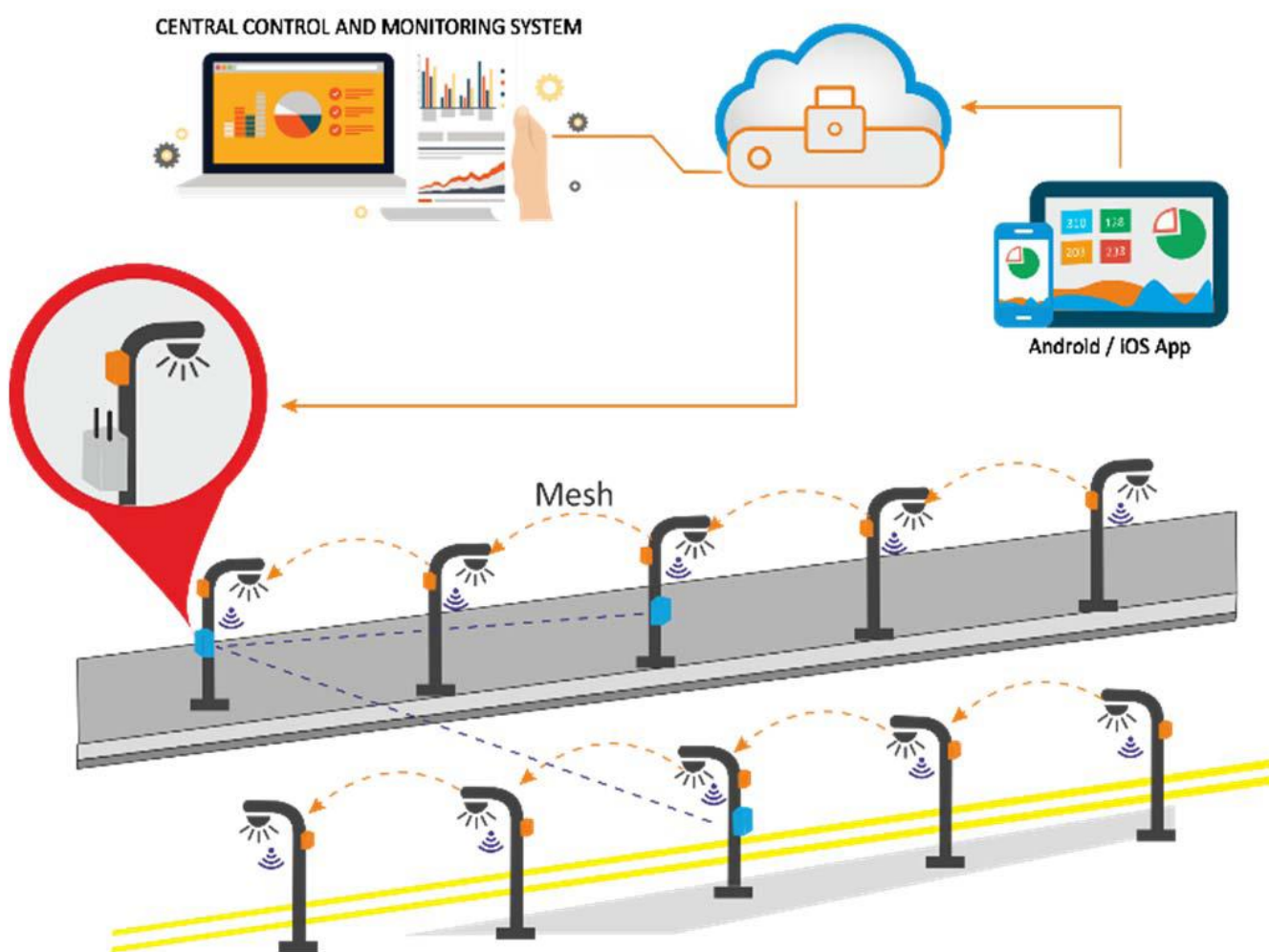


Рис. 1.5. Структура системи керування вуличним освітленням на основі модуля Arduino та ESP8266 [18]

Недоліком такої системи є необхідність використання WiFi для забезпечення комунікації між її компонентами. Ця технологія має обмежений радіус дії та низьку енергоефективність при передаванні даних.

В статті [19] запропоноване рішення для динамічного керування ВО, яке базується на концепції агентів зв'язку на основі моделі інтеграції датчиків і виконавчих механізмів з використанням платформи IoT (рис. 1.6). Обмін даними між компонентами системи здійснюється з використанням ZigBee протоколу. Для передавання даних в центральний пулт керування використовується шлюз на основі модуля Freescale Kinetis, який розроблений на основі процесорного ядра ARM Cortex.

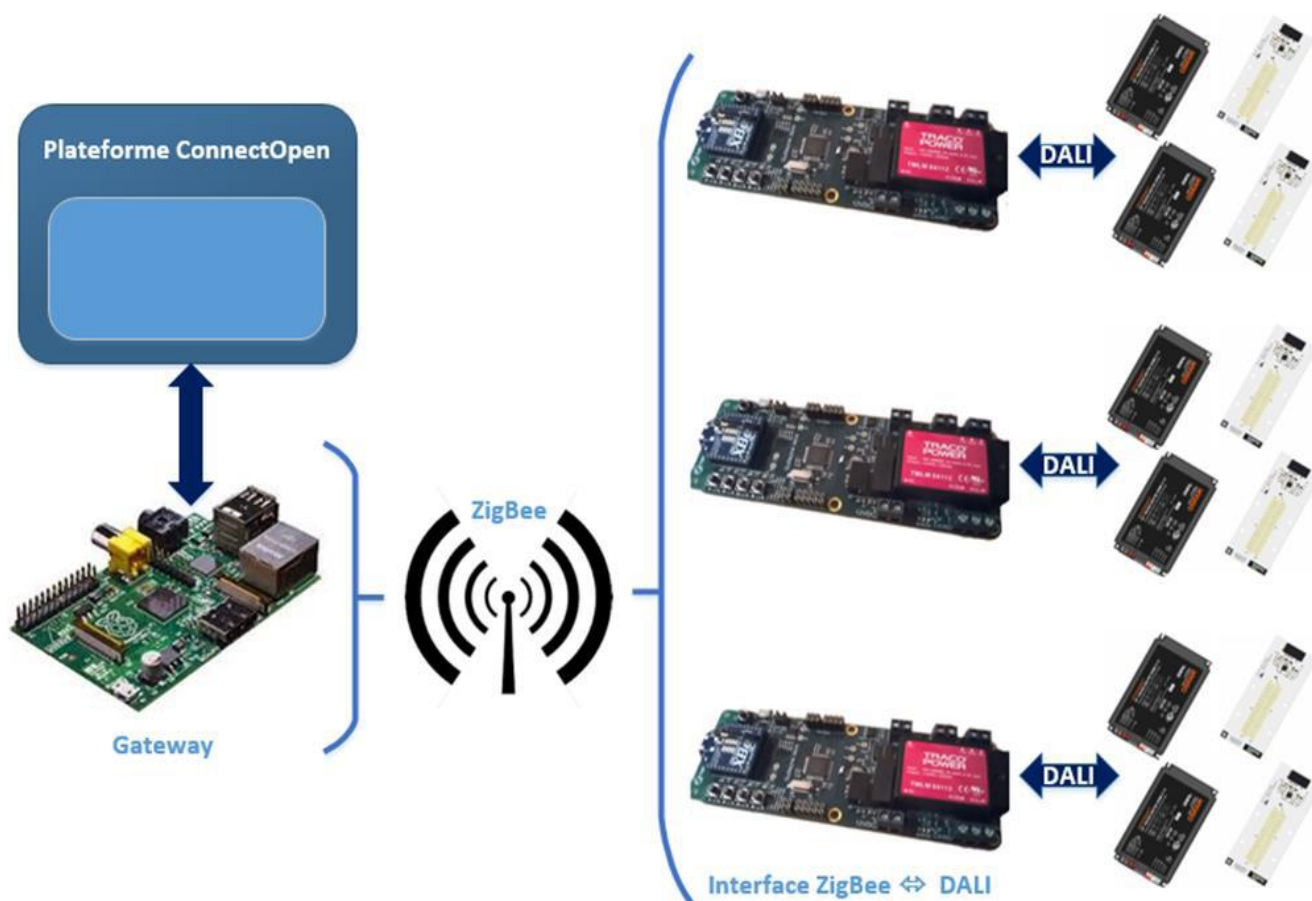


Рис. 1.6. Функціональна схема системи керування зовнішнім освітленням на базі технології ZigBee [19]

Однак, застосування технології ZigBee пов'язане з певними обмеженнями щодо максимальної відстані при передаванні даних. Крім того, застосування модулів Freescale Kinetis передбачає додаткові витрати, що впливає на загальну вартість впровадження такої системи.

Автори [20] розробили систему управління ВО на основі платформи Arduino Uno та WiFi модуля. Особливістю пропонованої системи є регулювання яскравості освітлення на основі показів датчиків світла та інфрачервоних датчиків руху (рис. 1.7). Отримані дані передаються у веб-платформу для IoT ThingSpeak для відображення результатів вимірювань у вигляді графіків в режимі реального часу.

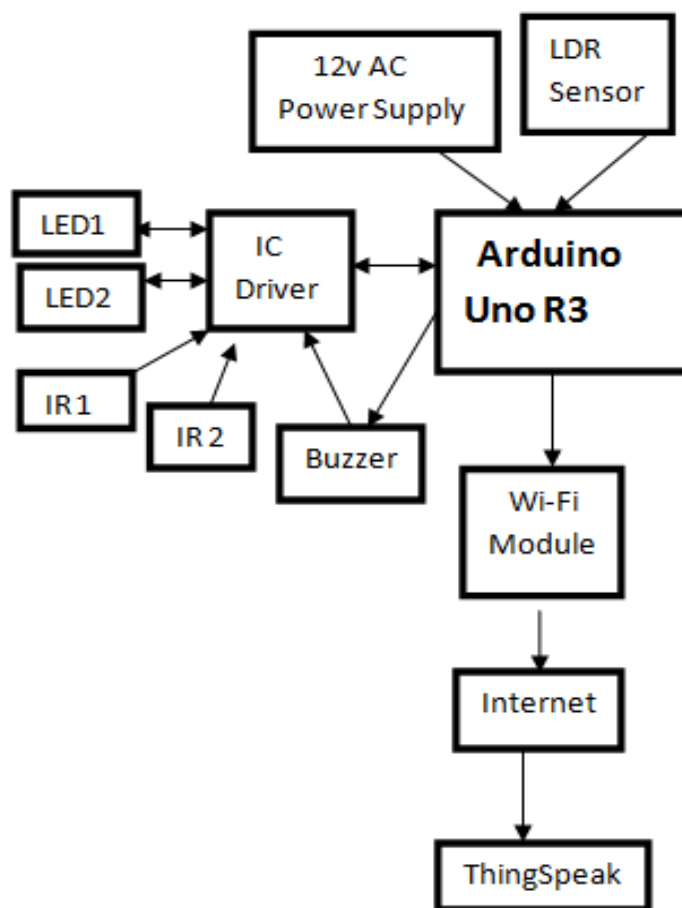


Рис. 1.7. Структурна схема системи управління вуличним освітленням на основі платформи Arduino Uno [20]

Недоліками розглянутої системи можна вважати неможливість передавання даних у випадку відсутності WiFi мережі в зоні дії ОП.

В статті [21] описана вітчизняна розробка системи управління VO SmartAC від української компанії RLC. Автори впровадили технологію PLC для передавання інформації лініями живлення з метою реалізації передавання даних. Це стало можливим завдяки застосуванню потужних DSP-процесорів. Розроблений власний протокол для обміну даними між компонентами системи. Це дало змогу керувати освітлювальними приладами на відстані до 10 кілометрів, забезпечуючи високий рівень захищеності від перешкод. Канал для передавання даних спроектовано таким чином, що керуючі команди до розподільчої шафи передаються з використанням мережі мобільних операторів GSM, а команди для управління ОП – із застосуванням ліній живлення (пару «0» і «фазу» як інформаційне середовище). Інтерфейс користувача (рис. 1.8), який розроблений у вигляді веб-додатку, дозволяє змінювати режими роботи вуличних світильників та дистанційно регулювати їх яскравість.

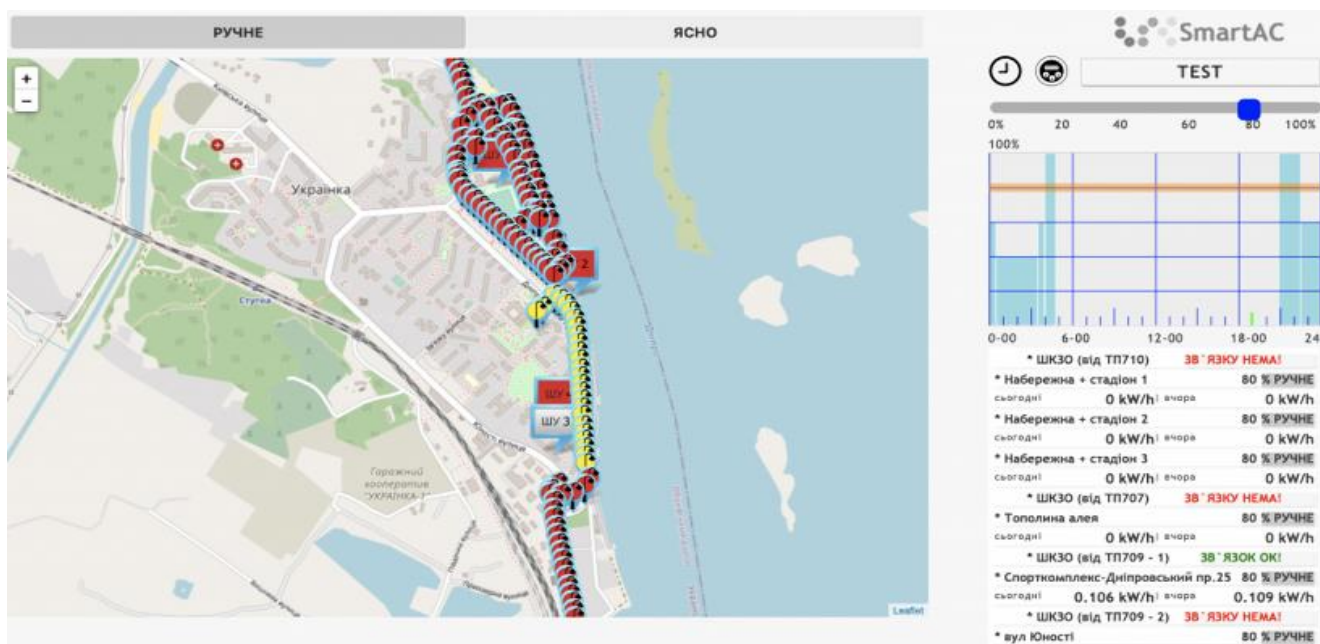


Рис. 1.8. Приклад інтерфейсу користувача системи керування зовнішнім освітленням smartAC [21]

До недоліків розглянутої системи можна віднести необхідність прив'язки до мобільних операторів для забезпечення передачі керуючих команд до розподільчої шафи з використанням мережі GSM.

1.5 Висновки до розділу 1

У першому розділі кваліфікаційної роботи було здійснено огляд наукових літературних джерел за темою дослідження, виконано аналіз сучасних зарубіжних та вітчизняних розробок в галузі керування ЗО, визначено їх сильні і слабкі сторони.

Виявлено, що переважна більшість існуючих на сьогоднішній день систем управління ЗО міст є переважно застарілими і не мають змоги використовувати усі можливості сучасних технологій.

Використання даних від великої кількості датчиків завдяки застосуванню технологій IoT дозволить забезпечити сучасні системи керування ЗО необхідною інформацією для підвищення ефективності їх роботи.

Ефективність роботи ОП в межах міста залежить від багатьох факторів, зокрема, від рівня природнього освітлення, інтенсивності потоків транспорту та людей, наявності та ефективності використання технічних засобів управління ОП. Саме тому застосування технологій IoT є необхідною умовою для підвищення ефективності керування ЗО в межах міста.

РОЗДІЛ 2

ОБҐРУНТУВАННЯ СТРУКТУРНИХ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ
ПРОЕКТОВАНОЇ СИСТЕМИ2.1. Обґрунтування вибору технології передачі даних для системи керування
зовнішнім освітленням

Для організації передавання даних в системі керування ЗО в межах міста доцільно застосувати енергоефективні мережі великого радіусу дії LPWAN (Low-Power Wide-Area Network). Пристрої, які підтримують дану технологію, можуть передавати невеликі за обсягом дані на десятки кілометрів і при цьому працювати впродовж декількох років без заміни елементів живлення (рис. 2.1).

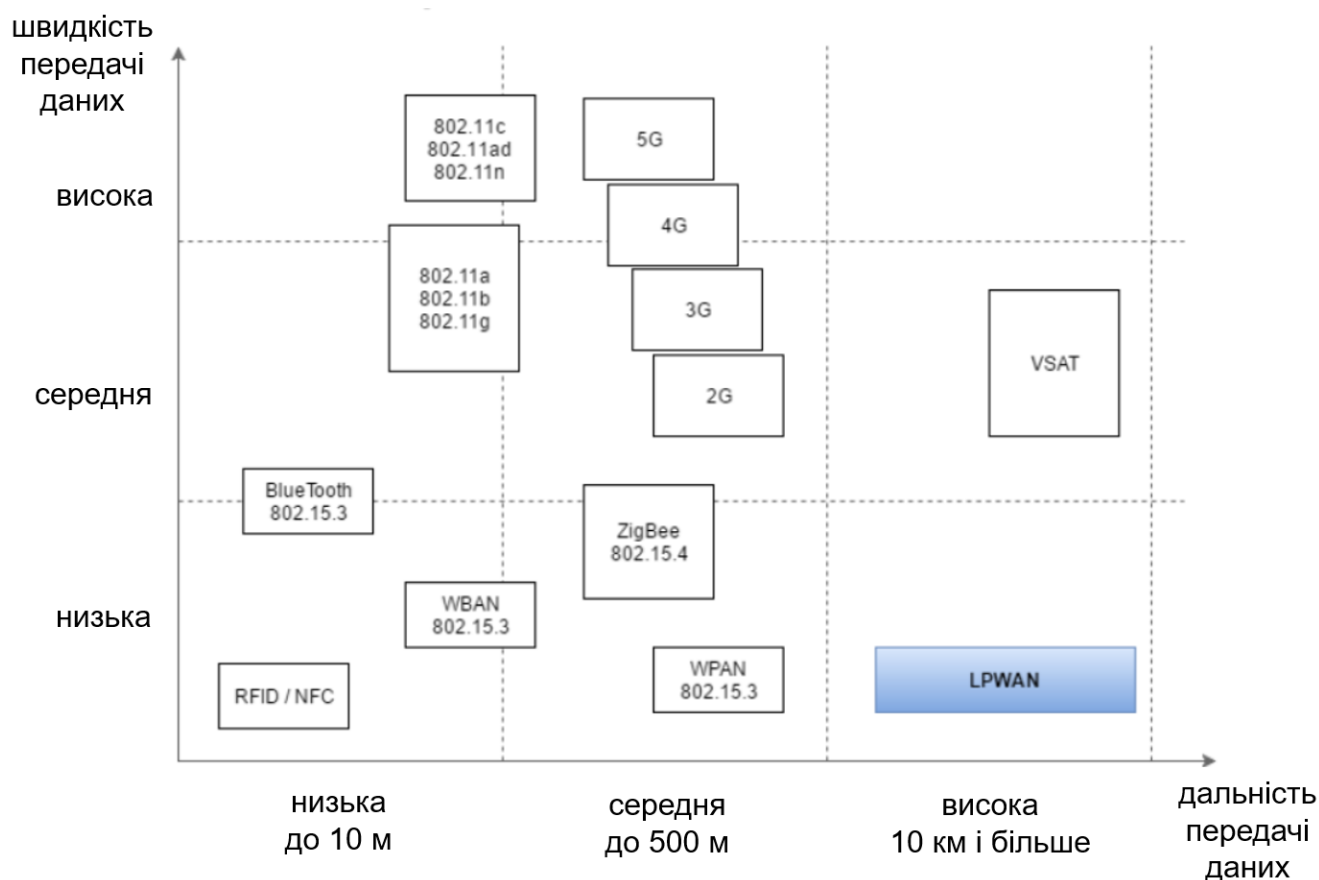


Рис. 2.1. Порівняння LPWAN з іншими безпроводними технологіями

LPWAN забезпечує передавання даних на десятки кілометрів, на швидкості від кількох сотень до кількох десятків кілобіт за секунду. Це досягається завдяки збільшенню потужності сигналу для надсилання одного біта інформації, за рахунок чого суттєво збільшується дальність зв'язку, проте знижується швидкість передавання інформації.

Однією з найефективніших та найпоширеніших технологій, за допомогою яких можна побудувати мережу LPWAN, є технологія LoRa та протокол LoRaWAN, на якому вона базується. LoRa (Long Range) включає в собі метод модуляції LoRa у безпроводних мережах LPWAN та відкритий протокол передачі даних LoRaWAN.

Суть технології LoRa полягає у варіації лінійної модуляції частоти. Технологія використовує кодування інформації широкосмуговими імпульсами з частотами, які змінюються на певному часовому інтервалі. Таке рішення дозволяє пристрою, який приймає радіосигнал, бути значно стійкішим до відхилень частоти від номінального значення та знижує вимоги до тактового генератора, що дає змогу застосовувати дешевші кварцові резонатори [22].

Однією з основних переваг використання пристроїв LoRa є те, що вони легко інтегруються в мережі IoT через шлюзи. Ще одним важливим аспектом використання такої технології є можливість передавати дані на великі відстані, що є дуже важливою характеристикою при побудові системи керування мережею ВО міста.

Розробники стверджують, що технологія LoRa має значні переваги перед WiFi та мобільними мережами завдяки можливості розгортання міжмашинних з'єднань (M2M) на відстань до 20 кілометрів при швидкості до 50 кілобіт за секунду, а також характеризується мінімальним споживанням електроенергії. Це забезпечує можливість автономної роботи пристроїв, які використовують дану технологію, впродовж кількох років на одному акумуляторі типу АА. Сфера

застосування цієї технології досить широка: від домашньої автоматизації та IoT до промисловості та розумних міст [23].

Технологія LoRa використовує метод прямої корекції помилок та працює з використанням частот: 169, 433 та 915МГц у США, а в Європі – у діапазоні 868МГц. Найчастіше застосовуються робочі частоти 868 та 915МГц. Також, через високий рівень зовнішнього впливу, обмежено може використовуватися частотний діапазон 2,4МГц. Відповідно до специфікації, LoRa застосовує циклічно єдиний метод передавання повідомлень, який обмежує швидкість їх створення. Тим не менше, завдяки підтримці кількох каналів, LoRa дозволяє кінцевим пристроям брати участь у процесі обміну даними за допомогою зміни частоти в кожному каналі. Вибір швидкості передавання є компромісом між зоною покриття і розміром даних, повідомлення з різними швидкостями передавання інформації не заважають одне одному. Швидкість передавання LoRa може змінюватися в діапазоні від 0,3 до 50 кілобіт за секунду. Для того, щоб максимізувати тривалість роботи пристроїв в автономному режимі та загальну пропускну здатність бездротової мережі, інфраструктура LoRa може використовувати адаптивну швидкість передавання даних для кожного пристрою індивідуально [22].

У той час як реалізація технології LoRa є закритою, решта протоколів мережевої моделі OSI, відомих як LoRaWAN, залишаються відкритими (рис. 2.2). До особливостей технології LoRa можна віднести те, що вона передбачає наявність трьох класів пристроїв для вирішення різного типу задач при побудові мережі.

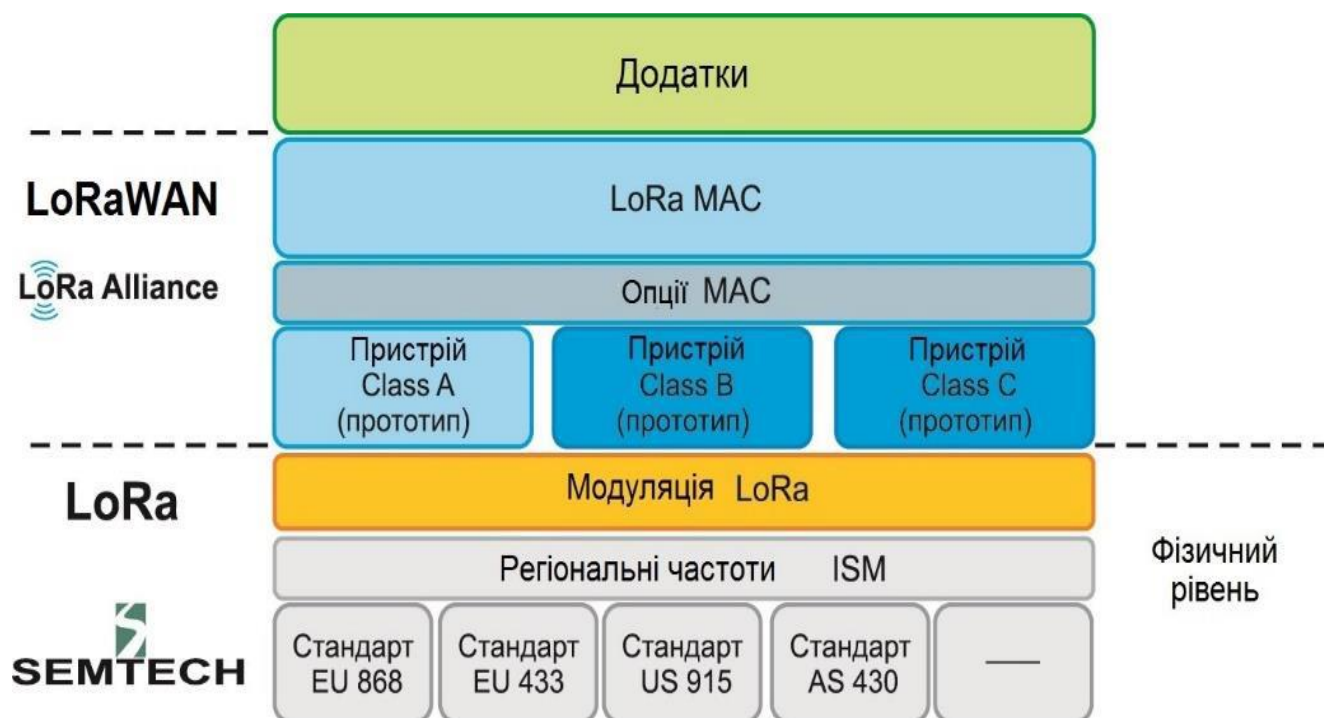


Рис. 2.2. Класи пристроїв в мережах LoRa

«Клас А» визначає функціональний режим за замовчуванням в мережах LoRa. У пристроях «класу А» сеанс зв'язку здійснює кінцевий пристрій (рис. 2.3). Вузол передає дані короткими послідовностями за заданим графіком в шлюз. Після кожної передачі даних кінцевий пристрій відкриває одне приймальне вікно на деякий проміжок часу, очікуючи наступної команди, яка надсилається сервером. Якщо відповіді не надходить, вузол переходить у режим сну, тим самим зменшуючи споживання енергії. Друге вікно відкривається в іншому піддіапазоні (попередньо погоджується із сервером) з метою підвищення стійкості проти коливань каналу. Сервер накопичує дані та пересилає їх відразу, як тільки вузол виходить на зв'язок. Мережі «класу А» призначені головним чином для задач моніторингу, вони найекономічніші у споживанні і найпоширеніші на практиці.



Рис. 2.3. Принцип обміну даними в мережі LoRa з використанням пристроїв «класу А»

У пристроях «класу В» виділяється додаткове вікно прийому інформації, яке відкривається за графіком (рис. 2.4). За спеціальним сигналом "маяк" від шлюзу кінцевого пристрою виконує синхронізацію внутрішнього часу з часом мережі, тим самим складаючи розклад. Таким чином, завдяки такому додатковому вікну, мережевий сервер має можливість розпочати передавання інформації в заздалегідь відомий час.



Рис. 2.4. Принцип обміну даними в мережі LoRa з використанням пристроїв «класу В»

Нарешті, пристрої «класу С» - мають максимальне, майже безперервне вікно прийому, яке закривається тільки на період передавання даних (рис. 2.5). Це дозволяє застосовувати їх для вирішення задач, які вимагають отримання великого об'єму інформації. Цей клас пристроїв споживає найбільшу кількість електроенергії, тому зазвичай не використовує живлення від автономних джерел. Проте перевагою пристроїв цього класу є можливість отримання даних від сервера мережі з найменшими затримками.



Рис. 2.5. Принцип обміну даними в мережі LoRa з використанням пристроїв «класу С»

До складу класичної мережевої архітектури LoRaWAN входять наступні компоненти (рис. 2.6) [24]:

- сервер додатків;
- сервер мережі;
- шлюзи;
- кінцеві вузли.

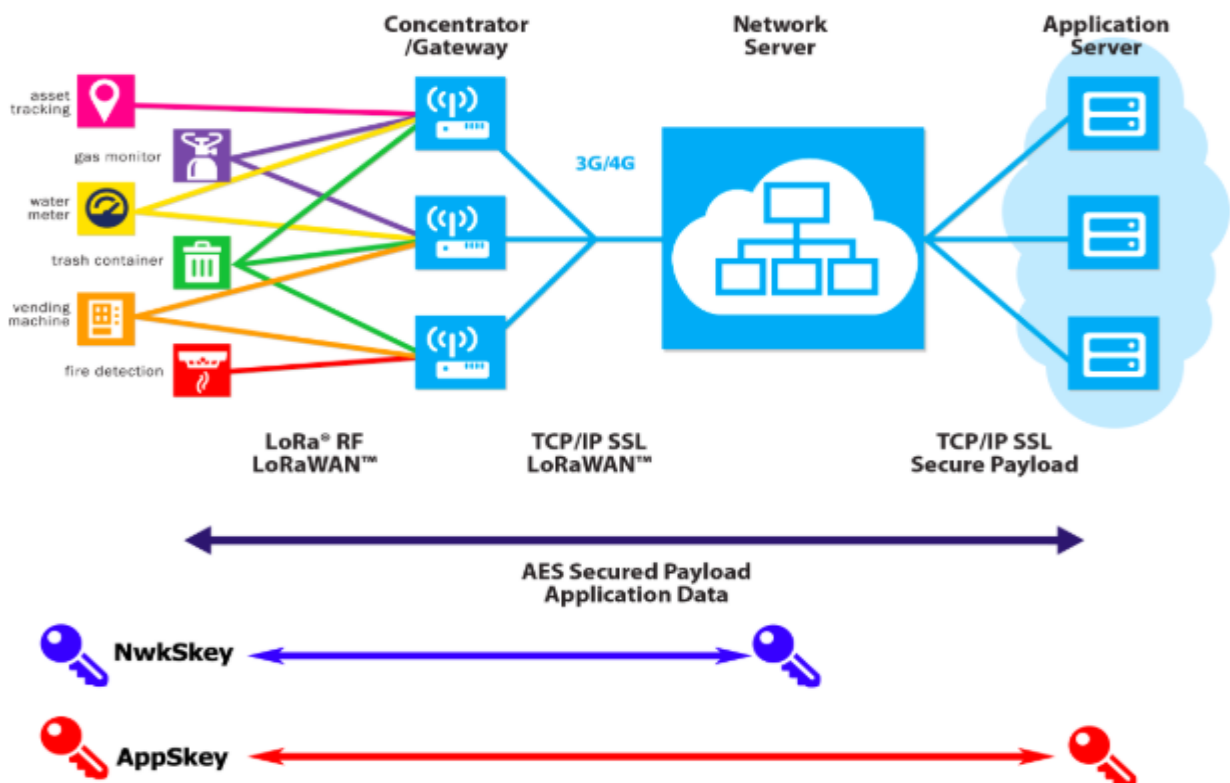


Рис. 2.6. Класична мережева архітектура LoRaWAN [24]

Кінцевий вузол (End Node) призначений для здійснення керуючих, контролюючих та вимірювальних функцій. Він містить набір необхідних сенсорів та керуючих елементів. Зазвичай використовує автономне джерело живлення. Кінцеві вузли здійснюють передавання даних лише впродовж певного проміжку часу, тривалість якого становить від 1 до 5 секунд. Після цього відбувається прийом даних за допомогою двох часових вікон. Решту часу приймач кінцевих вузлів знаходиться або в стані прийому, або в неактивному стані, в залежності від класу пристрою (А, В або С).

Шлюз LoRa – це комунікаційний прилад, який здійснює прийом інформації від кінцевих вузлів та передає отримані дані у транзитну мережу (можуть використовуватися мобільні мережі, WiFi, Ethernet, та будь-які інші канали передавання даних). Шлюзи LoRa мають можливість здійснювати одночасне опрацювання сигналів від декількох каналів, що забезпечує широку зону покриття мережі.

Сервер мережі призначений для керування усією мережею: формування розкладу, адаптації швидкості передавання даних, зберігання та опрацювання прийнятої інформації.

Сервер додатків використовується для організації віддаленого контролю кінцевих вузлів та отримання від них необхідних даних.

Елементи мережі LoRa зазвичай утворюють двозіркову топологію (star of stars), у якій кінцеві вузли підключаються до шлюзів LoRa, які, в свою чергу, під'єднуються до загального сервера мережі (NetServer) через стандартні IP протоколи (рис. 2.7).

Пакети даних надходять від кінцевих вузлів до шлюзів, потім до наступної ланки – мережевого сервера, після чого вони потрапляють на сервер додатків, і вже потім до користувача.

Кінцеві вузли розташовані віддалено, та працюють, як правило, від автономних джерел живлення. Сервер програм може віддалено керувати кінцевим обладнанням та отримувати необхідну інформацію від них.

Важливою особливістю базових станцій є можливість одночасно приймати дані на різних швидкостях по одному каналу. Якщо кінцевий вузол розташований поруч зі шлюзом, немає необхідності знижувати швидкість передавання, інакше він займе канал на більший час, ніж зазвичай. Збільшення швидкості скорочує час в ефірі і дозволяє іншим вузлам передавати інформацію, тому адаптивна зміна швидкості дозволяє оптимізувати ресурс батареї кінцевого вузла.

Шлюзи можна встановлювати всередині будівель, на дахах або вежах. Протокол LoRaWAN передбачає двонаправлене передавання даних, але переважно вона здійснюється від давачів до шлюзів. В основі роботи обладнання лежить асинхронна передача: кінцеві пристрої включаються тільки тоді, коли вони мають що транслювати, в останній час вони перебувають у сплячому режимі.

LoRaWAN — це відкритий протокол для мереж, які мають низьке енергоспоживання, високу ємність та великий радіус дії. Цей протокол відповідає за передавання даних між вузлами мережі, використовуючи особливі способи шифрування, що забезпечує безпеку та надійність системи.

У LoRaWAN мережеві вузли не пов'язані з конкретним шлюзом. Кожен шлюз пересилає отримані інформаційні пакети від кінцевих вузлів до сервера мережі через транзитну IP мережу.

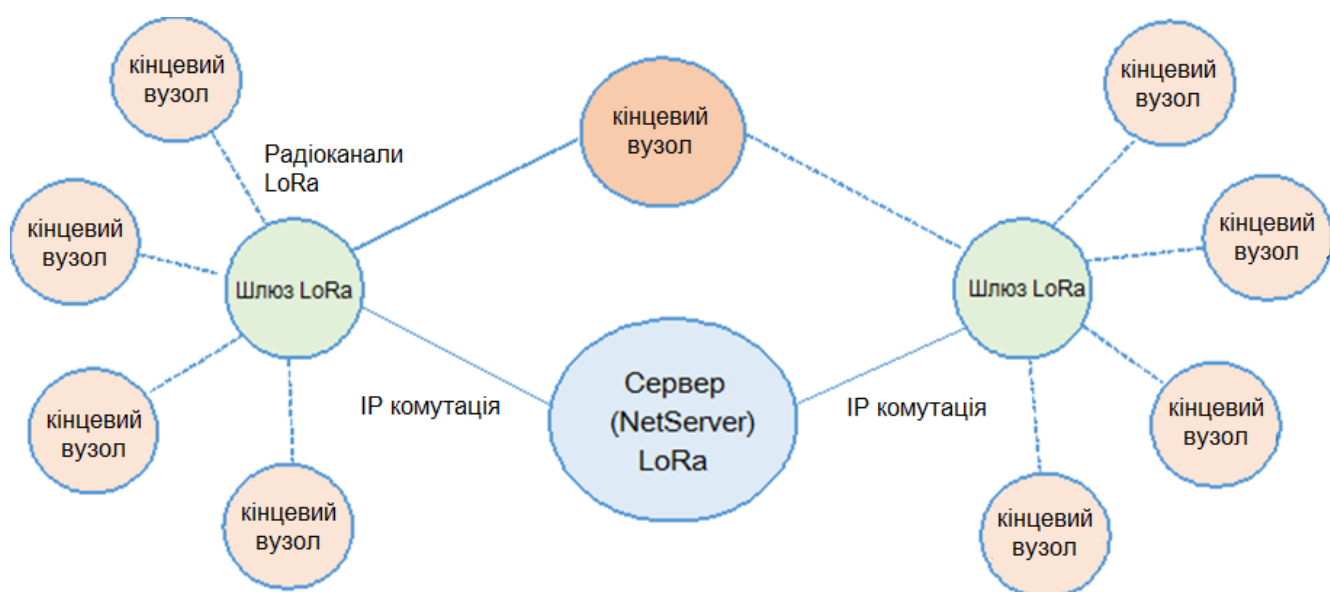


Рис. 2.7. Топологія мережі LoRa

Шлюзи виступають як ретранслятори і просто пересилають до пов'язаного з ними мережевого сервера всі успішно декодовані повідомлення, які відправлені будь-яким кінцевим вузлом, після додавання деякої інформації щодо якості прийому. Сервер мережі відповідає за фільтрацію дублікатів та небажаних пакетів даних. Важливо, що повноцінний LoRa шлюз забезпечує паралельне опрацювання до дев'яти LoRa каналів, де канал ідентифікується конкретним піддіапазоном і коефіцієнтом розширення. Цей режим значно спрощує керування доступом до мережі для кінцевих вузлів. Крім того, кінцеві вузли можуть вільно переміщатися через осередки мережі, що обслуговуються різними шлюзами, не створюючи будь-якого додаткового трафіку в мережі.

У LoRaWAN мережах стандартом передбачено обов'язкове дворівневе шифрування даних двома різними AES-64 та 128 ключами для захисту від несанкціонованого доступу та спотворення, або перехоплення даних, що передаються кінцевими вузлами (див. рис. 2.6).

Розробляючи бездротову мережу для керування вуличними ліхтарями, потрібно взяти до уваги такий параметр як максимальна дальність радіозв'язку, щоб уникнути використання додаткових ретрансляторів сигналів. Це спростить топологію та скоротить витрати. Бюджет каналу зв'язку є основним параметром, який показує ефективність роботи бездротової мережі для системи керування зовнішнім освітленням. Він складається з потужності передавача та чутливості приймача. Однією з найважливіших характеристик пристроїв LoRa є висока чутливість (-148дБм), яка може бути досягнута завдяки застосуванню LoRa-модуляції. Отже, технологія LoRa володіє такими ключовими особливостями:

- низьким рівнем енергоспоживання;
- високою чутливістю приймача;
- високим релейним захистом приймача;
- випереджувальною системою корекції помилок за умов наявності імпульсних перешкод.

Мережі LoRaWAN функціонують у діапазоні частот, які не підлягають ліцензуванню. Вони характеризуються високою завадостійкістю. Одна базова станція LoRa здатна обслуговувати десятки тисяч кінцевих вузлів. Для забезпечення оптимального режиму роботи мережі шлюз повинен володіти дуже високою пропускнуою здатністю щоб мати можливість отримувати інформацію з великої кількості кінцевих пристроїв. Велика ємність мережі LoRaWAN досягається завдяки застосуванню адаптивної швидкості передавання даних, а також шляхом використання багатоканального передавача в базовій станції. Це дає змогу отримувати повідомлення одночасно з кількох каналів.

Шлюзи дозволяють за допомогою одного каналу одночасно отримувати дані від кінцевих вузлів з різною швидкістю передавання. Протокол LoRaWAN регламентує швидкість радіообміну в діапазоні від 300біт до 50кілобіт за секунду, швидкість падає зі збільшенням відстані між приймачем і передавачем (рис. 2.8). Фактично в існуючих пристроях, швидкість, може не перевищувати одинадцяти кілобіт за секунду. Проте, цього цілком достатньо для завдань, які вирішуються даною технологією.

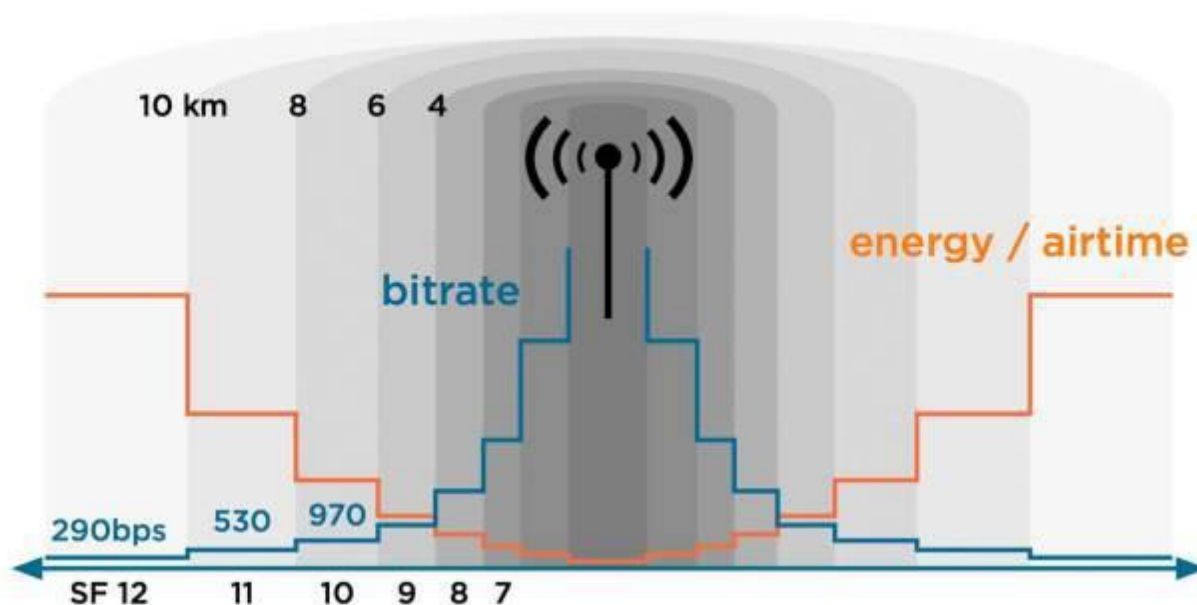


Рис. 2.8. Адаптивна швидкість передачі даних в LoRaWAN мережах

Якщо кількість пристроїв у мережі LoRaWAN збільшується, можлива зміна швидкості передавання даних, а також збільшення кількості шлюзів. Мережа LoRaWAN характеризується великою проникаючою здатністю радіосигналу. Це дозволяє забезпечити стабільний зв'язок в тих місцях, в яких інші бездротові технології з цим не можуть впоратися. Модеми LoRa здатні зменшувати вплив перешкод до 19,5дБ, використовуючи гаусівську фільтрацію.

Завдяки використанню технології з розширенням спектра дані, що передаються від різних кінцевих вузлів з тією чи іншою швидкістю, не заважають один одному і створюють набір «віртуальних» каналів, що збільшує пропускну здатність шлюзу. Однак при цьому створюються умови для значних перешкод іншим пристроям, що працюють у цьому діапазоні частот. Ця можливість дозволяє застосовувати мережу LoRa для розробки системи керування ЗО у сучасному великому мегаполісі.

Таким чином, бездротова технологія LoRaWAN володіє такими основними перевагами [1, 25]:

- низьке споживання електроенергії давачів та велике покриття території, яке вимірюється в кілометрах;
- працює на частотах, що не ліцензуються, відсутня необхідність оплати за використання ліцензійного спектру частот;
- одна базова станція LoRa має можливість приймати дані від тисяч кінцевих пристроїв;
- легко розгортається завдяки простій архітектурі;
- відкритий стандарт;
- дані мають захист на мережевому рівні та на прикладному рівні з AES шифруванням;
- повністю двонаправлений зв'язок.

2.2. Розрахунок пропускної здатності і ємності мережі LoRaWAN для системи керування зовнішнім освітленням

LoRaWAN використовує протокол доступу ALOHA [26] з деякими модифікаціями, відповідно до якого пристрої можуть передавати повідомлення, не знаючи чи інші пристрої теж одночасно знаходяться в процесі передавання інформаційних пакетів. LoRa шлюз негайно ретранслює отримані пакети. Якщо кінцевий вузол помічає, що один з її пакетів не був підтверджений, він буде очікувати, а потім повторно передавати пакет даних. В LoRaWAN колізії виникають лише в тому випадку, якщо при передаванні використовуються ті ж канали і частота.

За своєю суттю LoRaWAN – це асинхронний протокол передавання даних, який використовує метод випадкового доступу, коли кожен клієнт може почати передавати дані в будь-який момент часу. В навантажених мережах це неминуче призводитиме до накладення сигналів від клієнтських станцій, їх втрати і, як наслідок, до погіршення загальної продуктивності мережі загалом. Шлюзи LoRaWAN мають радіус дії близько 10км і можуть обслуговувати тисячі кінцевих вузлів, але з невеликими швидкостями передачі даних та досить високими ймовірностями втрати пакетів у випадку великої щільності пристроїв [27].

Оцінка пропускної здатності системи ALOHA визначається при наступних припущеннях [28]:

- дані, які передає кінцевий вузол LoRa, утворюють пуассонівський потік (поступають на шлюзи по випадковому закону);
- передані пакети, які забраковані через помилки, надсилаються повторно, утворюючи той самий пуассонівський потік;
- всі пакети даних передаються однаково швидко і мають однакову довжину;
- в мережі знаходиться нескінченна кількість кінцевих вузлів (при цьому, якщо один кінцевий вузол вже передає дані, це не впливає на ймовірність передавання даних іншим пристроєм).

Ймовірність того, що під час передавання одного інформаційного пакета T поступить ще k пакетів від усіх кінцевих вузлів LoRa мережі розраховується за формулою Пуассона (2.1):

$$\Pr(k) = \frac{G^k \cdot e^{-G}}{k!}, \quad (2.1)$$

де G – інтенсивність надходження інформаційних пакетів.

Колізія не виникає, якщо на інтервалі передавання інформаційного повідомлення, а також впродовж одного попереднього інтервалу не з'являться інші пакети для передавання від інших кінцевих вузлів мережі ($k = 0$) і ймовірність успішного передавання пакета даних складає $P = e^{-2G}$.

Середня кількість успішно переданих впродовж часу T пакетів, тобто пропускна здатність мережі, складає $S = G \cdot P = G \cdot e^{-2G}$.

Графік пропускної здатності наведений на рис. 2.9.

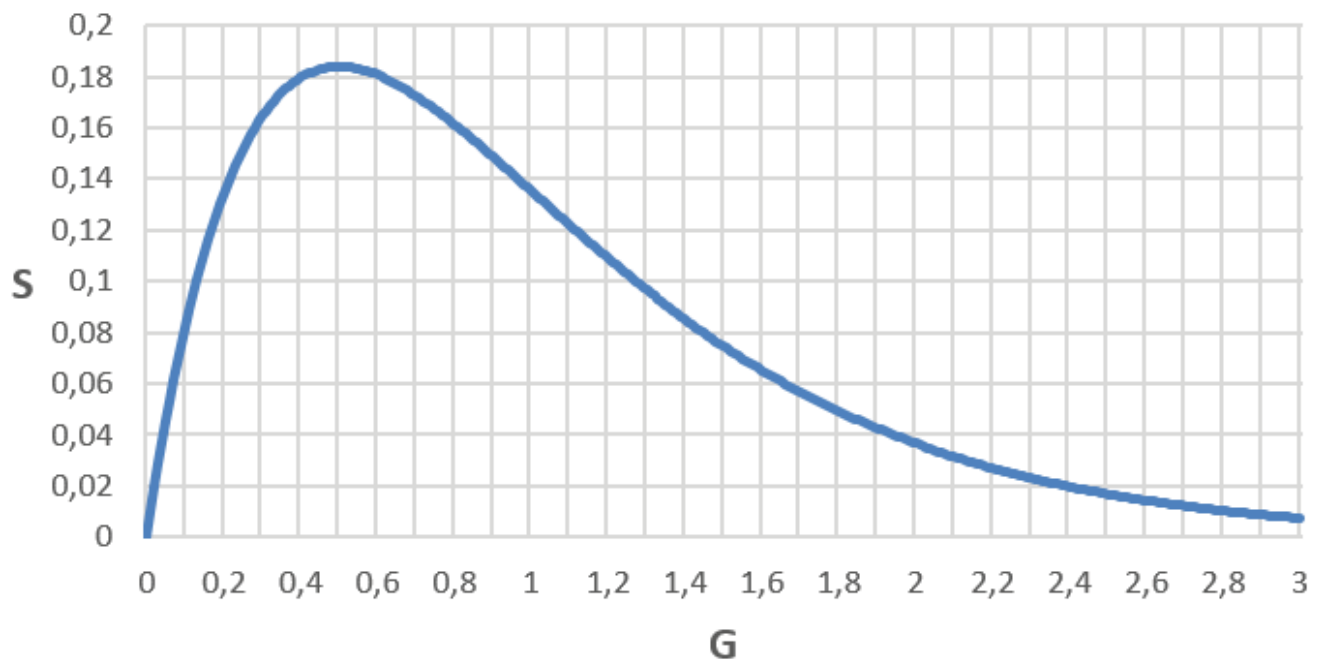


Рис. 2.9. Залежність пропускної здатності від інтенсивності надходження пакетів в мережі LoRaWAN

Отже, максимальне значення пропускної здатності мережі буде досягнуте при інтенсивності надходження інформаційних пакетів, яке становить приблизно 0,55 і складає 0,16 (при ймовірності 62 % втрати пакетів через виникнення колізій). При $G = 0,028$ ймовірність втрати пакетів через колізії складає 6 %.

2.3. Висновки до розділу 2

У другому розділі кваліфікаційної роботи було обґрунтовано вибір технології для інформаційного обміну в системі керування ЗО. Зокрема, розглянуто технологію передавання даних на великі відстані LoRa та протокол LoRaWAN. До його особливостей можна віднести: низьку споживану потужність, великий радіус дії, здатність запобігати перешкодам і розширений спектр частот при передаванні даних. Він забезпечує безперебійну взаємодію між розумними пристроями та забезпечує зручність для користувачів та розробників, дозволяючи розробляти системи, побудовані на основі концепції IoT.

LoRa є енергоефективною технологією, за допомогою якої можна отримувати інформацію від сенсорів та передавати керуючі команди в процесі управління ВО міста. За допомогою протоколу LoRaWAN у режимі on-line можна здійснювати моніторинг стану ОП та керувати системою ЗО у «розумних містах».

Здійснено розрахунок пропускної здатності і ємності мережі LoRaWAN для різних режимів роботи системи керування ЗО.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА АПАРАТНО-ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ЗОВНІШНІМ ОСВІТЛЕННЯМ

3.1. Адаптивна архітектура системи керування зовнішнім освітленням

У кваліфікаційній роботі представлена концепція розробки міської системи ВО, яка дозволяє регулювати інтенсивність освітлення в залежності від рівня природної освітленості та активності руху в контрольованій зоні [29]. Разом з цим, проєктована система розглядається як елемент ширшої технологічної архітектури IoT «розумного міста», призначеної для надання ряду послуг (керування енергоспоживанням, моніторинг стану навколишнього середовища, управління транспортними потоками тощо).

3.1.1. Розробка структурно-функціональної схеми проєктованої системи.

Проєктована система орієнтована на створення мережі пристроїв для ВО загального користування, інфраструктура якої може забезпечити віддалене управління усіма об'єктами та «інтелектуальне» регулювання освітленості території в залежності від часу доби, наявності транспортних засобів та пішоходів (враховуючи природній рівень освітленості).

На рис. 3.1 зображено функціональну схему системи керування ЗО на основі мережі LoRaWAN [30], яка може виконувати такі задачі: керування вуличними ліхтарями; дистанційне регулювання їх яскравості; налаштування щоденного графіка ввімкнення вуличних ліхтарів; дистанційний зв'язок між освітлювальними приладами та веб-додатком з застосуванням бездротового з'єднання.

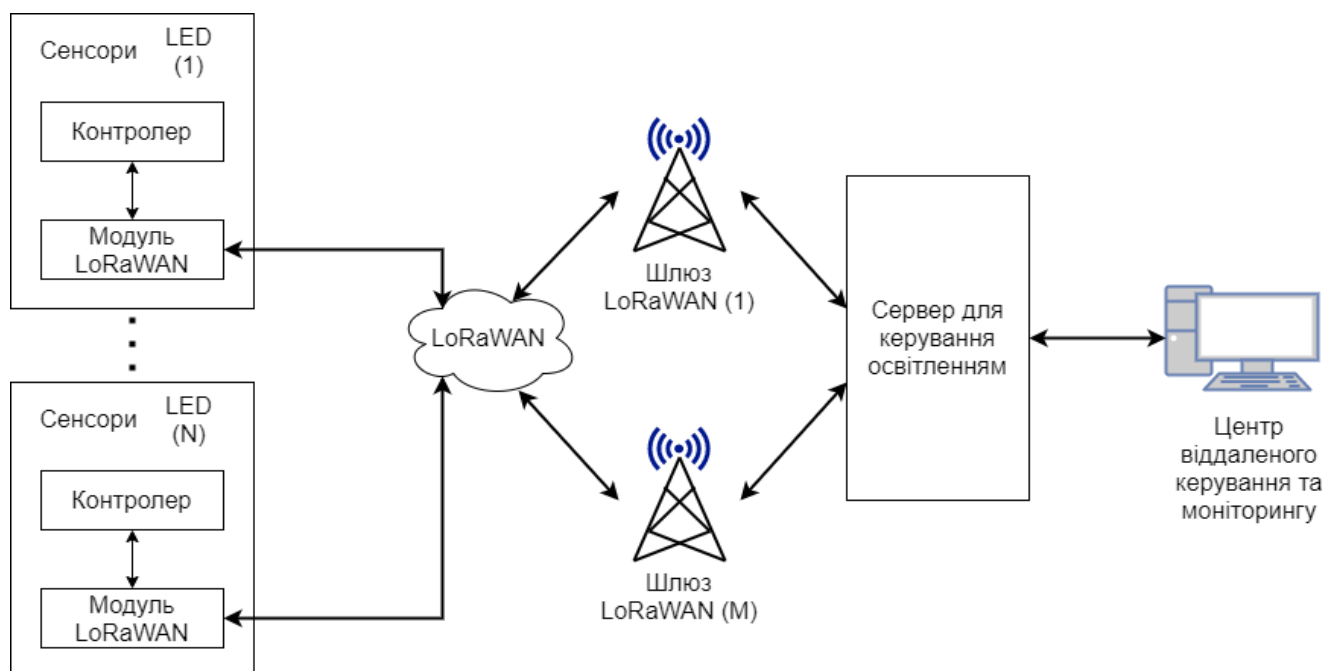


Рис. 3.1. Функціональна схема системи керування зовнішнім освітленням на основі технології LoRa

Запропонована схема включає в себе такі компоненти:

- сенсори рівня освітленості та руху;
- контролери LED;
- радіомодулі LoRaWAN;
- шлюз LoRaWAN;
- мережевий сервер;
- центр віддаленого керування та моніторингу.

Контролери LED використовуються для керування ОП. Сенсори збирають інформацію про рівень освітленості, інтенсивності руху на відповідній території і з визначеною періодичністю передають дані на шлюз через радіомодуль LoRaWAN. Кінцеві вузли виконують передавання даних на деякий невеликий проміжок часу, після чого відкриваються два канали для прийому керуючих команд від сервера.

Шлюз LoRaWAN використовуються для прийому даних через радіоканал від кінцевих вузлів та передає їх на сервер через IP-мережу. Кінцеві пристрої та шлюз LoRaWAN утворюють мережеву топологію типу «зірка». Шлюз має змогу опрацьовувати сигнали, які одночасно надходять декількома каналами.

Мережевий сервер отримує дані, регулює швидкість їх трансляції, виконує перевірку безпеки та планує підтвердження отримання через оптимальний шлюз. Він використовується для дистанційного управління мережею освітлювальних приладів. З його допомогою здійснюється прийом, аналіз, опрацювання та зберігання даних, які були прийняті від шлюзу.

Інфраструктура мережі передбачає наявність інтелектуальних ОП, які містять модулі для локального управління, давачі освітленості та руху, пристрої зв'язку та світлодіодні випромінювачі. Освітлювальні прилади можуть обмінюватися даними через шлюз за допомогою веб-додатку, можуть управлятися дистанційно. Передбачається, що вуличні ліхтарі будуть працювати в таких режимах роботи:

- у нічний час – всі інтелектуальні функції включені, освітлення території здійснюється на основі даних про наявність пішоходів або транспортних засобів; інтенсивність світла підтримується на мінімальному рівні, який задається в налаштуваннях;

- аварійний стан за замовчуванням – активується для забезпечення громадської безпеки у випадку пошкодження компонентів системи або втрати зв'язку. У цьому режимі всі інтелектуальні функції вимкнено, система працює як традиційна автономна система ВО.

Інтелектуальність проектованої системи досягається за рахунок застосування таких основних функцій:

- виявлення присутності транспортних засобів та пішоходів на контрольованій території;

- регулювання рівня яскравості ОП в залежності від часу доби, руху та погодних умов;

- забезпечення достатнього рівня яскравості освітлення відповідно до вимог безпеки;

- обмін інформацією та оповіщення віддаленого центру управління та контролю.

3.1.2. Структурна схема модуля для керування освітлювальними приладами.

На основі аналізу завдання, огляду аналогів запропонована структурна схема модуля керування ОП (рис. 3.2), який являє собою інформаційно-вимірний комплекс на основі мікроконтролера.

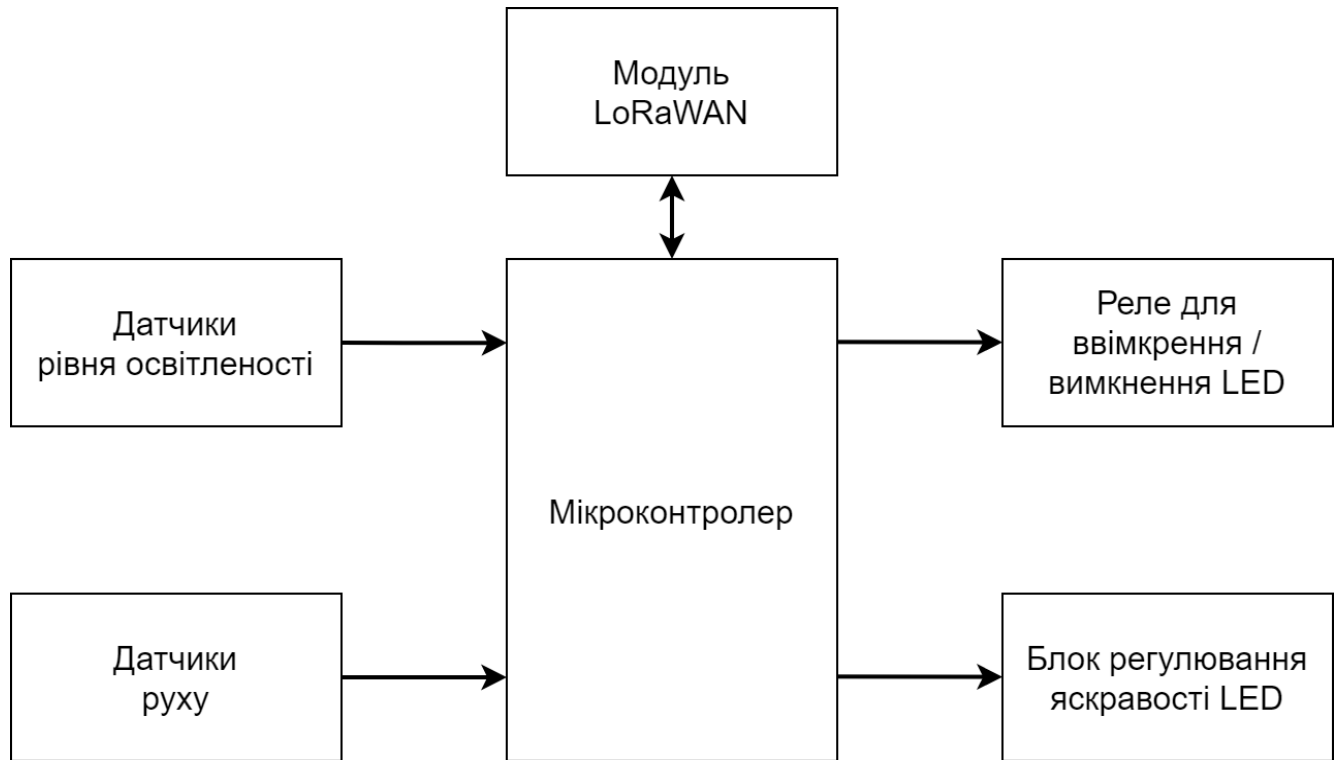


Рис. 3.2. Структурна схема модуля керування освітлювальними приладами

Модуль повинен відповідати таким вимогам:

- виконувати опитування датчиків рівня освітленості та руху;
- приймати та виконувати команди управління від центру віддаленого керування та моніторингу по бездротовому каналу зв'язку LoRa;
- передавати результати вимірювань до мережевого сервера з використанням мережевого протоколу LoRaWAN;
- вмикати, вимикати та здійснювати регулювання рівня яскравості ОП відповідно до запрограмованих алгоритмів або отриманих команд.

Передбачається, що пропонована система керування ЗО буде функціонувати в таких режимах роботи:

- автоматичний режим при підключенні до центру віддаленого управління та моніторингу, який дозволить керувати ОП за наперед визначеним алгоритмом, який задається системою управління або контролером, на основі показів датчиків;
- режим дистанційного керування освітленням за бажанням оператора, в якому оператор вручну активує необхідну зміну та встановлює режим роботи ОП, наприклад, в аварійній ситуації або під час ремонтно-технічних робіт;
- режим відключення з'єднання, який використовується для управління ОП за часом і показами датчиків; при виникненні проблеми пристрій, який вмикає освітлення, буде здійснювати управління відповідно до алгоритму, який запрограмований у модулі керування.

3.2. Обґрунтування вибору компонентів апаратної частини системи керування зовнішнім освітленням

3.2.1. Вибір мікроконтролера та радіомодуля LoRaWAN.

На сьогоднішній день на ринку представлено досить велику кількість мікросхем та налагоджувальних плат для роботи з технологією LoRa. В результаті огляду та порівняльного аналізу [31-36] пристроїв з можливістю підключення до мережі [37] LoRaWAN для розробки модуля керування освітлювальними приладами було обрано плату TTGO LoRa32 SX1276. Цей пристрій об'єднує можливості популярної платформи ESP32 і LoRa модему 868 МГц (рис. 3.3).

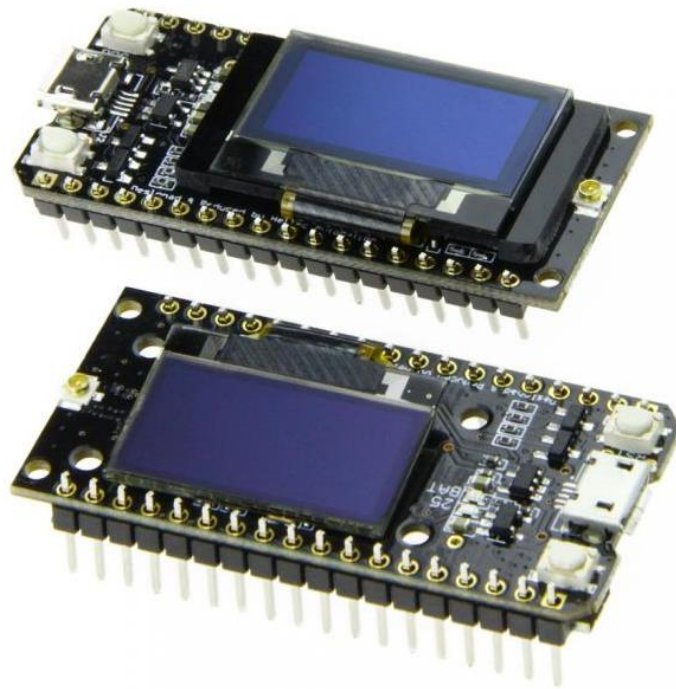


Рис. 3.3. Зовнішній вигляд модуля TTGO LoRa32 SX1276

Модуль TTGO LoRa32 SX1276 – це плата розробника ESP32 з вбудованим чіпом LoRa та 0,96-дюймовим OLED-дисплеєм SSD1306. Призначення виводів цієї плати наведено на рис. 3.4.

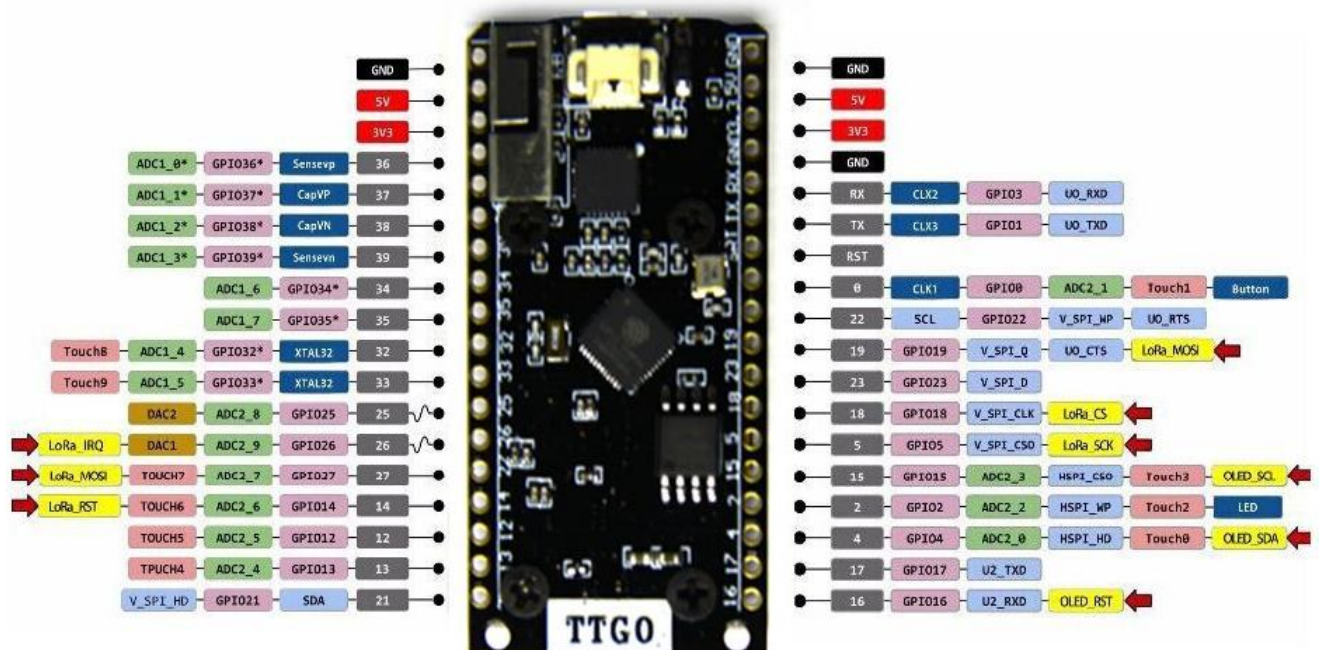


Рис. 3.4. Призначення виводів плати TTGO LoRa32 SX1276

На платі присутні кілька ліній GPIO для підключення периферійних пристроїв, кнопки PRG (BOOT) та RST, а також роз'єм для під'єднання літєвої батареї. Структурна схема мікроконтролера ESP32 наведена на рис. 3.5.

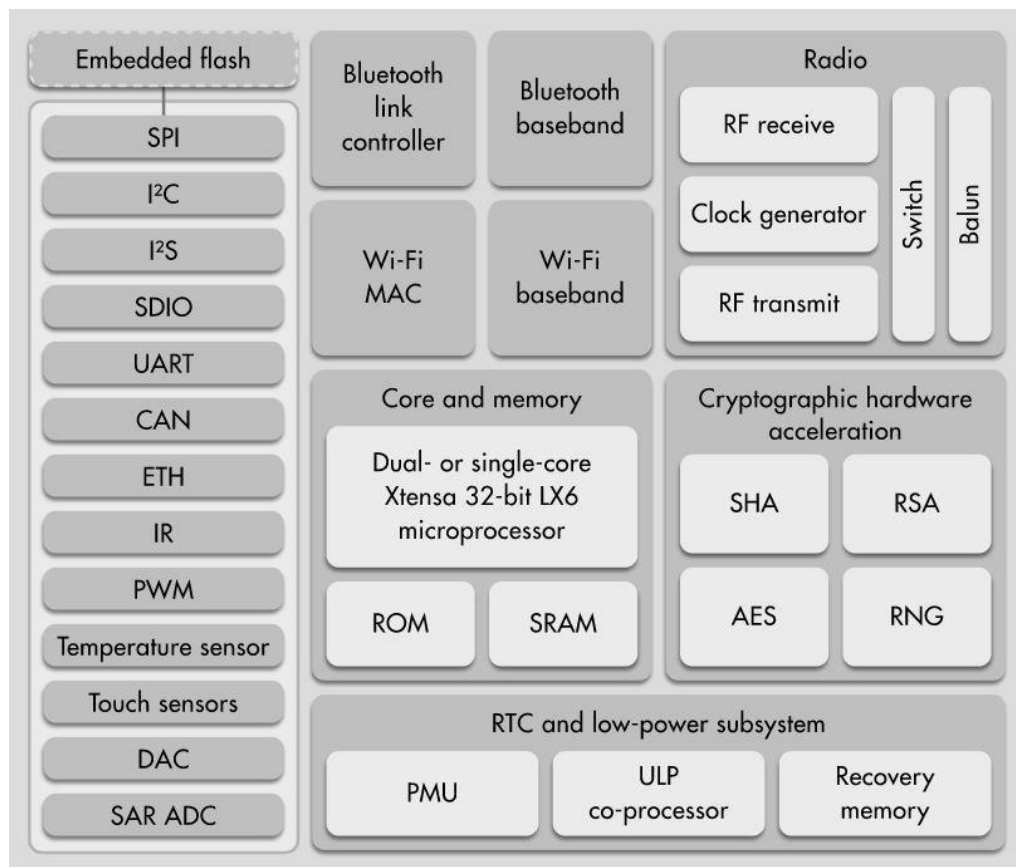


Рис. 3.5. Структурна схема мікроконтролера ESP32

Дисплей OLED обмінюється даними з керуючим ESP32 використовуючи для зв'язку протокол I²C. Тут застосовується наступне підключення: RST–GPIO16, SCL–GPIO15, SDA–GPIO4.

Мікросхема Semtech SX1276 працює в діапазонах частот, що не підлягають ліцензуванню: 433МГц і 868МГц. Передавання даних відбувається на швидкості 0,018–37,5 кілобіт за секунду. Використовуючи широкосмугову LoRa-модуляцію, запатентовану компанією Semtech, SX1276 має чутливість до -148dBm, і спільно з підсилювачем +20dBm дозволяє отримати оптимальний за параметрами канал зв'язку. У порівнянні з традиційними методами модуляції LoRa забезпечує компромісне рішення між такими параметрами як дальність передавання, захист від перешкод і енергоспоживання.

Схема електрична принципова під'єднання модуля SX1276 до мікроконтролера ESP32 представлена на рис. 3.6.

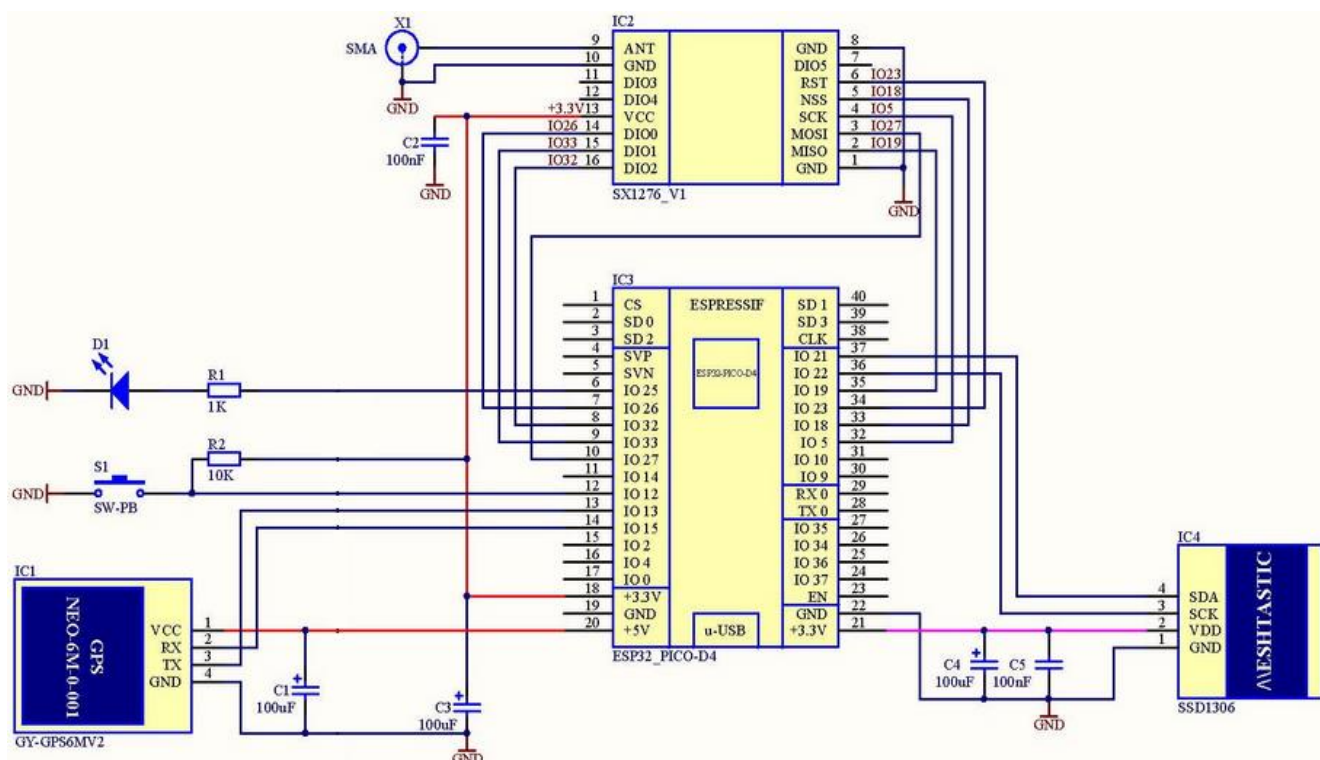


Рис. 3.6. Схема під'єднання модуля SX1276 до мікроконтролера ESP32

Мікросхема SX1276 LoRa обмінюється даними з ESP32, використовуючи інтерфейс SPI. Схема під'єднання виводів приведена в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Під'єднання виводів мікроконтролера ESP32 і мікросхеми SX1276

Виводи мікросхеми SX1276 LoRa	Виводи мікроконтролера ESP32
RST	IO14
IRQ	IO26
CS	IO18
SCK	IO5
MOSI	IO27
MISO	IO19

Внутрішня структура мікросхеми SX1276 LoRa зображена у вигляді блок-схеми на рис. 3.7.

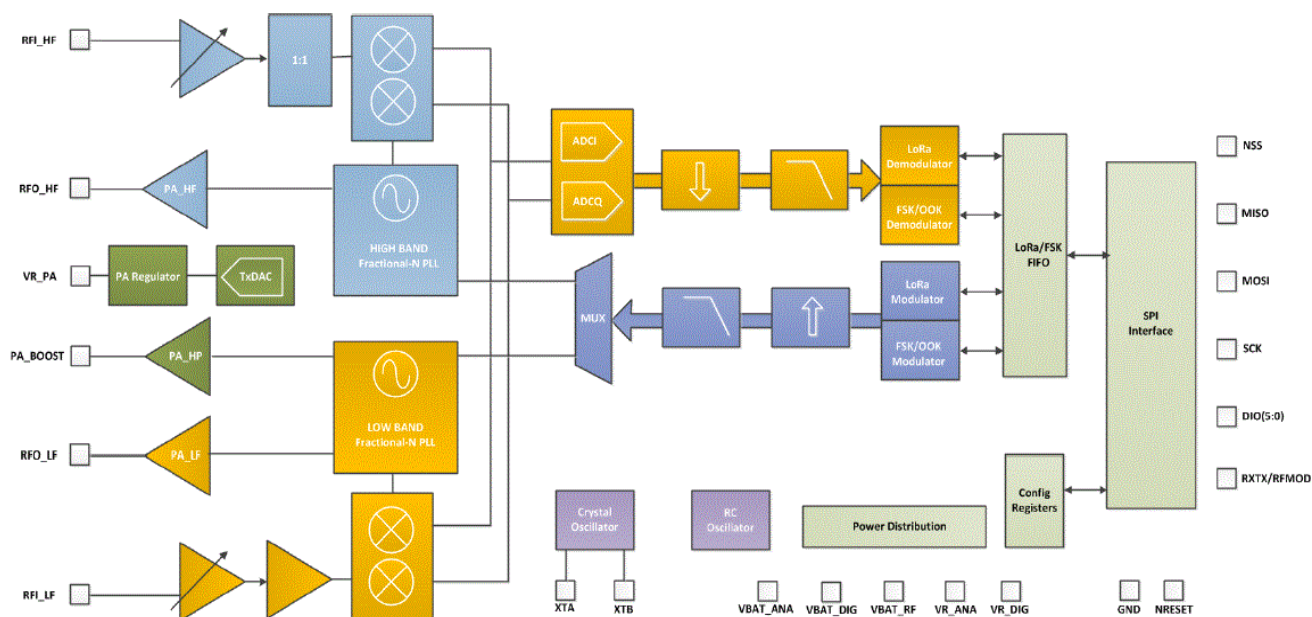


Рис. 3.7. Структурна схема мікросхеми SX1276 LoRa

3.2.2. Вибір давача освітленості.

Модуль давача GY-49MAX44009 (рис. 3.8) має широкий діапазон вимірювання рівня освітленості, який становить від 0,045 до 188000 люкс із роздільною здатністю двадцять два біти. Спектральний діапазон сенсора оптимізований до спектра людського ока. Давач видає результати вимірювання в цифровому вигляді з використанням інтерфейсу I²C.



Рис. 3.8. Зовнішній вигляд модуля датчика освітленості GY-49 MAX44009

Схема електрична принципова модуля датчика освітленості GY-49MAX44009 наведена на рис. 3.9.

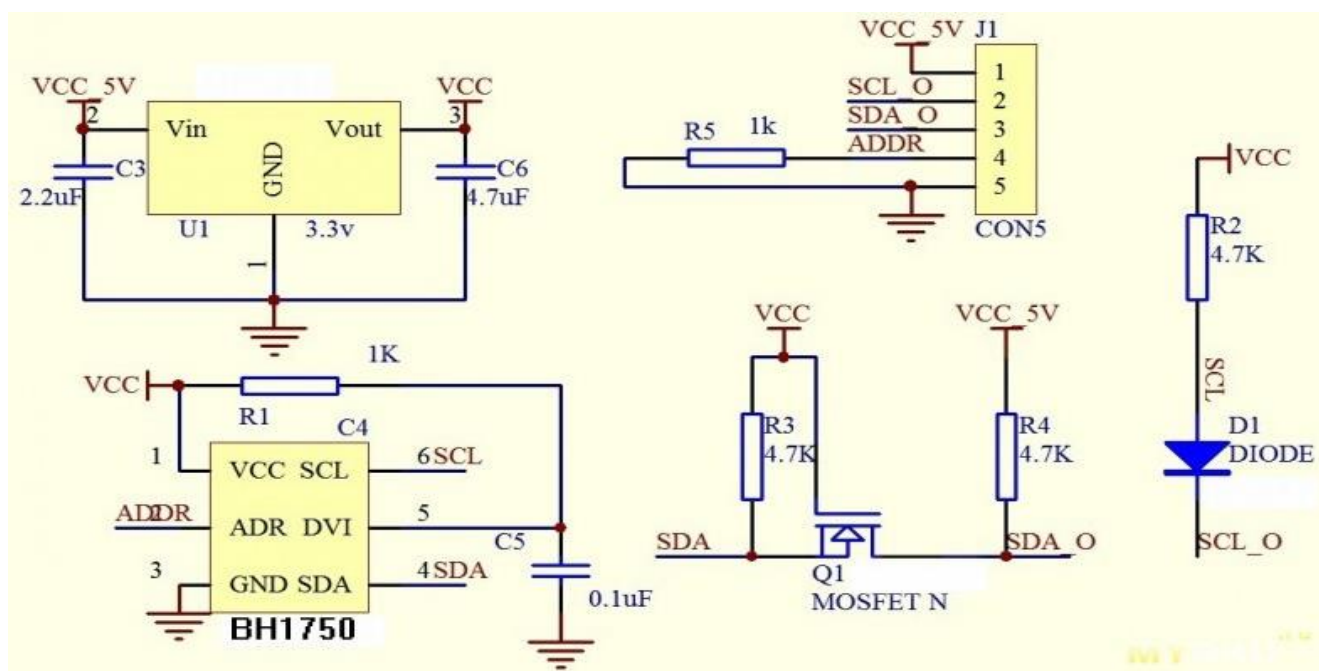


Рис. 3.9. Схема електрична принципова модуля давача GY-49 MAX44009

3.2.3. Вибір давача руху.

Для визначення наявності транспортних засобів чи людей в зоні дії ОП було обрано інфрачервоний давач руху HC-SR501. До його складу входить чутливий елемент PIR 500BP з додатковою електророзв'язкою на базі мікросхеми BISS0001 та лінза Френеля, яка призначена для підсилення інфрачервоного сигналу та збільшення радіусу огляду (рис. 3.10). Модуль застосовується для виявлення рухомих об'єктів, які генерують інфрачервоне випромінювання. Принцип роботи чутливого елемента PIR500BP базується на піроелектричному ефекті – появи електричного поля в кристалах внаслідок зміни їхньої температури.

Мікросхема BISS0001 здійснює керування роботою давача. На платі розміщені два потенціометри. Перший дозволяє налаштувати дистанцію виявлення рухомих об'єктів (діапазон – від 3 до 7 метрів). Другий потенціометр дає змогу регулювати тривалість затримки після першого спрацювання давача (від 5 до 300 секунд).

Модуль може працювати в двох режимах – L та H, які можна встановити за допомогою перемички. L – режим одиничного спрацьовування, при виявленні рухомого об'єкта, на виході давача OUT генерується високий рівень сигналу на період затримки, який встановлений другим потенціометром. Впродовж цього часу давач не реагує на рухомі об'єкти. Таким режимом можна користуватися в охоронних системах для ввімкнення сигналу тривоги. У режимі H давач спрацьовує кожного разу як тільки рухомий об'єкт буде виявлений. Цей режим доцільно застосовувати для ввімкнення ОП. Одразу після включення модуля здійснюється його калібрування, тривалість якого приблизно дорівнює одній хвилині, після чого давач переходить в робочий режим.



Рис. 3.10. Зовнішній вигляд давача руху HC-SR501

Таблиця 3.2

Технічні характеристики датчика руху HC-SR501

Назва характеристики	Значення
Струм споживання	50мА
Вхідна напруга	від 4,5В до 20В
Рівень напруги на виході OUT	HIGH – 3,3В, LOW – 0В
Тривалість затримки після спрацьовування	5 – 300 секунд
Тривалість блокування до наступного вимірювання	2,5 секунд
Інтервал виявлення рухомого об'єкта	від 3 до 7 метрів
Кут спостереження	до 120
Режими роботи	H – спрацьовування при кожній події, L – одиничне спрацьовування

Схема електрична принципова давача руху HC-SR501 наведена на рис. 3.11.

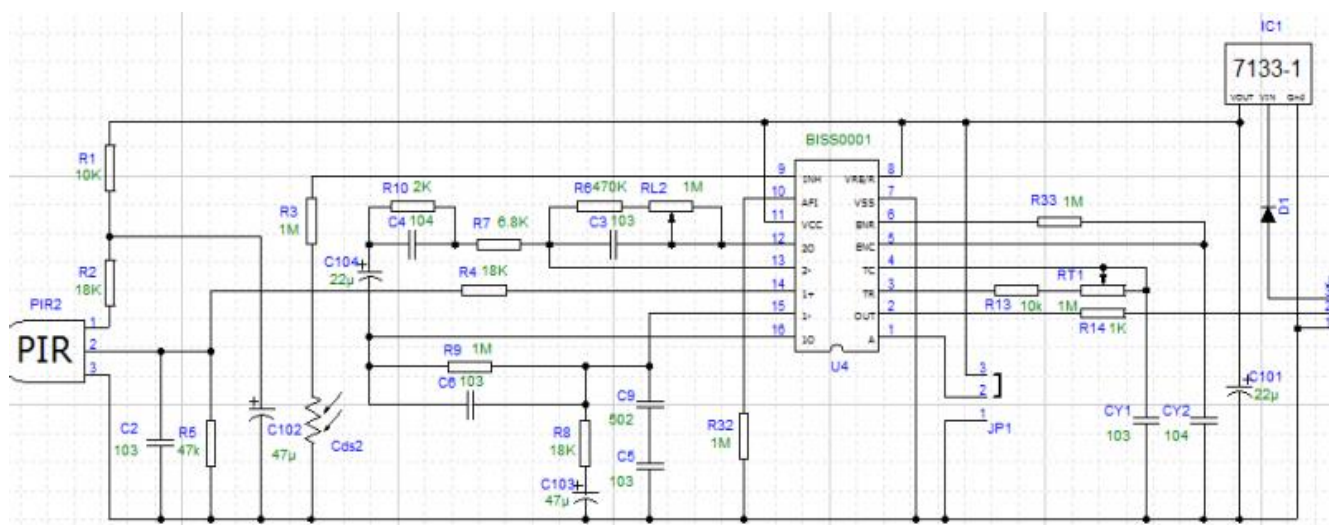


Рис. 3.11. Схема електрична принципова датчика руху HC-SR501

3.3. Розробка програмного забезпечення

3.3.1. Алгоритми роботи системи.

Система керування ЗО відповідає за регулювання яскравості світлодіодних ліхтарів на основі аналізу інтенсивності руху транспортних засобів та пішоходів. Для контролю застосовуються давачі руху, які реалізують алгоритм виявлення рухомих об'єктів на контрольованій території. У випадку виявлення руху генерується команда, яка передається ОП на ділянці вулиці, яка знаходиться під спостереженням. Якщо рух не виявлений, мікроконтролер перемикає ОП на мінімальні значення рівня освітленості.

Модуль керування освітленням також відповідає за регулювання рівня освітлення в залежності від умов навколишнього середовища; виявлення аномальної поведінки у мережі, при пошкодженні ОП. При виникненні аномальних умов генерується подія, яка передається на віддалений веб-сервер та вмикає аварійний режим роботи. На рис. 3.12 зображена блок-схема алгоритму роботи програми для мікроконтролера модуля керування ЗО.

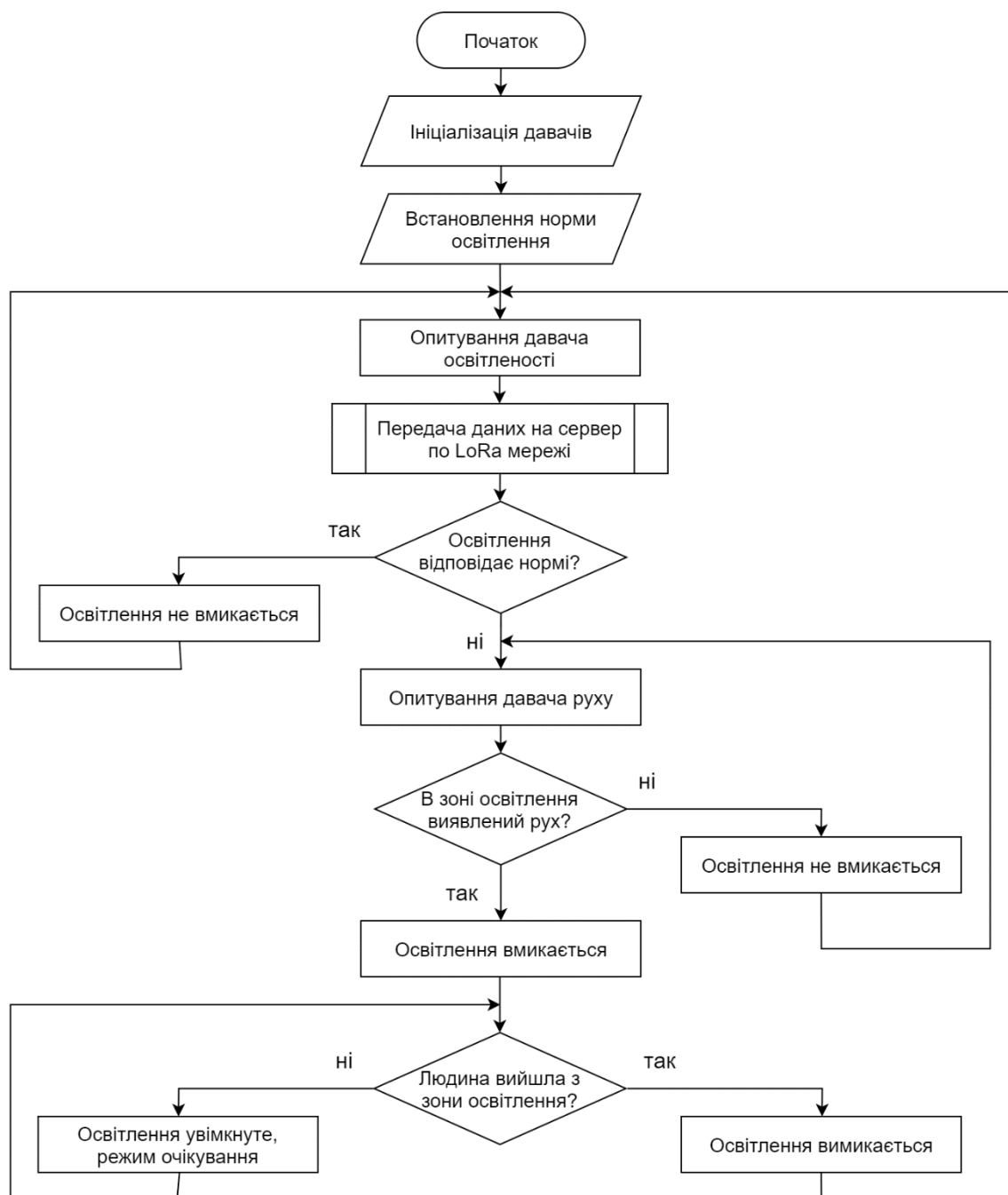


Рисунок 3.12 – Блок-схема алгоритму роботи програми для модуля керування освітлювальними приладами

Робота програми починається з ініціалізації периферійних пристроїв мікроконтролера та модуля LoRa. Перед початком роботи пристрою потрібно програмно задати пороговий рівень освітлення робочої території. Це можна зробити дистанційно з центру віддаленого керування та моніторингу. Наприклад, рівень штучного освітлення вулиць при використанні світлодіодних ліхтарів повинен складати приблизно 400лк.

В головному циклі здійснюється зчитування інформації, отриманої від давачів освітлення та руху. В залежності від встановленого порогового значення рівня освітлення, в процесі опитування давача GY-49MAX44009, система буде приймати рішення про вимкнення чи ввімкнення освітлювального ОП, або про регулювання рівня яскравості світлового потоку.

За умови наявності достатнього рівня освітлення на контрольованій території система не вмикатиме ОП. Однак, за необхідності додаткове освітлення може бути ввімкнене вручну. Така можливість передбачена як безпосередньо на модулі керування так і дистанційно з центру віддаленого керування та моніторингу.

Якщо рівень освітлення знаходиться за межами норми, то модуль керування здійснюватиме опитування давача руху HC-SR501, якщо в зоні охоплення давача присутності перебуває транспортний засіб чи людина то ОП будуть вмикатись в автоматичному режимі. Після цього давач руху автоматично переходить в режим очікування, поки об'єкт не вийде з контрольованої зони, що призводить до вимкнення ОП. Після цього функціонування модуля знову починається із зчитування показів давача освітлення.

3.3.2. Опис програмних функцій та модулів.

Для написання програмного коду для мікроконтролера ESP32, який реалізовуватиме запропонований алгоритм, було обрано середовище розробки Arduino IDE.

Для коректної роботи з платою TTGO LoRa32 було встановлено кілька сторонніх бібліотек. В першу чергу було додано бібліотеку для роботи з LoRa модулем «LoRa.h» та бібліотеку для SPI інтерфейсу «SPI.h». Крім того, для роботи з давачем освітленості було додано бібліотеку «MAX44009.h». Бібліотеки «Adafruit_GFX.h», «Adafruit_SSD1306.h» та «Wire.h» використовувались для відображення даних на OLED дисплеї.

Для мікроконтролера плати TTGO LoRa32 було написане програмне забезпечення, яке реалізовує алгоритм роботи модуля керування ОП (див. рис. 3.12). Фрагмент коду для підключення бібліотек та призначення виводів мікросхеми SX1276 LoRa, а також давача освітленості MAX44009 представлений на рис. 3.13.

```
//Libraries for LoRa
#include <SPI.h>
#include <LoRa.h>
#include <Wire.h>
#include <MAX44009.h>
#include "SSD1306.h"

//define the pins used by the LoRa transceiver module
#define SCK      5    // GPIO5  -- SX1278's SCK
#define MISO     19   // GPIO19 -- SX1278's MISO
#define MOSI     27   // GPIO27 -- SX1278's MOSI
#define SS       18   // GPIO18 -- SX1278's CS
#define RST      14   // GPIO14 -- SX1278's RESET
#define DI0      26   // GPIO26 -- SX1278's IRQ (Interrupt Request)

//433E6 for Asia
//866E6 for Europe
//915E6 for North America
#define BAND 866E6
```

Рис. 3.13. Лістинг коду для підключення бібліотек та призначення виводів мікросхеми SX1276 LoRa

Фрагмент коду функції `setup()` для ініціалізації мікросхеми SX1276 LoRa наведений на рис. 3.14.

```

SPI.begin(SCK,MISO,MOSI,SS);
LoRa.setPins(SS,RST,DI0);
if (!LoRa.begin(433E6)) {
  Serial.println("Starting LoRa failed!");
  while (1);
}
Serial.println("init ok");

```

Рис. 3.14. Лістинг коду для ініціалізації мікросхеми SX1276 LoRa

Фрагмент коду процедури loop() для надсилання пакета даних в мережу LoRaWAN наведений на рис. 3.15.

```

// send packet
LoRa.beginPacket();
LoRa.print(LoRa_Data);
LoRa.print(counter);
LoRa.endPacket();

```

Рис. 3.15. Лістинг коду для надсилання повідомлення LoRa

В результаті успішного надсилання пакета даних в мережу LoRaWAN було виведене повідомлення на OLED дисплеї (рис. 3.16).



Рис. 3.16. Результат надсилання інформаційного пакета модулем TTGO LoRa32

Для тестування працездатності спроектованої системи в ролі LoRa шлюзу був використаний ще один модуль TTGO LoRa32. Як вже було зазначено (див. рис. 3.5) цей пристрій побудований на базі мікроконтролера ESP32, а тому має вбудований WiFi модуль. Це дає змогу використовувати його в якості одноканального шлюзу LoRa мережі. Цей вибір був обґрунтований тим, що вартість такого рішення є суттєво нижчою за аналогічні варіанти. Як альтернатива розглядався LoRa шлюз на базі мікрокомп'ютера Raspberry Pi та модуля RAK831.

Для мікроконтролера плати TTGO LoRa32, що використовується в цьому проекті в ролі LoRa шлюзу, було написано програмне забезпечення, яке реалізовує алгоритм отримання даних з мережі LoRa та надсилання їх до мережевого сервера. Фрагмент коду процедури loop() для отримання пакета даних з мережі LoRaWAN наведений на рис. 3.17.

```
int packetSize = LoRa.parsePacket();  
if (packetSize) { cbk(packetSize); }  
delay(10);
```

Рис. 3.17. Лістинг коду для отримання повідомлення з мережі LoRa

В результаті успішного прийому пакета даних з мережі LoRaWAN було виведене інформаційне повідомлення на OLED дисплеї (рис. 3.18).



Рис. 3.18. Результат отримання інформаційного пакета модулем TTGO LoRa32

Для того, щоб мати змогу використовувати модуль TTGO LoRa32 як шлюз було підключено бібліотеку «ESP-sc-gway.h». Перед використанням у файл бібліотеки були внесені зміни для налаштування початкових параметрів шлюзу. В подальшому ці налаштування можна змінювати з використанням веб-інтерфейсу на сторінці ESP Gateway Config (рис. 3.19).

ESP Gateway Config

Version: V3.3.2.14 180707h
 ESP alive since Wednesday 1-8-2018 18:23:11, Uptime: 0:00:01:01
 Current time: Wednesday 1-8-2018 18:26:39

Stat | Log

Package Statistics

Counter	C 0	C 1	C 2	Pkgs	Pkgs/hr
Packages Downlink				0	
Packages Uplink Total				4	69
Packages Uplink OK				2	
SF7 rcvd	2	0	0	2	50 %
SF8 rcvd	2	0	0	2	50 %
SF9 rcvd	0	0	0	0	0 %
SF10 rcvd	0	0	0	0	0 %
SF11 rcvd	0	0	0	0	0 %
SF12 rcvd	0	0	0	0	0 %

Message History

Time	Node	C	Freq	SF	pRSSI
Wednesday 1-8-2018 18:26:34	26 02 11 f4	0	905700000	7	-22
Wednesday 1-8-2018 18:26:28	26 02 11 f4	0	905700000	7	-22
Wednesday 1-8-2018 18:25:11	26 02 16 76	0	905700000	8	-107
Wednesday 1-8-2018 18:23:11	26 02 16 76	0	905700000	8	-107

Gateway Settings

Setting	Value	Set
CAD	ON	ON OFF
HOP	OFF	ON OFF
SF Setting	AUTO	
Channel	0	- * *
Debug level	2	- * *
Debug pattern	SCN CAD RX TX	
	PRE MAI GLE SDO	
Usb Debug	2	
Framecounter Internal Sensor	592	RESET

Рис. 3.19. Вікно ESP Gateway Config веб-інтерфейсу для зміни параметрів налаштувань шлюзу на базі модуля TTGO LoRa32

3.3.3. Підключення до мережевого сервера.

Важливим аспектом інтелектуальної системи керування ЗО є можливість віддаленого управління та моніторингу. Для проєктованої системи як мережевий веб-сервер було обрано безкоштовну онлайн платформу The Things Network [38].

Після створення облікового запису в платформі The Things Network було виконано реєстрацію створеного LoRa шлюзу (рис. 3.20).

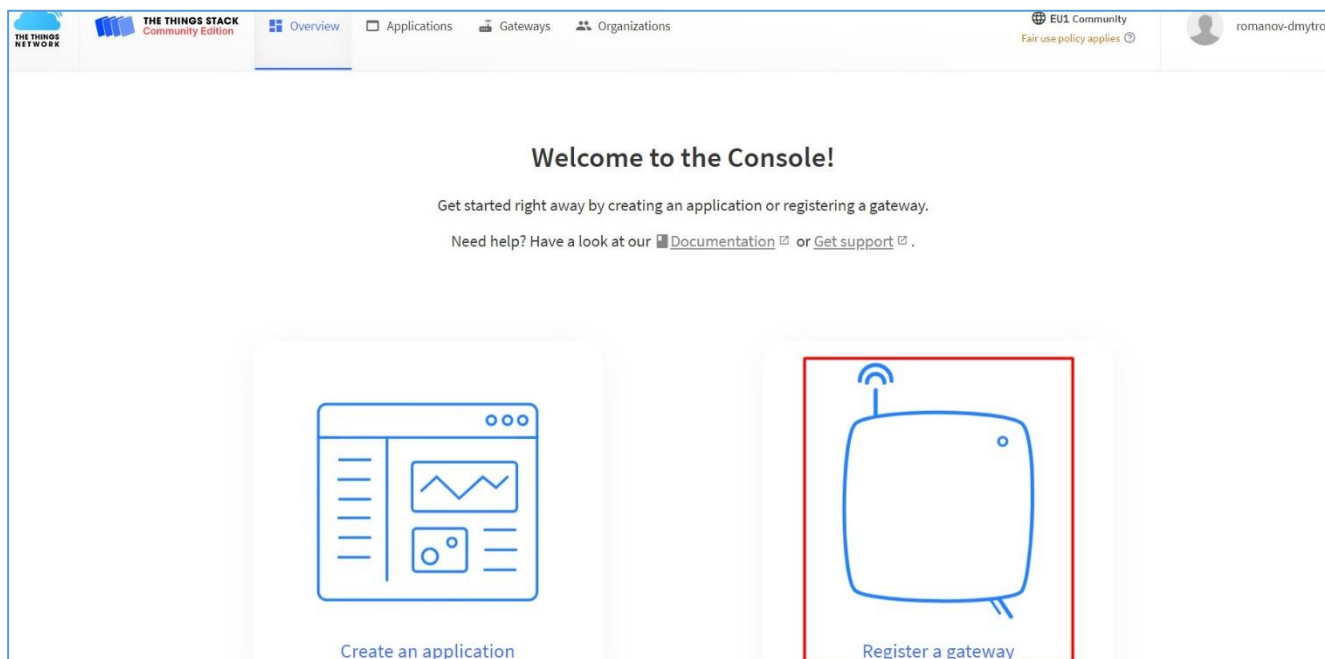


Рис. 3.20. Процес реєстрації LoRa шлюзу в платформі The Things Network

Після цього був створений додаток для системи керування ЗО в платформі The Things Network (рис. 3.21), який надає можливість:

- керувати обліковим записом;
- контролювати та управляти мережею ОП;
- здійснювати моніторинг показів давачів.

Веб-додаток забезпечує доступ до налаштувань системи ЗО. Наприклад, в ньому можна задати діапазон зміни рівня освітленості для усіх вуличних ліхтарів. Веб-додаток, який розроблений на платформі The Things Network, використовує протокол HTTPS і забезпечує шифрований зв'язок та безпечне з'єднання між віддаленими користувачами та веб-сервером.

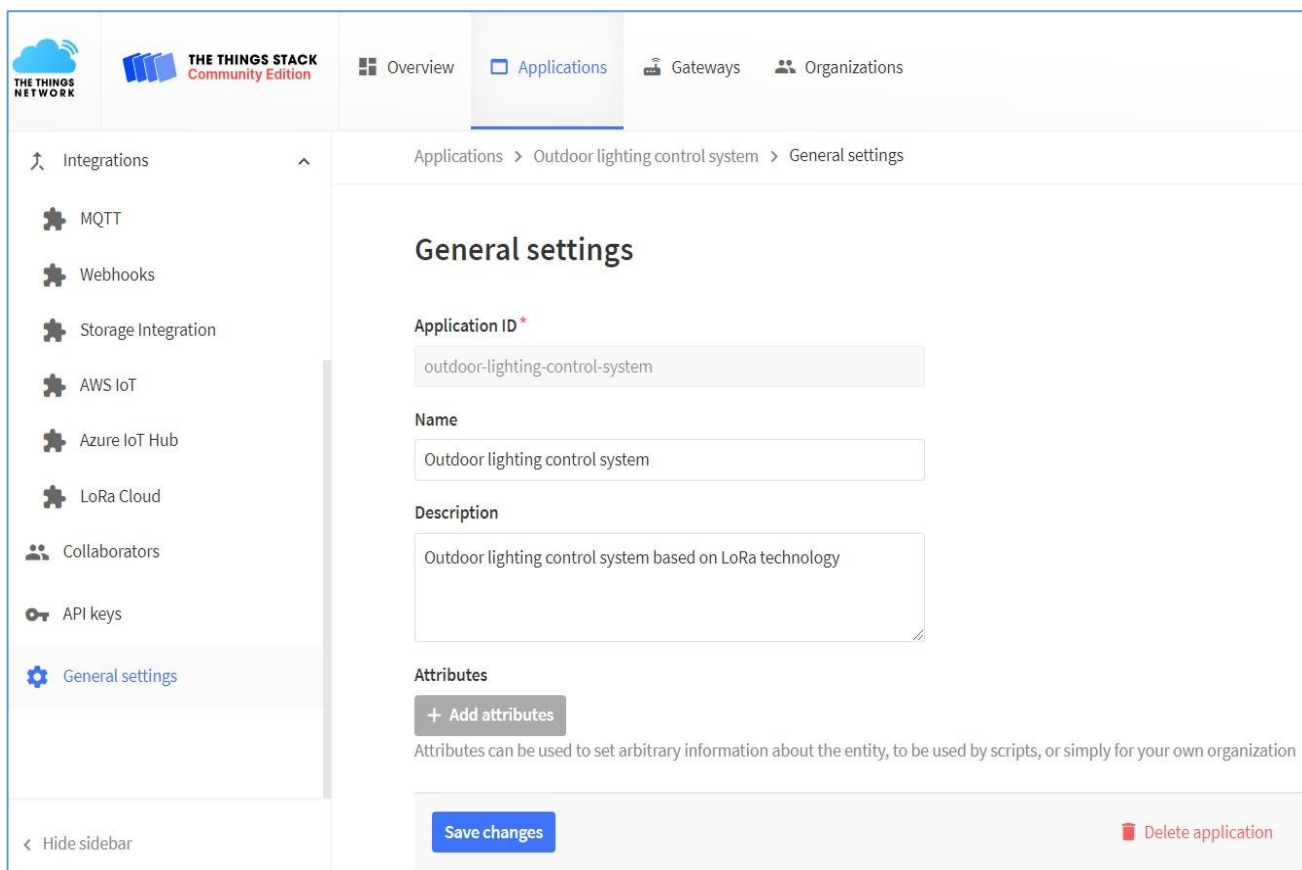


Рис. 3.21. Процес створення додатку для системи керування зовнішнім освітленням в платформі The Things Network

Запропонована система керування ЗО розроблена на основі концепції IoT таким чином, щоб у майбутньому її можна було використовувати як елемент міської інфраструктури, в якій кожен освітлювальний пристрій виконував би роль активного компонента нової послуги «розумного міста» (наприклад, моніторинг стану навколишнього середовища, управління енергоспоживанням, тощо).

Загальна архітектура системи може масштабуватися, допускає збільшення своєї функціональності завдяки підключенню нових інтелектуальних пристроїв IoT. Система дозволяє отримати значну економію електроенергії, порівняно з традиційними засобами ВО. Завдяки цьому, капіталовкладення в розробку та впровадження інтелектуальних систем зовнішнього освітлення можуть окупитися за короткий проміжок часу.

3.4. Висновки до розділу 3

У третьому розділі кваліфікаційної роботи було синтезовано функціональну автоматизованої системи для керування зовнішнім освітленням. Розроблено структурну та електричну принципову схему блока керування на базі модуля TTGO LoRa32 SX1276. Розроблено алгоритми функціонування основних програмних функцій блоку моніторингу та створено програмне забезпечення для проєктованої системи.

Розроблена система керування ЗО має такі основні переваги:

- зниження витрат на електроенергію завдяки ефективнішому контролю роботи ОП;
- забезпечення адаптивного процесу освітлення для підвищення безпеки населення під час важливих подій або у районах з високою інтенсивністю руху;
- дані, отримані від датчиків ВО можуть сприяти зменшенню витрат на технічне обслуговування та експлуатацію ОП;
- інтелектуальна система ВО може поєднуватися з електричною системою та іншими елементами інфраструктури «розумного міста».

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Охорона праці

В кваліфікаційній роботі магістра представлено систему для керування зовнішнім освітленням на базі технології LoRa. Враховуючи потенційні небезпечні ситуації, які може спричинити дана комп'ютеризована система, для їх уникнення, необхідно дотримуватись всіх правил охорони праці та техніки безпеки.

Робоче місце працівника, що проводить теоретичне дослідження, виробництво, калібрування систем керування освітлювальними приладами, можна прирівняти до робочих місць у приміщеннях конструкторських бюро (КБ).

Згідно ГОСТ 12.0.003-74, при роботі працівник може піддаватися таким небезпечним та шкідливим впливам [39]:

- небезпека ураження електричним струмом;
- підвищений рівень утворення пожежі в приміщенні;
- незадовільні параметри мікроклімату;
- електромагнітне випромінювання монітору;
- несприятлива освітленість;
- підвищений рівень шуму.

Електротравма – травма, яка спричинена дією на організм людини електричного струму і (або) електричної дуги. Працюючи з електричними компонентами КС слід дотримуватись комплексу заходів щодо забезпечення електробезпеки. Основними заходами для захисту від ураження електричним струмом є:

- забезпечення недоступності провідників, що знаходяться під напругою, від випадкового дотику;
- усунення небезпеки ураження з появою напруги на корпусах, в кожухах та ін. частинах електроустаткування, що досягається застосуванням малих напруг, використанням подвійної ізоляції, захисним зануленням, захисним відключенням.

Доцільним є застосування занулення мережі. Занулення – це навмисне з'єднання з нульовим захисним проводом металевих струмоведучих частин, що можуть виявитися під напругою.

Відповідно до ДБН В.1.1.7-2016 усі виробництва поділяють на пожежо-, і вибухонебезпечної категорії. Дане приміщення відноситься до категорії Д.

Мікроклімат у приміщенні, де проводяться роботи, нормується відповідно до ДСН 3.3.6.042-99. Умови, що визначають стан повітря робочої зони, характеризуються:

- температурою навколишнього повітря;
- відотною вологістю;
- швидкістю руху повітря.

Оптимальні показники мікроклімату, які необхідно забезпечити у приміщеннях, де експлуатуються ПК у теплу пору року повинні становити: температура – +22 - +24°C, відносна вологість – 40-60 %, швидкість руху повітря 0,1 м/с [39].

На робочому місці розробника системи для керування зовнішнім освітленням необхідно забезпечити дотримання вимог НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» [40].

Основними вимогами, визначеними у цьому нормативному документі є:

- площу та об'єм для одного робочого місця оператора визначають згідно з вимогами ДСанПіН 3.3.2-007-98. Площа має бути не менше 6,0 кв.м, об'єм – не менше 20,0 куб.м;
- заземлені конструкції, що знаходяться в приміщеннях, де розміщені робочі місця операторів (батареї опалення, водопровідні труби, кабелі із заземленим відкритим екраном), мають бути надійно захищені діелектричними щитками або сітками з метою недопущення потрапляння працівника під напругу;
- приміщення, де розміщені робочі місця операторів, крім приміщень, у яких розміщені робочі місця операторів великих ЕОМ загального призначення (сервер), повинні бути оснащені системою автоматичної пожежної сигналізації.

Заходи для захисту від випромінювань:

- застосування захисних екранів;
- застосування спеціальних екранів зі слабким випромінюванням;
- застосування монохромних або рідкокристалічних екранів.

Природне освітлення приміщення здійснюється бічним світлом через світлові пройми в зовнішніх стінках (вікна), а штучне - утворюване електричними лампами. Використовується також суміщене освітлення - при якому у світлий час доби, коли недостатньо за нормами природного освітлення, додається штучне.

Для забезпечення високої освітленості на робочих поверхнях застосовують комбіноване освітлення, якщо застосування загального освітлення неекономічне. Виробниче освітлення нормується ДБН В.2.5-28-2018. Використовуване приміщення належить до приміщень І групи за зоровою роботою.

При розробці системи для керування зовнішнім освітленням на базі технології LoRa враховані всі вимоги охорони праці, техніки безпеки та техніки безпеки.

4.2. Застосування основних способів та засобів в ході проведення невідкладних аварійно-рятувальних робіт на промисловому підприємстві

Аварійно-рятувальні роботи (АРР) на промисловому підприємстві – це першочергові заходи на території, де сталася надзвичайна ситуація (НС), з пошуку і рятування персоналу, матеріалів та устаткування, що має суттєву матеріальну цінність, сукупність робіт по обмеженню та гасінню пожеж, аварійного відключення джерел рідкого палива, газу, електроенергії та води, та, в тому числі, надання потерпілим працівникам невідкладної допомоги медичного характеру і в разі потреби їх евакуації в спеціалізовані медичні установи поза зоною проведення АРР [41].

Невідкладні роботи – це заходи першочергового характеру на території, де сталася надзвичайна ситуація, із всебічного забезпечення АРР, усунення окремих вогнищ (причин) підвищеної небезпеки, локалізації аварій і ушкоджень на

енергетичних мережах, надання першочергової допомоги медичного характеру, забезпечення мінімальних умов для персоналу, а також роботи по санітарній очистці та знезараженню територій.

Надзвичайна ситуація (НС) на промисловому підприємстві - це подія на виробничому об'єкті, яка сталася внаслідок техногенної трощі, метеоявища небезпечної характеру, катастрофи, катаклізму, викликаному природною стихією, що може викликати або вже призвела до смерть людей, погіршення здоров'я персоналу або довкіллю, суттєві грошові втрати і негативний вплив на життєдіяльність працівників [42].

Область НС – це територія, де сталася така ситуація.

Аварійно-рятувальні та інші невідкладні заходи (АРІНР) на підприємстві включають в себе три етапи:

1. Вжиття екстрених заходів:

1.1. Екстрений захист працівників:

– своєчасне інформування посадових осіб і уповноважених служб про загрозу настання НС і її розвитку, а також інструктаж працівників про порядок дій у екстреній ситуації;

– використання засобів захисту, впорядковане вилучення працівників із території, де трапилась НС в безпечні місця, введення встановлених режимів поведінки, проведення заходів медичного захисту;

– розшук та вилучення постраждалих та надання їм медичної допомоги.

1.2. Запобігання розвитку і зменшення небезпечних впливів НС:

– локалізація аварії;

– перекриття і глушіння (припинення дії) джерела небезпечних речовин;

– припинення (екстрене відключення) технологічних процесів.

1.3. Підготовчий етап виконання робіт:

– мобілізація служб міської ланки територіальної організації попередження і дій при виникненні НС;

– попередня оцінювання ситуації і координування комплексного обстеження в зоні НС;

- виїзд оперативних груп сил міського та окружних ланок територіальної підсистеми до місця НС;

- вирішення питання початку АРІНР.

2. Виконання АРІНР:

- переміщення в область, де сталася НС, засобів проведення АРІНР відповідно до вирішеного питання;

- безпосереднє виконання робіт аварійно-рятувального характеру і інших невідкладних робіт;

- виведення спецзасобів із зони НС, по завершенні АРІНР і переміщення їх до вихідної точки.

3. Ліквідація збитків, спричинених НС:

- роботи по першочерговому життєзабезпечення постраждалого персоналу;

- роботи з відновлення діяльності об'єктів постраждалих при НС (здійснюються силами об'єктів, постраждалих внаслідок НС).

АРІНР вважаються завершеними, коли закінчується розшук потерпілих, медична, психологічна та інша допомога їм, упередження загрози виникнення нових вогнищ уражень.

Рятування персоналу при виникненні НС на підприємстві являється одним із найбільш важливим при проведенні АРІНР і включає в себе сукупність мір по виведенню працівників із області, де виявлені шкідливі фактори впливу НС та їх похідні або захищення працівників від дії таких факторів, у т. ч. застосовуючи засоби індивідуального захисту та укриття.

Способами, що використовуються в основному для порятунку працівників, матеріалів і обладнання є [43]:

- переміщення їх у безпечне місце, у тому числі з використанням спеціальних технічних засобів;

- захист від впливу небезпечних факторів надзвичайної ситуації

Для порятунку працівників потрібно обрати найбезпечніші напрямки і методи. Вивезення потерпілих у безпечну локацію проводиться із розрахунку умов, в яких відбувається ліквідація НС і важкості їх ураження [44].

Засобами, що використовуються в основному для порятунку працівників, матеріалів і обладнання є [45]:

- аварійно-рятувальне обладнання і механізми: гідравлічне аварійно-рятувальне обладнання, ремені, обладнані карабінами; різальний інструмент у газовому полум'ї оснащений різакон, напірним рукавом, редуктором і газовим балоном (бензорізи, газозварювальні апарати тощо), ломи, кувалди, лопати, кірки-мотики важкі, сокири, пилки, підйомні засоби (включно з лебідками, домкратами тощо), мотузки, окуляри захисної дії, освітлювальні пристрої, бензо- і електропилки та ін.

- рятувальне обладнання (рятувальні рукави, канати, плетені драбини та індивідуальні засоби порятунку), засоби захисту, дрони та квадрокоптери, плавзасоби;

- стаціонарні та ручні драбини, що використовуються в якості пожежного інвентарю, тощо; автопідйомники та драбини на базі автомобілів та інші доступні рятувальні засоби.

4.3. Висновки до розділу 4

В даному розділі описані актуальні питання щодо охорони праці та забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях. Була опрацьована інформація стосовно комплексу заходів щодо забезпечення електробезпеки під час розробки проєктованої системи. Також, розглянуто питання щодо застосування основних способів та засобів в ході проведення невідкладних аварійно-рятувальних робіт на промисловому підприємстві.

ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній роботі розв'язана важлива науково-технічна задача розроблення системи для керування ЗО на основі технології LoRa.

1. Виконано огляд наукової літератури за темою дослідження, проаналізовано сучасні розробки в галузі керування ЗО, визначено їх сильні і слабкі сторони.

2. Обґрунтовано вибір технології передавання даних для системи керування ЗО та здійснено розрахунок пропускної здатності і ємності мережі LoRaWAN.

3. Синтезовано структуру системи керування ЗО.

4. Здійснено вибір компонентів проекрованої системи та розроблено апаратне забезпечення модуля для керування ОП.

5. Розроблено алгоритмічне та програмне забезпечення для системи управління ЗО.

Створена система дозволяє здійснювати дистанційне керування міським освітленням з урахуванням реальних експлуатаційних умов, та, на підставі отриманих даних, підвищити енергоефективність роботи ОП.

Впровадження запропонованої автоматизованої системи керування зовнішнім освітленням на основі технології LoRa дозволить підвищити надійність роботи ОП та забезпечити суттєву економію електроенергії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Жураковський Б. Ю., Зенів І. О. Технології інтернету речей. Навчальний посібник: навч. посіб. Для студ. спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології», спеціалізація «Інформаційне забезпечення робототехнічних систем». КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. 2021. 271 с.
2. Синєглазов В. М., Тупіцин М. Ф., Прокопчук М. А. Автоматична система керування інтенсивністю освітлення в навчальних та виробничих приміщеннях. Електроніка та системи управління. № 1 (23). 2010. С. 39-45.
3. Srivatsa D. K., Preethi B., Parinitha R., Sumana G., Kumar A. Smart Street Lights. Texas Instruments India Educators Conference. 2013. P. 103-106.
4. Bogdanov L., Polstra S., Yakimov P., Marinov M. DAEDALED: A GUI Tool for the Optimization of Smart City LED Street lighting Networks. IEEE XXVII International Scientific Conference Electronics. 2018, P. 1-4.
5. Bhairi M. N., Kangle S. S., Edake M. S., Madgundi B. S., Bhosale V. B. Design and implementation of smart solar LED street light. International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICEI). 2017. P. 509-512.
6. Khalil H. B., Abas N., Rauf S. Intelligent street light system in context of smart grid. 8th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT). 2017. P. 1-5.
7. Yusoff Y. M., Rosli R., Karnaluddin M. U., Samad M. Towards smart street lighting system in Malaysia. 2013 IEEE Symposium on Wireless Technology & Applications (ISWTA). 2013. P. 301-305.
8. Martín-Arias M., Huerta-Medina N., Rico-Secades M. Using wireless technologies in Lighting Smart Grids. 2013 International Conference on New Concepts in Smart Cities: Fostering Public and Private Alliances (SmartMILE). 2013. P. 1-6.
9. Huerta-Medina N., Corominas E. L., Quintana P. J., Secades M. R. Smart control for Smart Grids: From lighting systems to Grid side management. 13th International Conference on Power Electronics (CIEP). 2016. P. 104-109.

10. Островский В. Л. Интеллектуальная система освещения образовательного учреждения. Форум молодёжной науки (6). 2020. С. 4-13.
11. Мережа освітлення для Щецина. 2019. URL: <https://www.lighting.philips.ua/cases/cases/road-and-street/szczecin-city> (дата звернення: 15.10.2021).
12. Бабенко Е. И. Интеллектуальные системы уличного освещения как способ повышения безопасности движения. Молодой исследователь Дона. 5 (26). 2020. С. 25-28.
13. Chintan Shah. Tvilight. URL: <https://www.tvilight.com> (дата звернення: 19.10.2021).
14. Овчаров А. Т., Костарева А. С. Концептуальные решения в наружном освещении на современном этапе технических и эстетических возможностей светового благоустройства города. Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 21(2). 2019. С. 134-157.
15. Pihlajaniemi H., Luusua A., Juntunen E. SenCity – Evaluating Users' Experiences of Intelligent Lighting for Well-Being in Smart Cities. Light & Engineering. 26(2). 2018. P. 60-66.
16. Zotos N., Pallis E., Stergiopoulos C., Anastasopoulos K., Bogdos G., Skianis C. Case study of a dimmable outdoor lighting system with intelligent management and remote control. International Conference on Telecommunications and Multimedia (TEMU). 2012. P. 43-48.
17. Tung N. T., Huy N. M., Phong N. H., Huy T. L. D., Tuyen N. D. Development and Implementation of Smart Street Lighting System based on Lora Technology. International Symposium on Electrical and Electronics Engineering (ISEE). 2019. P. 328-333.
18. Dheena P. F., Raj G. S., Dutt G., Jinny S. V. IOT based smart street light management system. IEEE International Conference on Circuits and Systems (ICCS). 2017. P. 368-371.
19. Ouerhani N., Pazos N., Aeberli M., Muller M. IoT-based dynamic street light control for smart cities use cases. International Symposium on Networks, Computers and Communications (ISNCC). 2016. P. 1-5.

20. Nagamani S., Reddy J. M., Lavanya G., Chandana A. L. H. Smart street light management system using internet of things. International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICCS). 2019. P. 103-107.

21. Скульський А., Шевченко К. Система керування зовнішнім освітленням smartAC. CHIP NEWS Україна, №9 (199). 2020. С. 64-67.

22. Кумаритова Д. Л., Киричек Р. В. Обзор и сравнительный анализ технологий LPWAN сетей. Информационные технологии и телекоммуникации, 4 (4). 2016. С. 33-48.

23. Kirichek R., Kulik V. Long-Range Data Transmission on Flying Ubiquitous Sensor Networks (FUSN) by Using LPWAN Protocols. Communications in Computer and Information Science. 2016. Vol. 678. P. 442–453.

24. Prashant Ram. LPWAN, LoRa, LoRaWAN and the Internet of Things. URL: <https://medium.com/coinmonks/lpwan-lora-lorawan-and-the-internet-of-things-aed7d5975d5d> (дата звернення: 21.10.2021).

25. Выдрин Д. Ф., Ситдииков Д. Р. Основные параметры беспроводной технологии LORAWAN. Academy. 2 (41). 2019. С. 22-24.

26. Ли. П. Архитектура интернета вещей. М: ДМК-Пресс. 2019. 454 с.

27. Лисецкий Ю. М., Калбазов Д. И. Технология Internet of Things. Математичні машини і системи. № 2. 2019. С. 43-50.

28. Довбня В. Г., Фролов С. Н., Сулима К. П., Щитов А. Н. Специфика реализаций комплексов управления на базе технологии LoRaWAN. Т-Comm-Телекоммуникации и Транспорт. 14 (9). 2020. С. 24-30.

29. Романов Д.В., Осухівська Г.М., Паламар А.М. Система управління зовнішнім освітленням на основі Інтернету речей. Актуальні задачі сучасних технологій : збірник тез доповідей Х міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А. 2021. С. 117.

30. Романов Д.В., Осухівська Г.М., Паламар А.М. Функціональна схема системи керування зовнішнім освітленням на основі технології LoRa. Матеріали ІХ науково-технічної конференції "Інформаційні моделі, системи та технології". Тернопіль: ТНТУ. 2021. С. 124.

31. Паламар М. І., Стрембіцький М. О., Паламар А. М. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів. Навчальний посібник. Тернопіль: ТНТУ. 2019. 150 с.

32. Паламар А. Комп'ютерна система для моніторингу параметрів джерел безперебійного живлення на основі технології Internet of Things. Матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції "Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки, приладобудування і комп'ютерних технологій". Тернопіль: ТНТУ. 2019. С. 208-209.

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

34. Хвостівська Л.В., Осухівська Г.М., Хвостівський М.О., Шадріна Г.М. Імітаційне моделювання добового пульсового сигналу для задачі верифікації алгоритмів роботи систем довготривалого моніторингу. Вісник НТУУ" КПІ"; Серія Радіотехніка, Радіоапаратобудування № 77. 2019. С. 66-73.

35. Осухівська Г.М., Лобур Т.Б., Білостоцький Т. Дослідження та моделювання інтернет-трафіку комп'ютерної мережі. Збірник тез доповідей XVI наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя. Тернопіль: ТНТУ. 2012. С. 58.

36. Овчарук Є., Осухівська Г. Аналіз передавання даних в комп'ютеризованій системі обліку електроенергії. Матеріали VI науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології». Тернопіль: ТНТУ. С. 45.

37. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп'ютерні мережі. [навчальний посібник] Львів: «Магнолія 2006». 2013. 256 с.

38. The Things Network. URL: <https://www.thethingsnetwork.org/> (дата звернення: 21.11.2021).

39. Охорона праці в офісі. Вимоги до робочого місця офісного працівника. URL: <https://gc.ua/uk/oxorona-praci-v-ofisi-vimogi-do-robochogomiscya-ofisnogo-pracivnika/> (дата звернення: 26.11.2021).

40. НПАОП 0.00-1.28-10. Про затвердження правил охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин. URL: https://dnaop.com/html/31562/docНПАОП_0.00-1.28-10 (дата звернення: 01.12.2021).

41. Наказ Міністерства внутрішніх справ України № 340 від 26.04.2018 року “Про затвердження Статуту дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту та Статуту дій органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту під час гасіння пожеж”.

42. Васійчук В.О., Гончарук В.Є., Качан С.І., Мохняк С.М. Основи цивільного захисту: Навчальний посібник. Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка". 2010. 417с.

43. Аветисян В.Г., Сенчихін Ю.М., Кулаков С.В., Куліш Ю.О., Александров В.Л., Адаменко М.І., Ткачук Р.С., Тригуб В.В. Рятувальні роботи під час ліквідації надзвичайних ситуацій. Частина 1: Посібник. За загальною редакцією Пшеничного В.Н. К.: Основа, 2006. 240 с.

44. Желібо Є. П., Сагайдак І. С. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник для аудиторної та практичної роботи. К.:ЕКОМЕН. 2011. 200 с.

45. Депутат О. П., Коваленко І. В., Мужик І. С. Цивільна оборона. Навчальний посібник. За редакцією полковника В.С. Франчука. Львів: Афіша. 2000. 336 с.

Додаток А
Тези конференцій

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет у Кошице (Словаччина)
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)
Білоруський національний технічний університет (Республіка Білорусь)
Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)
Наукове товариство ім. Т.Шевченка

АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Збірник
тез доповідей
Том I

**X Міжнародної науково-практичної
конференції молодих учених та студентів**
24-25 листопада 2021 року



УКРАЇНА
ТЕРНОПІЛЬ – 2021

Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів
 «АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ» – Тернопіль 24-25 листопада 2021 року

14.	Ю.З. Лещинин, О.О. Марущак КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ОБЧИСЛЕННЯ ФАЗОВИХ ПАРАМЕТРІВ ФОНОКАРДІОСИГНАЛІВ	102
15.	Ю.З. Лещинин, В.Є. Петрусь МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПОБУДОВИ МУЛЬТИКАНАЛЬНОГО СЕРВЕРА В СИСТЕМІ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК»	103
16.	А.М. Луцків, А.В.Волощук, Ю.Р.Мельник ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОЗУМНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ	104
17.	І.А. Ляпандра, В.В. Івахів, В.С. Білоус МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ОБРОБКИ ВЕЛИКИХ ДАНИХ	105
18.	Є. В. Мاستалярчук СИСТЕМИ РОЗВІДКИ КІБЕРЗАГРОЗ У СЬОГОДЕННІ	107
19.	М.В. Оконський, С.А. Лупенко, А.М. Паламар КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ДЛЯ МОНІТОРИНГУ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ОСНОВІ ІОТ	109
20.	А.Я. Осадца, Є.В. Тиш МЕТОДИ ТА КОМП'ЮТЕРИЗОВАНІ ЗАСОБИ РОЗРОБКИ БЛОКУ КЕРУВАННЯ ТА ІНДИКАЦІЇ ДВОДЗЕРКАЛЬНОЇ АНТЕНИ	110
21.	О.А. Пастух, В.І.Василишин, Х.М.Деміда АНАЛІЗ РІВНІВ ЗРІЛОСТІ ВИМОГ ПРИ РОЗРОБЦІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	111
22.	О.А.Пастух, Х.М.Деміда, В.І.Василишин ХАРАКТЕРИСТИКИ ЯКОСТІ ДАНИХ ПРИ ФУНКЦІОНУВАННІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З БАЗАМИ ДАНИХ І ЗНАТЬ	112
23.	Т.В. Попко, Л.П. Яцишин, І.Р. Козбур, В.Р. Медвідь ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ ОПТИМАЛЬНИХ РІШЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ	113
24.	Р. Ремез, Ю. Околіта, Р. Трембач ВИКОРИСТАННЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ ТОРГІВЕЛЬНОГО ЦЕНТРУ	115
25.	Д.В. Романов, Г.М. Осухівська, А.М. Паламар СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЗОВНІШНІМ ОСВІТЛЕННЯМ НА ОСНОВІ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ	117
26.	В. І. Саламандра, В. А. Готович ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ДЛЯ СПРОЩЕННЯ АНІМАЦІЇ ПЕРСОНАЖІВ	118
27.	Ю. М. Сеньків ЛЮДСТВО – МАЛА ЧАСТИНА ВЕЛИКОГО ПРОЦЕСУ	119
28.	І.І. Сех, М.Б. Герович, Л.В. Федисів, О.А. Пелешак БАЗИ ДАНИХ АТАК ДЛЯ НАВЧАННЯ ТА ТЕСТУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ВИЯВЛЕННЯ ВТОРГНЕНЬ	121
29.	А.В. Скренкович, І.В. Струтинська ВЕБ АНАЛІТИКА – ЕФЕКТИВНИЙ ІНСТРУМЕНТ ЦИФРОВОЇ АДАПТАЦІЇ БІЗНЕСУ	123
30.	М. В. Солтис ГНУЧКІ НАВИЧКИ ЯК ВАЖЛИВА ЧАСТИНА ІТ	124
31.	І.В. Струтинська, Р.П. Зозуля РЕОРГАНІЗАЦІЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ СТАТИСТИКИ – ГАРМОНІЗАЦІЯ ЦИФРОВОГО РИНКУ УКРАЇНИ З РИНКАМИ ЄС	126

Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів
 «АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ» – Тернопіль 24-25 листопада 2021 року

УДК 681.518.5:004.77

Д.В. Романов, Г.М. Осухівська, канд. техн. наук, доц., А.М. Паламар, канд. техн. наук
 Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЗОВНІШНІМ ОСВІТЛЕННЯМ НА ОСНОВІ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

D.V. Romanov, H.M. Osukhivska, Ph.D., Assoc. Prof., A.M. Palamar, Ph.D.
 OUTDOOR LIGHTING CONTROL SYSTEM BASED ON INTERNET OF THINGS

У час глобальної енергетичної кризи актуальність питання енергоощадного використання освітлювальних приладів набуває пріоритетного значення. Для вирішення цієї проблеми очевидною є потреба у вдосконаленні методів та засобів керування джерелами світла для мінімізації енергетичних та матеріальних витрат. В більшості існуючих систем керування зовнішнім освітленням впроваджені дешевий і простий, проте не дуже ефективний метод автоматичного управління [1]. В його основі лежить принцип увімкнення джерел штучного світла при досягненні мінімального значення природного освітлення і їх вимкнення при перевищенні цього рівня. Існуючі підходи до побудови систем керування зовнішнім освітленням вже не задовольняють сучасних потреб, тому впровадження нових ефективних засобів для управління зовнішнім освітленням є актуальною задачею.

В роботі пропонується застосувати концепцію Інтернету речей для системи управління зовнішнім освітленням. Це дасть змогу підвищити ефективність керування освітлювальними приладами в межах міста завдяки використанню інформації від великої кількості датчиків та забезпечити інтелектуальне регулювання інтенсивності освітлення.

Інтелектуальність пропонованої системи досягається за рахунок впровадження таких компонентів: визначення наявності пішоходів і транспортних засобів на відповідній території, регулювання інтенсивності світлового потоку в залежності від погодних умов, часу доби тощо.

Для реалізації такої системи необхідно забезпечити передачу даних на великі відстані в межах міської інфраструктури. Для цього обрано енергоефективну технологію LoRa, за допомогою якої можна дистанційно отримувати інформацію від сенсорів та передавати керуючі команди в процесі управління зовнішніми освітлювальними приладами. Особливістю стандарту LoRa є можливість передачі невеликих пакетів інформаційних даних з невисоким рівнем енергоспоживання. Дальність зв'язку може досягати десяти кілометрів, а тривалість автономної роботи від батареї може бути не меншою за декілька років [2].

Впровадження запропонованої автоматизованої системи управління зовнішнім освітленням на основі концепції IoT дозволить забезпечити суттєву економію електроенергії та підвищити надійність роботи освітлювальних приладів.

Література:

1. Синеглазов В.М., Туціцин М.Ф., Прокопчук М.А. Автоматична система керування інтенсивністю освітлення в навчальних та виробничих приміщеннях. Електроніка та системи управління. № 1 (23). 2010. С. 39-45.
2. Жураковський Б.Ю., Зенів І.О. Технології інтернету речей. Навчальний посібник: навч. посіб. Для студ. спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології», спеціалізація «Інформаційне забезпечення робототехнічних систем». Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. 2021. 271 с.

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

МАТЕРІАЛИ

ІХ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

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



8–9 грудня 2021 року

ТЕРНОПІЛЬ
2021

<p>А.Я. Осадца, Є.В. Тиш АЛГОРИТМИ ТА КОМП'ЮТЕРИЗОВАНІ ЗАСОБИ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ В БЛОЦІ КЕРУВАННЯ ТА ІНДИКАЦІЇ ДВОДЗЕРКАЛЬНОЇ АНТЕНИ A.Y. Osadtsa, Ie.V. Tysh, Ph. D. Assoc. Prof. ALGORITHMS AND COMPUTERIZED MEANS OF DATA TRANSMISSION FOR A TWO-MIRROR ANTENNA'S CONTROL UNIT AND INDICATION DEVELOPMENT</p>	121
<p>О.В. Осійчук, Є.В. Тиш ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛКИ ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ З ВИДІЛЕНИМ СЕРВЕРОМ O.V. Oseechuk, Ie.V. Tysh ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF USING A COMPUTER NETWORK WITH A DEDICATED SERVER</p>	122
<p>С. Петрук, М. Хвостівський МЕТОД ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБРОБКИ ЕЛЕКТРОГАСТРОЕНЕТРОСИГНАЛУ S. Petruk, M. Khvostivskyu METHOD AND SOFTWARE OF ELECTROGASTROENETRO SIGNAL PROCESSING</p>	123
<p>Д.В. Романов, Г.М. Осухівська, А.М. Паламар ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЗОВНІШНІМ ОСВІТЛЕННЯМ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ LORA D.V. Romanov, H.M. Osukhivska, A.M. Palamar FUNCTIONAL DIAGRAM OF THE OUTDOOR LIGHTING CONTROL SYSTEM BASED ON LORA TECHNOLOGY</p>	124
<p>Б. Семенен, С. Лупенко АКТУАЛЬНІСТЬ РОЗРОБКИ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ КРИПТОСТІЙКОСТІ СЛАБКІХ АЛГОРИТМІВ ШИФРУВАННЯ B. Semehen, S. Lupenko ACTUALITY OF DEVELOPMENT OF METHODS OF INCREASING CRYPTIC RESISTANCE OF WEAK ENCRYPTION ALGORITHMS</p>	125
<p>Б. Семенен, В. Семенен, С. Лупенко МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ КРИПТОСТІЙКОСТІ СИМЕТРИЧНИХ АЛГОРИТМІВ ШИФРУВАННЯ B. Semehen, V. Semehen, S. Lupenko METHODS OF INCREASING SYMMETRIC ENCRYPTION ALGORITHMS' CRYPTOSECURITY</p>	126
<p>В. Семенен, Н. Луцик АКТУАЛЬНІСТЬ СТВОРЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО АЛГОРИТМУ СОРТУВАННЯ ДАНИХ V. Semehen, N. Lutsyk ACTUALITY OF CREATING AN OPTIMAL DATA SORTING ALGORITHM</p>	127
<p>В. Семенен, Н. Луцик МЕТОД ПОБИТОВОГО СОРТУВАННЯ ДАНИХ В КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ V. Semehen, N. Lutsyk BITWISE DATA SORTING METHOD IN COMPUTER SYSTEMS</p>	128

УДК 681.518.5:004.77

Д.В. Романов, Г.М. Осухівська, канд. техн. наук, доц., А.М. Паламар, канд. техн. наук

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЗОВНІШНІМ ОСВІТЛЕННЯМ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ LORA

UDC 681.518.5:004.77

D.V. Romanov, H.M. Osukhivska, Ph.D., Assoc. Prof., A.M. Palamar, Ph.D.

FUNCTIONAL DIAGRAM OF THE OUTDOOR LIGHTING CONTROL SYSTEM BASED ON LORA TECHNOLOGY

Проблема удосконалення методів та засобів автоматичного керування системою зовнішнього освітлення є актуальною і важливою. Існуючі засоби управління зовнішнім освітленням не задовольняють сучасних потреб з точки зору енергоефективності та зручності користування. В роботі авторів [1] було запропоновано застосувати концепцію Internet of Things для удосконалення існуючої системи управління вуличним освітленням.

Метою даної роботи є підвищення енергоефективності міської мережі освітлювальних приладів шляхом впровадження інтелектуальних методів керування та віддаленого моніторингу. Для її реалізації було запропоновано застосувати технологію LoRa для дистанційного збору даних від сенсорів і передачі команд для управління ввімкненням освітлювальних приладів, зміни яскравості тощо. Функціональна схема запропонованої системи (рис. 1) включає в себе такі компоненти: сенсорні руху і рівня освітленості, контролери LED, радіомодулі які обмінюються даними через шлюзи LoRaWAN з мережевим сервером та центром керування і моніторингу.

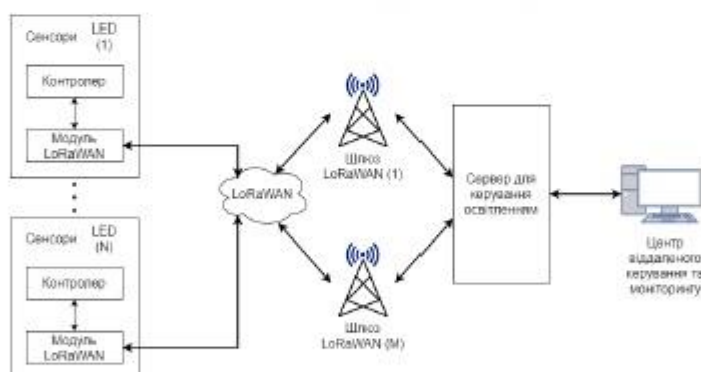


Рисунок 1. Функціональна схема системи керування зовнішнім освітленням

Впровадження запропонованої системи для реалізації інтелектуальних методів управління мережею вуличного освітлення дозволить суттєво зменшити енерговитрати завдяки скороченню тривалості роботи освітлювальних приладів та оптимізації режимів їх функціонування.

Література.

1. Романов Д.В., Осухівська Г.М., Паламар А.М. Система управління зовнішнім освітленням на основі Інтернету речей. Актуальні задачі сучасних технологій : збірник тез доповідей X міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Тернопіль: ТНТУ. 2021. С. 120.