

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет радіоелектроніки та телекомунікацій
(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра радіотехніки та телекомунікацій
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

магістра

(ступінь вищої освіти)

на тему **БЕЗДРОТОВА СЕНСОРНА МЕРЕЖА ДЛЯ РОЗБУДОВИ**
«РОЗУМНОГО» ОСВІТЛЕННЯ МІСТА

Виконала: студентка 2 курсу, групи РТ-911м

Спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

«Інформаційні мережі зв'язку»

РЮМІНА Єлизавета Володимирівна

(прізвище та ініціали)

Керівник САМОЙЛИК С.С.

(прізвище та ініціали)

Рецензент КАСЬЯН М.М.

(прізвище та ініціали)

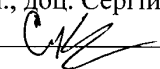
2022 рік

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

Інститут, факультет Факультет радіоелектроніки та телекомунікацій
 Кафедра Радіотехніки та телекомунікацій
 Ступінь вищої освіти магістр
 Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
 (код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) Інформаційні мережі зв'язку
 (назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Т.в.о. завідувача кафедри РТТ
 к.ф.-м.н., доц. Сергій САМОЙЛИК


 «___» грудня 2022 року

ЗАВДАННЯ
 НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

РЮМІНІЙ Єлизаветі Володимирівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Бездротова сенсорна мережа для розбудови
“розумного” освітлення міста

керівник проєкту (роботи) САМОЙЛИК Сергій Сергійович, к.ф.-м.н., доцент
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 10 » листопада 20 22 року № 377
 з урахуванням наказу закладу вищої освіти від « 12 » грудня 20 22 року № 429

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 20 листопада 2022 року

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) Належить дослідити технологію WSN та на
основі цієї технології побудувати бездротову мережу, на основі якої буде
функціонувати “розумне” освітлення міста.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Огляд літературних джерел, вивчення технології та її найважливіших
параметрів. Формування вимог до мережі та побудова мережі з урахуванням
особливостей місцевості, розрахунок та вибір обладнання. Моделювання мережі в
програмі та аналіз отриманих результатів.

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

Презентація з висвітленням наступних питань: огляд технології WSN - її
характеристики та особливості; особливості побудови мережі; скріншоти
отриманих результатів розрахунку у вигляді графічних залежностей.

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1	Самойлик С.С., доцент, к.ф-м.н.	01.09.2022	
2	Самойлик С.С., доцент, к.ф-м.н.	01.09.2022	
3	Самойлик С.С., доцент, к.ф-м.н.	01.09.2022	
4	Севастьянов Р.В., доцент, к.е.н.	01.09.2022	
5	Якімцов Ю.В., доцент, к.т.н.		
нормо-контроль	Мороз Гаррі Володимирович, ст.викладач		

7. Дата видачі завдання « 01 » вересня 2022 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Актуальність роботи та постановка задач на її виконання	2-й тиждень	виконано
2	Дослідження технології WSN	4-й тиждень	виконано
3	Порівняння бездротових стандартів	6-й тиждень	виконано
4	Формування основних вимог до мережі	7-й тиждень	виконано
5	Побудова мережі	8-й тиждень	виконано
6	Моделювання мережі в програмі Opnet Modeller та аналіз отриманих результатів	10-й тиждень	виконано
7	Робота над економічною частиною	12-й тиждень	виконано
8	Розробка рекомендацій з охорони праці	13-й тиждень	виконано
9	Оформлення пояснювальної записки та презентації	14-й тиждень	виконано
10	Проходження нормоконтролю, рецензування, антиплагиату, оформлення дублінського ядра	15-й тиждень	виконано

Студент

Керівник проєкту (роботи)

(підпис)

Елизавета РЮМИНА
(прізвище та ініціали)

(підпис)

Сергій САМОЙЛИК
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 84 сторінки, 21 рисунок, 14 таблиць, 13 джерел

Мета роботи – впровадження бездротової сенсорної мережі на вулиці міста.

Об'єкт дослідження – процес розробки бездротової сенсорної мережі.

Методи дослідження – статистичні методи, методи чисельного аналізу, методи об'єктно-орієнтованого і графічного програмування.

В роботі здійснено опис найголовніших параметрів технології WSN таких як: принцип роботи, архітектура, топологія мережі, та види маршрутизації. Далі було порівняно стандарти бездротового зв'язку, які можуть використовуватись в цій технології для передачі даних бездротовим середовищем.

Було створено ряд вимог до мережі, відповідно до цих вимог було визначена архітектура, топологія мережі а також, ряд інших важливих параметрів. Було проведено дослідження вулиці для якої впроваджується технологія. Зважаючи на особливості мережі та місця її побудови, було розраховано кількість необхідного обладнання і проведено вибір обладнання.

Робота в програмі OPNET. Опис етапів вибору елементів та їх налаштування, побудова моделі. Опис результатів симуляції та порівняння з розрахунковими значеннями.

БЕЗДРОТОВА СЕНСОРНА МЕРЕЖА, ДАТЧИК, ZIGBEE, ТЕХНОЛОГІЯ, БАЗОВА СТАНЦІЯ, МЕРЕЖА, ТОПОЛОГІЯ

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП	8
1 АНАЛІЗ КОНЦЕПЦІЇ БЕЗДРОТОВОЇ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ	10
1.1 Загальні відомості про технологію WSN	10
1.2 Вуличне освітлення з технологією WSN.....	12
1.3 Топологія та архітектура WSN	14
1.4 Маршрутизація в WSN.....	18
1.4.1 Лавинна маршрутизація	18
1.4.2 Маршрутизація, орієнтована на дані	19
1.4.3 Проактивна маршрутизація	19
1.4.4 Маршрутизація за запитом	19
1.4.5 Ієрархічна маршрутизація	20
1.4.6 Маршрутизація на основі місця розташування	20
1.5 Стандарти бездротових технологій та порівняння.....	21
1.5.1 Стандарт WI-FI.....	21
1.5.2 Стандарт WiMax.....	23
1.5.3 Стандарт Bluetooth.....	25
1.5.4 Стандарт Zigbee.....	27
1.6 Платформи для датчиків	31
2 ПОБУДОВА МЕРЕЖІ	35
2.1 Вимоги до проектованої мережі.....	35
2.2 Вибір вулиці	36
2.3 Вибір та побудова мережі	37
2.4 Розрахунок кількості устаткування.....	39
2.5 Вибір обладнання.....	40
3 ПРОЕКТУВАННЯ МЕРЕЖІ В OPNET MODELER®.....	42
3.1 Opnet Modeler	42

	6
3.2 Побудова мережі в середовищі	45
3.3 Результати симуляції та аналіз	47
4 ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ.....	50
4.1 Обґрунтування актуальності теми з позиції маркетингу.....	50
4.2 Розрахунок витрат на практичну реалізацію	56
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	66
5.1 Аналіз потенційних небезпек	66
5.2 Заходи щодо забезпечення техніки безпеки.....	67
5.3 Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці.....	69
5.4 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях	76
5.4.1 Заходи з пожежної безпеки	76
5.4.2 Заходи з цивільного захисту	78
ВИСНОВКИ.....	81
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	83

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

AES	– розширений стандарт шифрування
DSSS	– метод прямої послідовності для розширення спектра
FHSS	– розширення спектра при стрибкоподібній зміні частоти
LAN	– локальна мережа
LOS	– зона прямої видимості
NLOS	– зона непрямой видимості
TKIP	– протокол цілісності тимчасового ключа
WEP	– дротовий еквівалент конфіденційності
WLAN	– бездротова локальна мережа
WPA	– захищений Wi-Fi доступ
WSN	– бездротова сенсорна мережа
АЦП	– аналого-цифровий перетворювач
БС	– базова станція

ВСТУП

Останніми роками питання охорони навколишнього середовища набули широкої міжнародної уваги, що призвело до розвитку енергоефективних технологій, спрямованих на скорочення енергоспоживання. Одним з аспектів цієї ситуації, що розвивається, є зростаючий попит на зменшення кількості електроенергії, що використовується для освітлення. Зокрема, значного значення набуває енергозбереження для великомасштабних освітлювальних завдань, таких як вуличне освітлення. Більшість джерел зовнішнього освітлення, таких як вуличні ліхтарі, використовують в якості джерел світла НІД-лампи.

Глобальне занепокоєння викликає кількість енергії, яку споживають НІД-лампи, і, як наслідок, кількість викидів вуглекислого газу в атмосферу через таке енергоспоживання. У зв'язку з цим останнім часом приділяється увага світлодіодному освітленню як енергозберігаючому джерелу світла.

Світлодіодне освітлення доріг споживає від третини до половини електроенергії, необхідної для НІД-ламп. Життєвий цикл світлодіода може бути більш ніж втричі довшим, ніж у газорозрядної лампи. Світлодіодне освітлення може скоротити час, необхідний для заміни дефектних світильників, і очікується, що світлодіодна система буде порівняно легкою в обслуговуванні. Це, в свою чергу, означає, що світлодіодна система може вважатися придатною для використання на ізольованих островах або у високогірних регіонах. На цьому тлі і в результаті значного поліпшення ефективності світіння в останні роки, можна очікувати, що світлодіодне освітлення повністю замінить раніше використовувані джерела світла протягом нашого життя.

Системи освітлення, особливо в державному секторі, все ще розробляються відповідно до попередніх стандартів надійності і, як правило, не використовують новітні технологічні розробки. Однак останнім часом зростаючий тиск, пов'язаний з цінами на сировину, а також зростаюча

соціальна чутливість до викидів CO₂ призводять до розробки нових методів і технологій, які дозволяють значно заощадити кошти і більше поважати навколишнє середовище.

Можна зустріти три варіанти вирішення цих питань. Перше рішення, і, можливо, найбільш революційне, полягає у використанні системи дистанційного керування, заснованої в основному на інтелектуальних ліхтарних стовпах, які надсилають інформацію до центральної системи керування, спрощуючи управління та обслуговування. Для організації бездротового зв'язку між ліхтарем і терміналом моніторингу на ПК використовується протокол зв'язку IEEE802.15.4 стандарту Microchip Wireless (MiWi). Друге – при виявленні руху людини або транспортного засобу датчик руху запускає мікроконтролер, який вмикає світлодіоди на повну яскравість, а потім повертається до режиму приглушеної яскравості. Третя роздільна здатність – це режим огляду. Увімкненням/вимкненням можна керувати також вручну зі станції ЕВ по тому ж бездротовому каналу зв'язку.

1 АНАЛІЗ КОНЦЕПЦІЇ БЕЗДРОТОВОЇ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ

1.1 Загальні відомості про технологію WSN

Сенсорика – це метод, який використовується для збору інформації про фізичний об'єкт або процес, включаючи випадки виникнення подій (тобто, зміна стану, такі як падіння температури або тиску). Об'єкт, що виконує таке завдання, називається датчиком. Наприклад, організм людини оснащений сенсорами, які здатні фіксувати оптичну інформацію з навколишнього середовища (очі), акустичну інформацію, таку як звуки (вуха) та запахи (ніс). Це є прикладами дистанційних датчиків, тобто їм не потрібно торкатися об'єкту спостереження для збору інформації. З технічної точки зору, датчик – це пристрій, який перетворює параметри або події у фізичному світі в сигнали, які можна виміряти і проаналізувати. Іншим загальноживаним терміном є перетворювач, який часто використовується для опису пристрою, який перетворює енергію з однієї форми в іншу. Таким чином, датчик – це тип перетворювача, який перетворює енергію фізичного світу в електричну енергію, яка може бути передана в обчислювальну систему [1].

Бездротові сенсорні мережі можна визначити як самоконфігуровану бездротову мережу без інфраструктури. Областю використання є: спостереження за фізичними або екологічними явищами, такими як температура, тиск, рух, звук, вібрація або забруднюючі речовини, і для безпосередньої передачі цих даних або інформації через мережу до базової станції, яка в свою чергу є основним місцем, де інформація переглядається і аналізується.

Базова станція є інтерфейсом між користувачами та мережею. Вона може отримувати необхідну інформацію з мережі, надсилаючи запити та збираючи отримані результати.

Зазвичай бездротова сенсорна мережа містить багато тисяч сенсорних вузлів. Сенсорні вузли можуть взаємодіяти один з одним за допомогою радіосигналів. Бездротові сенсорні вузли оснащені сенсорами та радіопередавачами, обчислювальними пристроями та компонентами живлення.

На рисунку 1.1 показано загальний вигляд архітектури WSN. Сенсорні вузли самоорганізуються, таким чином, створюють певний шлях та передають інформацію. Наприкінці шляху інформація передається до базової станції.

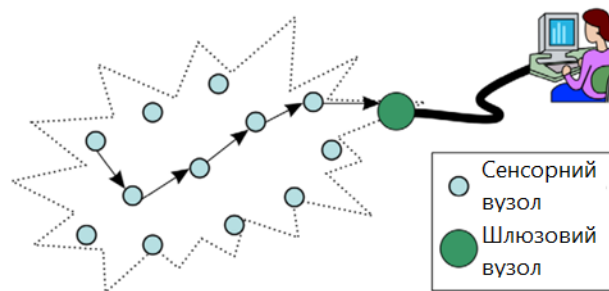


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд архітектури WSN

Приклад використання сенсорних мереж зображено на рисунку 1.2.

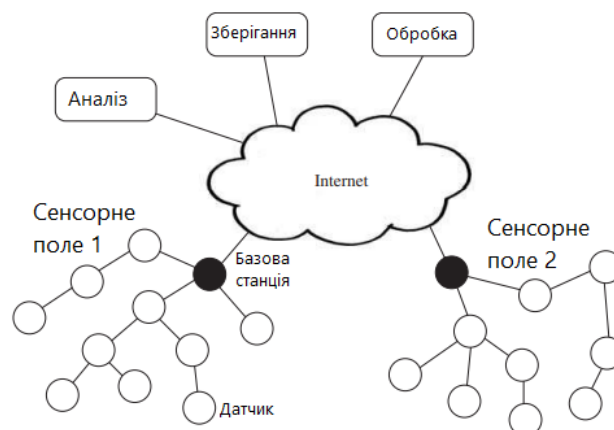


Рисунок 1.2 – Приклад застосування технології WSN

На рисунку 1.2 показано два сенсорних поля, які здійснюють моніторинг двох різних географічних регіонів і підключаються до мережі Інтернет за допомогою своїх базових станцій. Датчики зв'язуються один з одним і з базовою станцією (БС) за допомогою радіозв'язку, що дозволяє їм передавати свої дані з датчиків до віддалених систем обробки, відображення, аналізу та зберігання даних.

Основними перевагами бездротових сенсорних мереж є:

- енергоспоживання;
- безперебійність роботи;
- масштабованість вузлів в мережі;
- енергоефективність;
- довговічність мережі.

1.2 Вуличне освітлення з технологією WSN

Енергозбереження сьогодні є надзвичайно важливим. Метою є зниження експлуатаційних витрат на вуличне освітлення за рахунок створення системи, що характеризується простотою монтажу і низьким енергоспоживанням з можливістю регулювання інтенсивності [2].

Принцип роботи полягає в тому (рис. 1.3), що при виявленні будь-якого руху людини або транспортного засобу, датчик руху відправляє сигнал на мікроконтролер, який в свою чергу вмикає світлодіоди на повну яскравість, після того як рухомий об'єкт минає датчик, система переходить до режиму очікування. Вся інформація про стан світлодіодів передається через бездротове середовище.

Система може бути широко застосована у всіх місцях, які потребують своєчасного контролю, таких як вулиці, вокзали, гірничодобувна промисловість, школи, електроенергетика тощо. Крім того, в систему

інтегрований цифровий датчик температури та вологості для виявлення похмурої погоди та атмосферних умов.

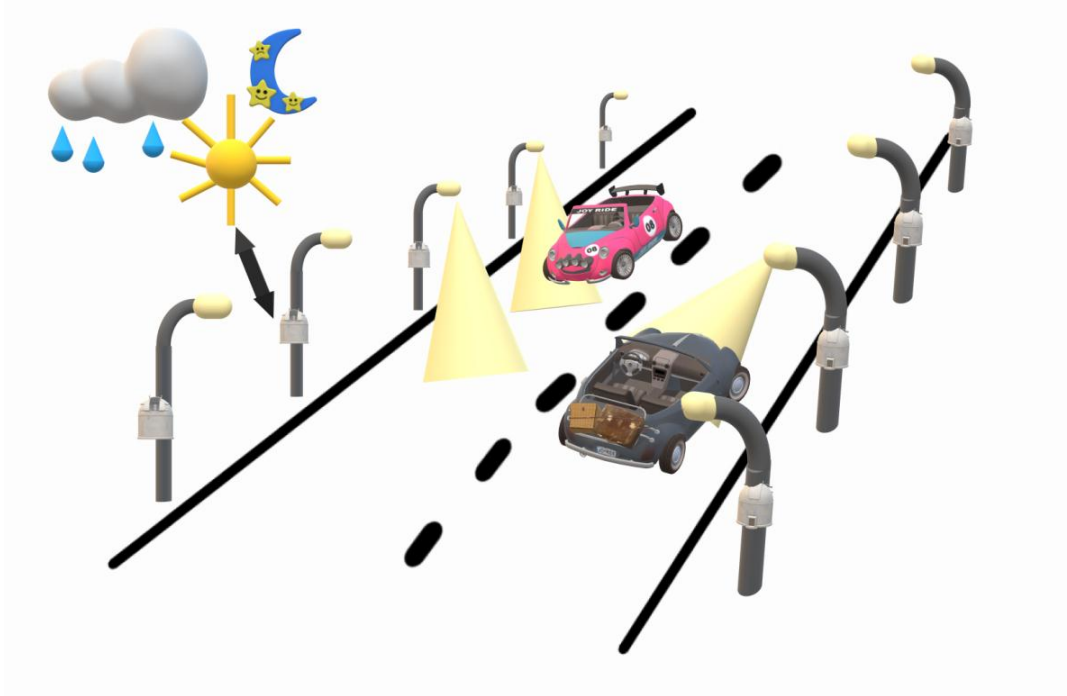


Рисунок 1.3 – Наочне використання технології WSN

Переваги цієї технології полягають у наступному:

а) економія електроенергії: вночі інтенсивність світлодіодної лампи змінюється в залежності від інтенсивності руху, що дозволяє економити електроенергію;

б) зниження витрат на технічне обслуговування: термін служби світлодіодів більший, ніж у ламп розжарювання;

в) скорочення викидів CO₂: оскільки споживання електроенергії зменшується.

Система складається зі станції моніторингу та базової станції. Станція моніторингу, розташована на кожному ліхтарному стовпі, складається з декількох модулів, таких як ПІР-датчик, датчик LDR та аварійний вимикач. Ці пристрої працюють разом і передають всю інформацію на

мікроконтролер, який обробляє дані і автоматично виконує відповідні дії. ПІР-датчик допоможе виявити присутність людини. Після виявлення присутності людини наступним кроком є вимірювання інтенсивності світла. Для цього ми використовуємо мікроконтролер датчика LDR, для світіння вуличного ліхтаря відповідно до інтенсивності світла [2].

На рисунку 1.4 зображено загальна блок-схема алгоритм відповідної системи.

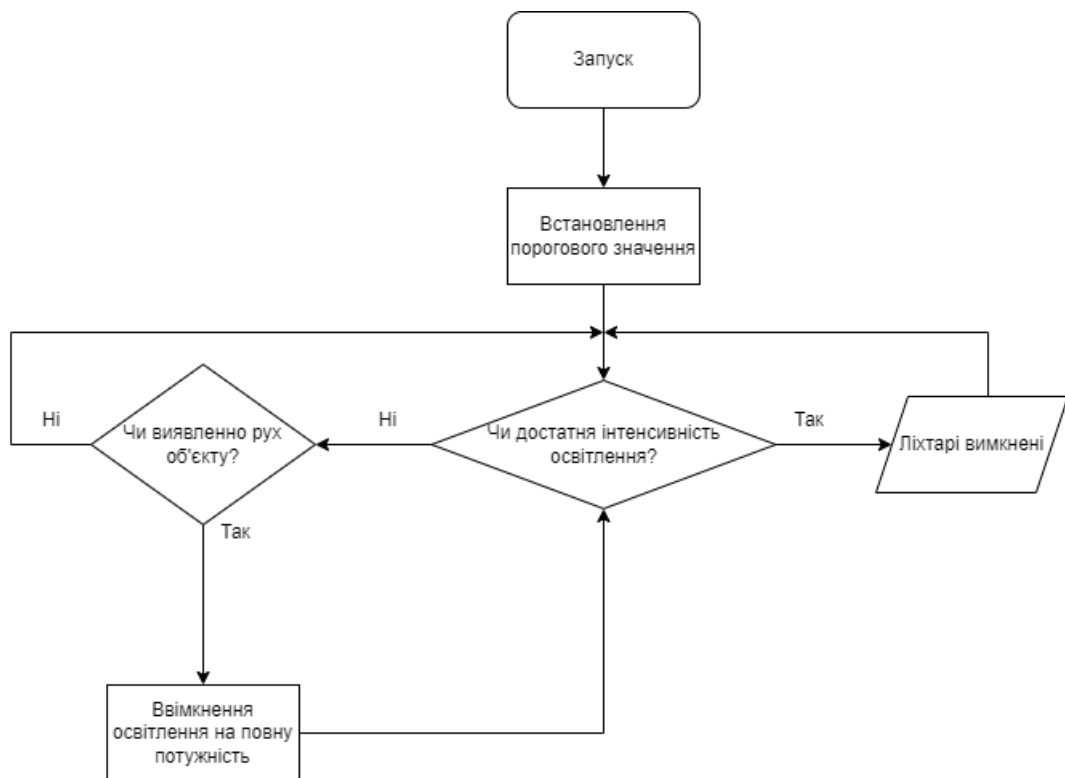


Рисунок 1.4 – Блок-схема алгоритм

1.3 Топологія та архітектура WSN

Бездротову сенсорну мережу можна умовно розділити на дві складові:

- сенсорний вузол (мод);
- архітектура мережі.

Сенсорний вузол в WSN складається з чотирьох основних компонентів (рис.1.5):

- блок живлення;
- сенсорний блок;
- блок обробки;
- блок зв'язку.

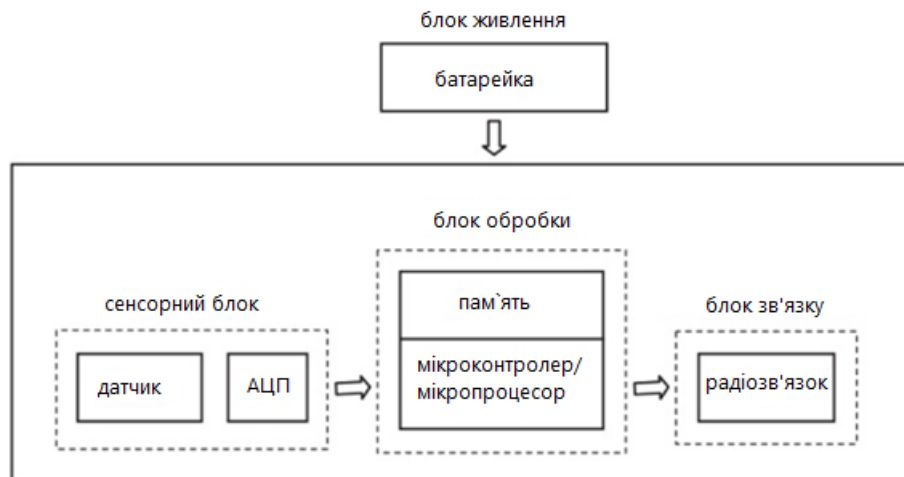


Рисунок 1.5 – Сенсорний вузол WSN

Датчик збирає аналогові дані з фізичного світу, а АЦП перетворює ці дані в цифрові. Основний процесор, який зазвичай є мікропроцесором або мікроконтролером, виконує інтелектуальну обробку даних і маніпуляції з ними.

Система зв'язку складається з радіосистеми, зазвичай радіостанції малого радіусу дії, для передачі та прийому даних. Оскільки всі компоненти є малопотужними пристроями, для живлення всієї системи використовується невелика батарея типу CR-2032.

Незважаючи на назву, сенсорний вузол складається не лише з чутливого компонента, але й з інших важливих елементів, таких як блоки обробки, зв'язку і зберігання даних.

Нарешті, всі ці функції, компоненти і вдосконалення роблять сенсорний вузол відповідальним за збір даних про фізичний світ, аналіз мережі, кореляцію даних і зведення даних з іншого датчика з його власними даними [3].

Як правило, існують або можуть бути приєднані слоти розширення для розширення мота з метою включення інших специфічних для застосування блоків, таких як система глобального позиціонування (GPS) для локалізації, або блоки накопичення енергії від сонячної або вітрової енергії. На рисунку 1.6 показано слоти розширення, які можуть бути додані до стандартних [1].

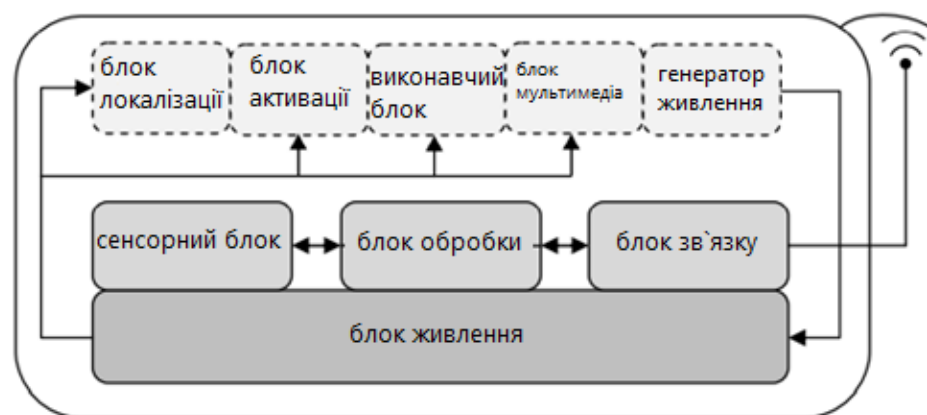


Рисунок 1.6 – Сенсорний вузол зі слотами розширення

В технології WSN існує три основні топології. Це – зірка, mesh-топологія та деревоподібна.

Коли діапазони передачі радіосигналів всіх сенсорних вузлів досить великий і датчики можуть передавати дані безпосередньо на базову станцію, вони можуть утворювати топологію "зірка", як показано зліва на рисунку 1.7.

У цій топології кожен сенсорний вузол зв'язується безпосередньо з базовою станцією за допомогою «single hop», що перекладається як один перехід. Однак сенсорні мережі часто охоплюють великі географічні області, і потужність радіопередавачів повинна бути мінімальною з метою економії енергії; отже, «multi hop» (багато переходовий) зв'язок є більш поширеним випадком для сенсорних мереж (показано праворуч на рис. 1.7).

У mesh топології сенсорні вузли повинні не тільки збирати та поширювати власні дані, але й слугувати ретрансляторами для інших сенсорних вузлів, тобто вони повинні співпрацювати, щоб поширювати дані датчиків в напрямку базової станції. Проблема полягає в необхідності пошуку багатопереходового шляху від сенсорного вузла до базової станції, що в свою чергу ускладнює маршрутизацію. Коли вузол служить ретранслятором для декількох маршрутів, він часто повинен мати можливість аналізувати і попередньо обробляти дані датчиків в мережі [1].

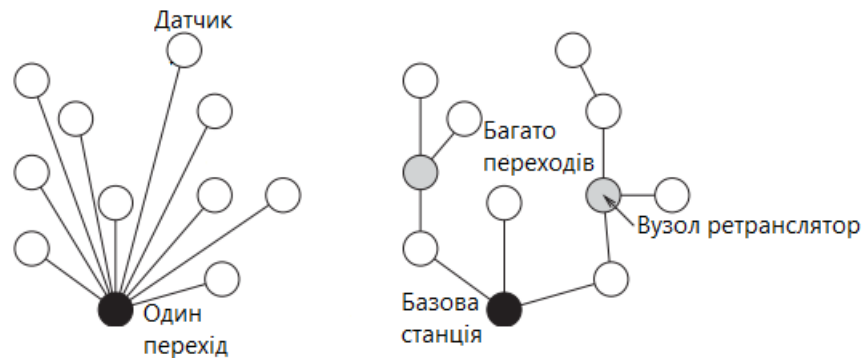


Рисунок 1.7 – Однопереходовий та багатопереходовий зв'язок в сенсорних мережах

1.4 Маршрутизація в WSN

Ключовим завданням мережевого рівня є пошук шляхів від джерел даних до пристроїв прийому (наприклад, шлюзів). У моделі маршрутизації з одним переходом всі вузли датчиків можуть безпосередньо зв'язуватися з пристроєм-приймачем. Ця модель прямого зв'язку є найпростішим підходом, коли всі дані проходять один шлях до місця призначення. Однак, в практичних умовах такий підхід з одним проміжним пунктом нереальний, і необхідно використовувати модель з декількома пунктами зв'язку. У цьому випадку критично важливим завданням мережевого рівня всіх сенсорних вузлів є визначення шляху від сенсора до приймача через декілька інших сенсорних вузлів, що діють як ретранслятори. Така розробка протоколу маршрутизації є складним завданням через унікальні характеристики WSN, включаючи дефіцит ресурсів або ненадійність бездротового середовища. Наприклад, обмежені можливості обробки, зберігання, пропускну здатності та енергії вимагають легких рішень для маршрутизації, в той час як часті динамічні зміни в WSN (наприклад, зміни топології через відмову вузлів) вимагають адаптивних і гнучких рішень для маршрутизації. Крім того, на відміну від традиційних протоколів маршрутизації для дротових мереж, протоколи для сенсорних мереж не можуть покладатися на глобальні схеми адресації (наприклад, IP-адреси в Інтернеті) [1].

1.4.1 Лавинна маршрутизація

Стара і проста стратегія поширення інформації в мережі полягає в тому, щоб завантажити всю мережу. Вузол-відправник транслює пакети своїм найближчим сусідам, які повторюють цей процес, ретранслюючи пакети своїм сусідам до тих пір, поки всі вузли не отримають пакети або поки пакети не пройдуть максимальну кількість переходів. Якщо існує шлях до місця призначення, місце призначення гарантовано отримає дані.

Основною перевагою лавинної маршрутизації є її простота, в той час як основним недоліком є надвисока інтенсивність трафіку. Тому необхідно вжити заходів для того, щоб пакети не поширювалися по мережі нескінченно довго.

1.4.2 Маршрутизація, орієнтована на дані

У більшості сенсорних мереж самі сенсорні вузли менш важливі, ніж інформація, яку вони генерують. Тому в методах маршрутизації, орієнтованих на дані, основна увага приділяється пошуку і поширенню інформації певного типу або описаної певними атрибутами, на відміну від збору даних з конкретних датчиків.

1.4.3 Проактивна маршрутизація

Протоколи проактивної (або табличної) маршрутизації встановлюють маршрути ще до того, як вони будуть потрібні. Основною перевагою такого підходу є те, що маршрути доступні тоді, коли вони потрібні, і не виникає затримок для пошуку маршрутів, як у протоколах маршрутизації за запитом. Основними недоліками є накладні витрати, пов'язані з побудовою та підтримкою потенційно дуже великих таблиць маршрутизації, а також те, що застаріла інформація в цих таблицях може призвести до помилок маршрутизації.

1.4.4 Маршрутизація за запитом

На відміну від проактивних протоколів маршрутизації, реактивні протоколи не відкривають і не підтримують маршрути до тих пір, поки вони не будуть явно заявлені і використані. Вузол-джерело, знаючи ідентифікатор або адресу вузла призначення, ініціює процес виявлення маршруту в мережі,

який завершується, коли знайдено принаймні один маршрут або коли розглянуті всі можливі маршрути. Потім маршрут підтримується до тих пір, поки він або не обірветься, або більше не буде потрібен джерелу.

1.4.5 Ієрархічна маршрутизація

Основна ідея ієрархічної маршрутизації полягає в тому, що сенсорні вузли зв'язуються тільки безпосередньо з вузлом-лідером у власному кластері, який зазвичай називається головою кластера. Ці голови кластерів, які можуть бути більш потужними і менш енергоємними пристроями, ніж "звичайні" сенсорні вузли, потім відповідають за розповсюдження даних датчиків до приймача. Такий підхід може значно зменшити комунікаційне і енергетичне навантаження на сенсорні вузли, в той час як кластерні голови будуть відчувати значно більший трафік, ніж звичайні сенсорні вузли. Кластеризація полегшує агрегацію даних датчиків в мережі, оскільки дані, що надходять від розташованих поруч датчиків, швидше за все, будуть проходити через одну і ту ж голову кластера. Розрізняють два варіанти підходу до кластеризації. Перший, коли всі вершини кластера безпосередньо зв'язуються з вузлом прийому, задача маршрутизації зводиться до задачі формування кластерів. Другий, коли голови кластера не мають прямого зв'язку з приймачем, протокол кластерної маршрутизації повинен також встановлювати багатопереходові маршрути від усіх головних вузлів кластера до приймача.

1.4.6 Маршрутизація на основі місця розташування

Або географічна маршрутизація може використовуватися в мережах, де сенсорні вузли здатні визначати своє місцезнаходження за допомогою різних систем і алгоритмів локалізації. Замість інформації про топологічне з'єднання датчики використовують географічну інформацію для прийняття

рішень про переадресацію. При одноадресній маршрутизації на основі місцезнаходження пакети надсилаються безпосередньо до єдиного пункту призначення, який ідентифікується за його місцезнаходженням. При багатоадресній маршрутизації один і той самий пакет повинен поширюватися на декілька пунктів призначення [4].

1.5 Стандарти бездротових технологій та порівняння

1.5.1 Стандарт Wi-Fi

Wi-Fi розшифровується як Wireless Fidelity (бездротова точність). Wi-Fi базується на сімействі стандартів IEEE 802.11 і в першу чергу є технологією локальної мережі (LAN), призначеною для забезпечення широкосмугового покриття всередині будівлі.

Сучасні системи Wi-Fi підтримують пікову швидкість передачі даних на фізичному рівні 54 Мбіт/с і, як правило, забезпечують покриття в приміщенні на відстані до 50 метрів.

Wi-Fi став стандартом де-факто для широкосмугового зв'язку "останньої милі" в будинках, офісах і громадських точках доступу.

Для організації безпроводової мережі в замкнутому просторі застосовуються передавачі зі всеспрямованими антенами. Потужність, яку випромінює передавач точки доступу або ж клієнтської станції, що працює за стандартом IEEE 802.11, не перевищує 0,1 Вт, але багато виробників безпроводових точок доступу обмежують потужність лише програмним шляхом, і досить просто підняти потужність до 0,2-0,5 Вт. Для порівняння – потужність, яку випромінює мобільний телефоном на порядок більше (в момент дзвінка – до 2 Вт). Оскільки, на відміну від мобільного телефону, елементи мережі розташовані далеко від голови, в цілому можна вважати, що безпроводові комп'ютерні мережі більш безпечні з точки зору здоров'я, ніж мобільні телефони.

Стандарти Wi-Fi визначають фіксовану смугу пропускання каналу в 25 МГц для мереж 802.11b і 20 МГц для мереж 802.11a або g.

Безпека була одним з основних недоліків Wi-Fi, хоча зараз з'являються кращі системи шифрування. Шифрування не є обов'язковим у Wi-Fi, і було визначено три різні методи. Такі як: WEP (40- або 104-бітне шифрування на основі RC4 зі статичним ключем), WPA (використовує 40 або 104-бітний ключ WEP, але він змінює ключ у кожному пакеті. Ця функція зміни ключа називається протоколом цілісності тимчасового ключа (Temporal Key Integrity Protocol, TKIP)[5].

Переваги:

- мобільність: за допомогою бездротової мережі є можливість користуватись безперебійним доступом до інформації та інструментів, при переміщенні по території, яку охоплює бездротова мережа;

- можливість налаштування з урахуванням індивідуальних потреб;

- швидкість: пропускна здатність від 11 до 54 Мбіт/с і розширені можливості роумінгу забезпечують надійний доступ до електронної пошти, Інтернету, спільного доступу до файлів та інших мережевих ресурсів далеко від робочого місця;

- економічна перевага: можливість розширення існуючої мережі, за допомогою додавання відносно недорогих точок доступу;

- безпека: сучасні стандарти використовують 64- і 128-бітне шифрування WEP і допомагають захистити мережу від зловмисників і захищають дані під час передачі;

- використання частот, які не потребують ліцензування.

Недоліки:

- енергоспоживання досить високе в порівнянні з деякими іншими стандартами;

- мережі Wi-Fi мають обмежений радіус дії;

– перешкоди або надмірна кількість точок доступу в зоні, особливо на одному або сусідніх каналах, можуть унеможливити доступ і заважати використанню точок доступу іншими користувачами.

1.5.2 Стандарт WiMax

WiMAX розшифровується як "World Interoperability for Microwave Access" ("Всесвітня інтероперабельність для мікрохвильового доступу"). Це стандарт, який зазвичай базується на глобальній інтероперабельності, включаючи ETSI HIPERMAN, IEEE 802.16d-2004 для фіксованої та 802.16e для мобільної високошвидкісної передачі даних.

WiMAX набуває все більшої популярності як технологія, що забезпечує високошвидкісний бездротовий ширококутовий зв'язок операторського класу за значно нижчою ціною, покриваючи при цьому великі відстані, ніж Wi-Fi. Вона була розроблена як економічно ефективний спосіб надання ширококутового зв'язку на великій території. Вона призначена для обробки високоякісних послуг передачі голосу, даних і відео, при цьому пропонуючи при цьому високу якість обслуговування.

WiMAX працює в діапазоні від 10 до 66 ГГц в зоні прямої видимості (LOS) на відстані до 50 км і від 2 до 11 ГГц поза зоною прямої видимості (NLOS), як правило, на відстані до 6 – 10 км для стаціонарного обладнання в приміщенні клієнта (CPE). Як фіксований, так і мобільний стандарти включають ліцензований (2,5, 3,5 та 10,5 ГГц) та неліцензований (2,4 та 5,8 ГГц) частотний спектр. Однак діапазон частот для фіксованого стандарту охоплює від 2 до 11 ГГц, в той час як мобільний стандарт охоплює діапазон нижче 6 ГГц. Залежно від частотного діапазону, це може бути дуплекс з частотним розділенням каналів (FDD) або дуплекс з часовим розділенням каналів (TDD). Швидкість передачі даних для фіксованого стандарту буде підтримувати до 75 Мбіт/с на абонента в діапазоні 20 МГц, але типові

швидкості передачі даних становитимуть від 20 до 30 Мбіт/с. Мобільні додатки підтримуватимуть 30 Мбіт/с на абонента в діапазоні 10 МГц, але типові швидкості передачі даних становитимуть 3-5 Мбіт/с.

Архітектура WiMAX була розроблена компанією WiMAX Forum Supports і являє собою комбіновану мережеву архітектуру, яка підтримує рухомі, фіксовані та мобільні операції. Ця архітектура залежить від усіх моделей інтернет-протоколів. Ця архітектура включає три основні елементи, такі як віддалені станції або мобільні станції, ASN (мережа послуг доступу) та CSN (мережа послуг зв'язку):

- мережа послуг доступу (ASN), яка забезпечує доступ до мережі, складається з базових станцій (БС) WiMAX і представляє шлюз ASN як центральний контролер;

- мережа послуг зв'язку (CSN), яка забезпечує послугу IP-з'єднання і включає в себе такі мережеві об'єкти IP, як маршрутизатори, DHCP-сервер, інфраструктуру AAA, функції управління абонентами та взаємодію шлюзів з іншими WiMAX CSN або не-WiMAX мережами [6].

WiMAX використовує протоколи безпеки, такі як протокол управління ключами секретності 2 (PKMP2), протокол розширеної автентифікації (EAP) та стандарт розширеного шифрування (EAS). Ці протоколи забезпечують захист якості обслуговування (QoS) як аудіо-, так і відеопотоків.

Переваги:

- повна підтримка сервісу WMAN;
- великий радіус дії;
- висока пропускна здатність;
- висока якість обслуговування (QoS);
- не потрібна пряма видимість;
- захищеність.

Недоліки:

- певні умови – рельєф місцевості, погода і великі будівлі – можуть зменшити максимальний діапазон дії;
- використання ліцензованих частот;
- високе енергоспоживання;
- складність монтажних робіт;
- дороговизна.

1.5.3 Стандарт Bluetooth

Основна мета Bluetooth – бути широкодоступним, недорогим, зручним, простим у використанні, надійним, малогабаритним і малопотужним.

Bluetooth – це технологія бездротової локальної мережі, яка використовується для з'єднання пристроїв різних функцій, таких як телефони, комп'ютери. Пристрої Bluetooth працюють на частоті 2,4 ГГц, у всесвітньо доступному, безліцензійному, ISM діапазоні, дає змогу встановлювати зв'язок у межах 10 або 100 метрів. Загалом технологія є малопотужною, але при збільшенні радіусу дії, відповідно збільшується і енергоспоживання пристроїв.

Bluetooth використовує технологію FH-CDMA (Frequency Hopping – Code Division Multiple Access). Bluetooth використовує гауссівську частотну маніпуляцію (GFSK) з номінальним індексом модуляції $k = 0,3$. Ця двійкова модуляція була обрана за її стійкість, і, з урахуванням прийнятих обмежень по смузі пропускання, вона може забезпечити швидкість передачі даних до 1 Мбіт/с. Для передачі даних можуть бути використані асиметричний (721 Кбіт/с в одному напрямку і 57,6 Кбіт/с в іншому) та симетричний (432,6 Кбіт/с в обох напрямках) методи.

Пристрої Bluetooth зазвичай об'єднуються в групи від двох до восьми пристроїв, які називаються пікомережі що складаються з одного активного пристрою та одного або декількох пасивних пристроїв. Пристрій може додатково належати до більш ніж однієї пікомережі, або як пасивний в обох, або як активний в одній пікомережі та пасивний в іншій. Стандарт Bluetooth передбачає з'єднання незалежних і навіть не синхронізованих між собою пікомереж (до 10) в так звану «scatternet».

Bluetooth працює в неліцензованому діапазоні частот, який, як правило, перевантажений сигналами від інших пристроїв: відкривачів гаражних дверей, радіонянь, мікрохвильових печей. Щоб допомогти пристроям Bluetooth співіснувати та надійно працювати поряд з іншими пристроями, кожна пікомережа синхронізується з певним шаблоном стрибкоподібної зміни частоти. Цей шаблон, що переміщується через 1600 різних частот за секунду, є унікальним для конкретної пікомережі. Кожна зміна частоти – це часовий інтервал, протягом якого передаються пакети даних. Пакет може фактично охоплювати до п'яти часових інтервалів, і в цьому випадку частота залишається постійною протягом усього часу передачі.

У стандарті Bluetooth передбачене шифрування даних, що передаються з використанням ключа ефективної довжини від 8 до 128 біт і можливістю вибору односторонньої або двосторонньої аутентифікації. Додатково до шифрування на рівні протоколу може бути використано шифрування на програмному рівні [7].

Переваги:

- низьке енергоспоживання;
- ефективно уникає перешкод від інших бездротових пристроїв;
- низька вартість;
- може використовуватись для передачі голосу та відео;
- використання неліцензованої смуги частот.

Недоліки:

- невеликий радіус дії;
- менш захищений в порівнянні з Wi-Fi та WiMax.

1.5.4 Стандарт Zigbee

ZigBee – це універсальне, економічно ефективне, низькоенергоємне, низькошвидкісне та просте в установці бездротове рішення для промислового управління, вбудованих датчиків, збору медичних даних, оповіщення про задимлення та вторгнення, автоматизації будівель та домашньої автоматизації тощо. Мережевий рівень ZigBee за замовчуванням підтримує як типові мережі типу "зірка" і "дерево", так і mesh-мережі.

ZigBee розроблений альянсом ZigBee, який налічує сотні компаній-членів. ZigBee і 802.15.4 – це не одне і те ж саме. ZigBee – це стандартний мережевий протокол, що підтримується виключно альянсом ZigBee, який використовує транспортні послуги мережевої специфікації IEEE802.15.4. Альянс ZigBee відповідає за стандарт ZigBee, а IEEE – за IEEE802.15.4. ZigBee-альянс (програмне забезпечення) визначає мережевий, безпековий та прикладний рівні. IEEE802.15.4 (апаратний) визначає фізичний рівень та рівень управління доступом до середовища для LR-WPAN. Потужність, необхідна для ZigBee, дуже мала. У більшості випадків використовується 1 мВт (або менше). Але при цьому він забезпечує дальність дії до 150 метрів у зоні прямої видимості, що досягається за допомогою технології, яка називається прямим розширенням спектру (DSSS). Крім того, DSSS споживає менше енергії в порівнянні з розширенням спектру зі скачкоподібною перелаштуванням частоти (FHSS). Він працює в діапазонах 868 МГц (Європа), 915 МГц (Північна Америка і Австралія) і 2,4 ГГц (не ліцензована частота) зі швидкістю передачі даних до 20 кбіт/с, 40 кбіт/с і 250 кбіт/с відповідно [8].

16-розрядні короткі адреси підтримують теоретично більше 65 000 вузлів в мережі. Мережа ZigBee може мати до 653356 пристроїв, відстань між ZigBee-пристроями може становити до 50 метрів, і кожен вузол може передавати дані іншим вузлам. Це призводить до можливості створення дуже великих мереж, які покривають значні відстані.

Структура системи Zigbee складається з трьох різних типів пристроїв: координатор Zigbee, маршрутизатор і кінцевий пристрій. Кожна мережа Zigbee повинна складатися щонайменше з одного координатора, який виступає в ролі кореня і моста мережі. Координатор відповідає за обробку та зберігання інформації при виконанні операцій прийому та передачі даних.

Маршрутизатори Zigbee діють як проміжні пристрої, які дозволяють передавати дані до інших пристроїв і назад через них. Кінцеві пристрої мають обмежену функціональність для зв'язку з батьківськими вузлами таким чином, щоб економити заряд батареї. Кількість маршрутизаторів, координаторів і кінцевих пристроїв залежить від типу мереж, таких як зірка, дерево і комірчасті мережі.

Архітектура протоколу Zigbee складається зі стека різних рівнів, де IEEE 802.15.4 визначається фізичним і MAC рівнями, а завершується цей протокол накопиченням власного мережевого і прикладного рівнів Zigbee [9].

Безпека ZigBee та шифрування даних базується на безпеці, визначеній у протоколі 802.15.4. Алгоритм шифрування, що використовується в ZigBee – AES (Advanced Encryption Standard) з довжиною ключа 128 біт (16 байт). Алгоритм AES використовується не тільки для шифрування інформації, але й для перевірки достовірності даних, що надсилаються. Ця концепція називається "Цілісність даних" і досягається за допомогою коду цілісності повідомлення (Message Integrity Code, MIC), також відомого як код автентифікації повідомлення (Message Authentication Code, MAC), який додається до повідомлення. Цей код забезпечує цілісність заголовка MAC і доданих даних корисного навантаження. MAC може мати різні розміри: 32, 64, 128 біт, але завжди створюється за 128-бітовим алгоритмом AES. Захист

даних здійснюється шляхом шифрування поля корисного навантаження даних за допомогою 128-бітного ключа.

ZigBee реалізує два додаткових рівня безпеки на додаток до рівня 802.15.4: мережевий і прикладний рівні безпеки. Вся політики безпеки покладається на 128-бітний алгоритм шифрування AES, тому апаратна архітектура, раніше розгорнута для каналного рівня (MAC-рівень), все ще діє. Існує 3 види ключів: головний, каналний та мережевий.

Переваги:

- мережа має гнучку мережеву структуру;
- довготривалий час автономної роботи;
- низьке енергоспоживання;
- легке налаштування мережі;
- можливість масштабування мережі;
- недороге обладнання;
- можливість підключення великої кількості вузлів;
- навантаження рівномірно розподілені по мережі, тому що в ній немає центрального контролера;
- використання не ліцензованої смуги частот.

Недоліки:

- менш захищений в порівнянні з Wi-Fi та WiMax;
- невисока швидкість передачі даних.

Таким чином, в таблиці 1.1 наведено порівняльну характеристику усіх стандартів, які були описані вище.

Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика стандартів бездротових мереж

	ZigBee	Bluetooth	WiMax	Wi-Fi
Смуга частот	868/915МГц, 2,4ГГц	2,4 ГГц	2 ... 11 ГГц і 10... 66 ГГц	2,4 ГГц, 5ГГц
Швидкість передачі даних	250 кбіт/с	1 Мбіт/с	70 Мбіт/с	54 Мбіт/с (2,4 ГГц); до 6,77 Гбіт/с (5 ГГц)
Радіус дії	10-100 м	10 м	40 км	100м (2,4ГГц)
Номінальна потужність	(-25)-0 дБм	0-10 дБм	43 дБм	15-20 дБм
Кількість радіоканалів	1/10;16	79	–	14(2,4 ГГц)
Енергоспоживання	Низьке	Середнє	Дуже високе	Високе
Шифрування	128 AES, CBC	E0, ECB	AES , 3DES, ECB	AES і RS4, CBC
Сфера застосування	Віддалений моніторинг та керування	Обмін даними при малому радіусі дії	Високошвидкісна передача даних	Передавання мультимедіа. інформ.
Максимальна кількість вузлів в мережі	64000	7	-	32 на одну точку доступу

Приведена таблиця дає змогу порівняти описані вище технології. Загалом, оцінюючи технологію ZigBee можна сказати, що вона є найменш

енерговитратною, але швидкість передачі даних є не дуже високою, також захищеність технології є не надто високою. В свою чергу Bluetooth також є технологією з відносно невисоким енергоспоживанням, але недоліком є невеликий радіус дії. Технології Wi-Fi та WiMax є лідерами зі швидкості передачі даних та рівнем захищеності. Такі технології підійдуть для систем, де немає обмеження щодо енергоспоживання. Окремим недоліком WiMax є необхідність ліцензування деяких частот, це додаткові витрати, з огляду на те, що технологія є і так найкоштовнішою серед наведених.

1.6 Платформи для датчиків

Через відсутність чіткої стандартизації в сенсорних мережах, використовуються різні платформи для безпроводових датчиків. Всі вони відповідають основним базовим вимогам до сенсорних мереж: низьке енергоспоживання, тривалий час роботи, малопотужні прийомопередавачі і наявність сенсорів. До основних платформ можна віднести MICA2/MICAz, TelosB.

MICA2 – це третє покоління, що використовується для створення малопотужних, бездротових сенсорних мереж. MICA2 має кілька нових удосконалень у порівнянні з оригінальним MICA Mote (рис. 1.8).

Базується на Atmel ATmega128L. ATmega128L – це малопотужний мікроконтролер, який запускає TinyOS зі своєї внутрішньої флеш-пам'яті. Використовуючи TinyOS, одна процесорна плата може бути налаштована для запуску датчика додаток/обробка та стека мережа/радіозв'язок одночасно. Для підключення датчиків доступний 51-контактний роз'єм розширення, який підтримує аналогові входи, цифрові входи/виходи, I2C, SPI і UART інтерфейси. Ці інтерфейси дозволяють легко підключатися до широкого різноманіття зовнішніх периферійних пристроїв. Має вбудовані сенсорні модулі для виміру вологості, температури і світла [10].

Використовується прийомопередавач CC1000.

Сфера застосування:

- бездротові сенсорні мережі;
- безпека, спостереження;
- моніторинг навколишнього середовища.



Рисунок 1.8 – Платформа MICA2

MICAz – це платформа схожа за своїми характеристиками з MICA2, яка так само використовується для створення бездротових сенсорних мереж з низьким енергоспоживанням. Платформа побудована на базі процесора Atmel ATmega128L. MICAz забезпечує як високу швидкість (250 кбіт/с), так і апаратний захист (AES-128) (рис.1.9).

Базова станція дозволяє агрегувати дані сенсорної мережі на ПК або іншій комп'ютерній платформі. Будь-який MICAz Mote може функціонувати як базова станція, коли він підключений до стандартного інтерфейсу ПК або шлюзової плати [11].

Використовує прийомопередавач CC2420.



Рисунок 1.9 – Платформа MScAz

Сфера застосування:

- моніторинг та безпека внутрішніх приміщень;
- акустика, відео та інші дані високошвидкісних датчиків;
- масштабні сенсорні мережі.

TelosB – це платформа з відкритим вихідним кодом, розроблена для проведення передових експериментів для дослідницької спільноти. Вона об'єднує все необхідне для лабораторних досліджень на одній платформі, включаючи можливість програмування через USB, малопотужний мікроконтролер з розширеною пам'яттю і додатковий набір датчиків.

Ця платформа забезпечує низьке енергоспоживання що дозволяє тривалий час працювати від батареї, а також швидке пробудження зі стану сну (рис. 1.10).

Хоча TelosB є несертифікованою радіоплатформою, вона повністю сумісна з дистрибутивом TinyOS з відкритим вихідним кодом.

Платформа живиться від двох батарейок типу AA. Якщо TelosB підключений в порт USB для програмування або зв'язку, живлення здійснюється від головного комп'ютера [12].



Рисунок 1.10 – Платформа TelosB

Сфера застосування:

- платформа для досліджень з низьким енергоспоживанням;
- експерименти з бездротовою сенсорною мережею.

2 ПОБУДОВА МЕРЕЖІ

2.1 Вимоги до проектованої мережі

При проектуванні мережі висуваються вимоги до мережі для побудови найоптимальнішого варіанту. Таким чином, нижче приведені основні вимоги:

а) радіус дії радіозв'язку вузлів повинен бути високим (до 1 км). Радіус дії має вирішальне значення для забезпечення зв'язку з мережею та збору даних у мережі, оскільки середовище, що моніториться, може не мати встановленої інфраструктури для зв'язку;

б) енергоспоживання сенсорного пристрою повинно бути зведено до мінімуму, а сенсорні вузли повинні бути енергоефективними, оскільки обмеженість енергетичного ресурсу визначає термін їх служби. Для економії енергії вузол повинен відключати радіоживлення, коли не використовується. Тип батареї має важливе значення, оскільки він може впливати на конструкцію сенсорних вузлів. Для уникнення проблеми перезарядки або розрядки акумулятора до сенсорних вузлів можна додати схему захисту акумулятора;

в) для сенсорних мереж рекомендується використовувати мікросхеми пам'яті типу флеш-пам'ять, оскільки вони енергонезалежні та недорогі;

г) сенсорні мережі складаються з сотень тисяч вузлів. Перевага надається тільки в тому випадку, якщо вузол дешевий;

д) ОС для сенсорних вузлів повинна бути апаратно-незалежною та орієнтованою на конкретні додатки. Вона повинна підтримувати багато перехідну маршрутизацію та просту мережеву взаємодію на рівні користувача;

е) операційна система повинна мати вбудовані функції для зменшення споживання енергії акумулятора. Через малі розміри та низьку вартість сенсорних пристроїв їх не можна перезаряджати, коли забажаєш, і вона

повинна мати можливість обмежувати кількість ресурсів, що використовуються кожною програмою. Операційна система повинна базуватися на пріоритетах, і вона повинна надавати перевагу більш пріоритетним подіям;

ж) система має бути масштабованою;

з) мережа повинна використовувати не ліцензований діапазон частот;

и) операційна система повинна мати вбудовані функції для зменшення споживання енергії акумулятора. Через малі розміри та низьку вартість сенсорних пристроїв їх не можна перезаряджати, коли забажаєш, і вона повинна мати можливість обмежувати кількість ресурсів, що використовуються кожною програмою. Операційна система повинна базуватися на пріоритетах, і вона повинна надавати перевагу більш пріоритетним подіям;

к) можливість встановлення додаткових датчиків для моніторингу навколишнього середовища.

2.2 Вибір вулиці

Використовувати технологію WSN для освітлення вулиць можливо у межах цілого міста. Таким чином, можливо досягнути максимально ефективного використання освітлення, що в свою чергу знижує витрати на електроенергію. Але в дипломному проекті вирішено розглянути тільки певну ділянку вулиці.

Основний акцент при виборі було зроблено на важливості вулиці, але при цьому з менш інтенсивним трафіком ніж найголовніша артерія міста, наприклад. Якщо обирати вулиці з високою інтенсивністю трафіку цілодобово, то різниця між звичайним освітленням і “розумним” стає дещо менш помітною.

Отже, запропонованою вулицею є Каширське шосе, м. Запоріжжя. Було взято ділянку від кільця до в'їзду у місто і до наступного кільця, де закінчується шосе.

Важливість цієї ділянки обумовлена тим, що це основна дорога на в'їзд у місто Запоріжжя з правого берегу р. Дніпро. Основні ланцюги постачання здійснюються саме через це шосе. Також, вздовж шосе є багато житлових будинків, що означає необхідність встановлення освітлення задля безпеки пішоходів.

Протяжність шосе становить 7 кілометрів 200 метрів. На дорозі знаходиться одне регульоване перехрестя та одне нерегульоване, один пішохідний перехід, залізничний переїзд. Ці ділянки є особливо небезпечними та потребують окремої уваги під час проєктування.

Таким чином, у розділі було вибрано вулицю та описано найголовніші характеристики.

2.3 Вибір та побудова мережі

Під час вибору стандарту бездротового зв'язку, необхідно брати до уваги вимоги до проєктованої мережі. Таблиця 1.1 надає зведені дані про різні бездротові стандарти зв'язку. Серед всіх стандартів було обрано ZigBee. Саме цей стандарт є найменш енерговитратним на відміну від Wi-Fi та WiMax, має більший радіус дії ніж Bluetooth. Також, до переваг можна віднести відсутність ліцензування частот.

Мережа буде будуватися на основі кластерної архітектури. Такий тип мережевої архітектури є надзвичайно популярним завдяки властивості злиття даних. У загальному випадку в кожному кластері кожен вузол може взаємодіяти через голову кластера для отримання даних. Всі кластери будуть ділитися зібраними даними з базовою станцією. Формування кластера, а також вибір його голови в кожному кластері є незалежними, а також автономним розподіленим методом.

Тип маршрутизації ієрархічний. При ієрархічній маршрутизації вузли датчиків групуються у кластери. У кожному кластері є лідер – вузол, призначений для зв'язку з більшими обчислювальними та енергетичними ресурсами. Потім кожен сенсорний вузол відправляє дані тільки лідеру кластера, розвантажуючи вузли від проблем маршрутизації, які перекладаються на лідерів кластера.

Зв'язок з базовою станцією буде здійснюватися за “push-моделлю”, тобто базова станція пасивно слухає шлюзовий вузол, а сенсорні вузли відправляють дані тільки тоді, коли вирішать.

У загальному вигляді мережа виглядає так: на кожному стовпі розміщено датчик руху, датчик вимірювання інтенсивності освітлення. Окремо можна додати, що особливо небезпечні ділянки фронту слід залишати повністю увімкненими під час темної пори доби. Базова станція розміщується посередині кожної трійки стовпів. Таке рішення обумовлено радіусом дії радіозв'язку, відстанню між стовпами та об'ємом інформації, яку необхідно передати. Оскільки, дальність дії зв'язку дорівнює ста метрам, відстань між стовпами дорівнює сорока метрам, максимальний одномоментний обсяг переданої інформації не перевищує 1кбіт з одного стовпа, тобто 3 кбіт з трьох стовпів. З цього випливає те, що хоча базову станцію можна ставити на кожен стовп, але це є економічно недоцільним. В подальшому дані надіслані до базової станції можуть передаватись до віддаленого сервера за допомогою глобальної мережі Інтернет.

На рисунку 2.1 наочно приведено приклад побудови мережі.

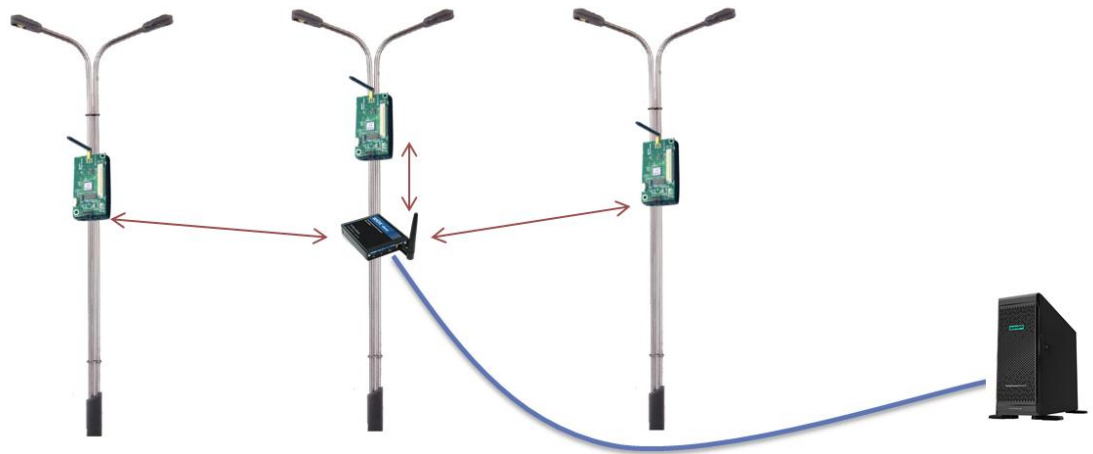


Рисунок 2.1 – Запропонована побудова мережі

2.4 Розрахунок кількості устаткування

Для побудови мережі на Каширському шосе необхідно підрахувати кількість устаткування для коректної роботи мережі.

Необхідну кількість стовпів можна вирахувати за принципом довжина шосе розділена на кожні 40 метрів, де 40 метрів це загальна усереднена відстань між стовпами. За таким розрахунком виходить, що необхідно 180 стовпів.

Оскільки, на кожному стовпі буде висіти по 2 лампи (по одній лампі на кожну сторону проїжджої частини), то необхідна кількість дорівнює 360 штук.

Необхідно 360 датчиків руху (2 датчики на кожен стовп), 180 платформ MICAz, датчик освітлення вже вбудовано в платформу MICAz. Також, як було зазначено вище, базова станція розміщується на кожну трійку стовпів, тобто необхідна кількість дорівнює 60.

2.5 Вибір обладнання

Опис платформ для датчиків було розглянуто в 1 розділі. Серед трьох варіантів було вибрано Micas, через робочу частоту та швидкість передачі даних.

При виборі датчику руху необхідно враховувати деякі особливості. По-перше, кут огляду не повинен перевищувати 180° , але не меншим ніж 90° ; дальність дії повинна дорівнювати або бути більшою за 10 метрів (ширина проїжджої частини 9 метрів), напруга живлення не повинна перевищувати 3.3 Вольт (відповідно до характеристик платформи Micas). Відповідно до вимог було обрано датчик руху HC-SR501 (рис. 2.2). Характеристики відповідають всім наявним вимогам: кут огляду 110° , радіус дії 9 метрів, при невеликій доробці в якості вхідної напруги можна використовувати 3,3В.



Рисунок 2.2 – Датчик руху HC-SR501

З огляду на те що наразі ринок продажу обладнання для мережі WSN не насичено, то пропонуються наступні рішення базової станції для даної мережі.

В якості шлюзового вузла пропонується використовувати ZB-STICK – POPE701554 (рис. 2.3). Він заснований на чіпі EFR32MG1 SiLabs, який являє собою мікроконтролер IEEE 802.15.4 / Zigbee з тактовою частотою 2,4 ГГц. POPE ZB-Stick призначений для загального використання з ПК, ноутбуками

або одноплатними комп'ютерами, такими як Raspberry Pi, BeagleBone, Odroid, Orange Pi та іншими.



Рисунок 2.3 – ZB-STICK – POPE701554

Через USB порт, шлюзовий вузол підключається до одноплатового комп'ютера NanoPi NEO (рис. 2.4). NanoPi NEO працює на базі 4х-ядерного Allwinner H3 з ядрами Cortex-A7 тактовою частотою до 1.2GHz, має графіку Mali400MP2 тактовою частотою до 600MHz. Об'єм оперативної пам'яті може бути 256MB або 512MB DDR3 SDRAM.

NanoPi NEO не має інтерфейсів для під'єднання зовнішнього дисплея, тому буде актуальна в проектах, де не потрібен відеовивід, але важливі габарити. Це чудове рішення для центру управління "розумним будинком", домашнього міні-сервера, музичного медіацентру, і роботи із зовнішніми датчиками.



Рисунок 2.4 – NanoPi NEO

3 ПРОЕКТУВАННЯ МЕРЕЖІ В OPNET MODELER®

3.1 Opnet Modeler

OPNET Modeler – програмний інструмент для мережевого моделювання та імітації. Він забезпечує віртуальне мережеве середовище, яке моделює поведінку всієї мережі, включаючи її маршрутизатори, комутатори, протоколи, сервери та окремі додатки. Працюючи у віртуальному мережевому середовищі, IT-менеджери, мережеві та системні планувальники і операційний персонал отримують можливість більш ефективно діагностувати складні завдання, перевіряти зміни перед їх впровадженням і планувати майбутні сценарії, в тому числі сценарії зростання і збоїв. OPNET – це дискретний мережевий симулятор, який містить комплексне середовище розробки, що підтримує моделювання та оцінку продуктивності мереж зв'язку та розподілених систем. Деякі ключові особливості цього симулятора полягають у наступному:

- ієрархічні редактори на основі графічного інтерфейсу;
- високоточне моделювання;
- масштабоване моделювання;
- складний аналіз;
- інтеграція поведінки мережі та додатків в реальному часі.

OPNET підтримує 4 технології моделювання:

а) моделювання дискретних подій (DES). Він надає високодеталізовані моделі, які явно імітують пакети та повідомлення протоколу. Моделі в DES виконують протокол так само, як і у виробничому середовищі. Хоча DES забезпечує дуже високу точність результатів, час виконання симуляції довший, ніж у випадку з іншими методами;

б) потоковий аналіз. Він використовує аналітичні методи та алгоритми для моделювання стаціонарної поведінки мережі. Він не моделює

окремі протокольні повідомлення або пакети, тому не генерує результати для перехідних мережеских умов. Він може бути використаний для дослідження маршрутизації та досяжності в мережі в сталому стані, а також у сценаріях з одним або декількома пристроями, що вийшли з ладу. Час виконання може бути значно швидшим у порівнянні з DES;

в) ACE QuickPredict. Він використовує аналітичну методику для вивчення впливу на час відгуку додатків зміни параметрів мережі (наприклад, пропускної здатності, затримки, завантаження, втрати пакетів). Ця методика підтримується в рамках OPNET Application Characterization Environment (ACE);

г) гібридне моделювання. Він поєднує 2 різні методи моделювання (аналітичне та дискретне) для отримання точних, детальних результатів для цільового потоку. Він спирається на фоновий і явний трафік. Фоновий трафік використовується для представлення більшої частини зовнішнього навантаження мережі на абстрактному рівні. Вибрані потоки мережеских додатків представлені детально, з використанням моделей явного трафіку. Час виконання може бути значно швидшим у порівнянні з DES [13].

В таблиці 3.1 наведено перелік програмних забезпечень, які підтримуються програмою Opnet Modeller.

Таблиця 3.1 – Програмне забезпечення, що підтримується

ПЗ	Компілятор
Linux	gcc 3.4 та вище
Windows	Microsoft Visual Studio 2010
XP	Microsoft Visual Studio 2008
Vista 7	Microsoft Visual C++ 2008 Express Edition

Переваги OPNET:

- швидкий механізм моделювання дискретних подій;
- багато бібліотек компонентів з вихідним кодом;
- підтримка масштабованих бездротових симуляцій;
- 32-бітний і 64-бітний графічний інтерфейс користувача;
- настроюване бездротове моделювання;
- відкритий інтерфейс для інтеграції зовнішніх бібліотек компонентів.

У висновку можна додати. Він підтримує проектування та моделювання систем зв'язку, а також наскрізну оцінку продуктивності системи за допомогою дискретного моделювання подій. На додаток до широкого спектру готових до використання моделей і функцій, він надає користувачеві графічний інтерфейс користувача (GUI) для конфігурації вузлів і мереж, а також для визначення основних процесів. Його можливості графічної презентації полегшують практичне відпрацювання параметрів якості мережі, тому він вважається більш привабливим і зручним інструментом для студентів. Це дозволяє їм зосередитися на результатах і розумінні метрик оцінки продуктивності для систем WSN.

Інші сучасні інструменти для моделювання та аналізу WSN, що використовуються дослідниками та викладачами, включають ns-2, OMNET++ та TOSSIM. Однак, ns-2 та OMNET++ потребують додаткових доповнень та модифікацій для забезпечення достовірних результатів для різних застосувань WSN. Крім того, код в ns-2 є відносно складним для маніпулювання з поганими можливостями графічного представлення. TOSSIM пропонує масштабованість і спеціально розроблений для прототипування WSN, але він обмежений моделюванням додатків TinyOS.

3.2 Побудова мережі в середовищі

Для моделювання мережі ZigBee OPNET пропонує моделі периферійних пристроїв координаторів, маршрутизаторів та кінцевих пристроїв ZigBee. Основною метою моделювання мережі є аналіз продуктивності мережі ZigBee в контексті WSN.

Дослідницька робота складається з обчислювальної мережі, вузли якої є фіксовані. Спроектвана мережа складаються з одного ZigBee координатора (рис. 3.1а), який є найбільш потужним пристроєм, що зберігає необхідну інформацію про мережу та трьох ZigBee кінцевих пристроїв (ZED) (рис. 3.1б), які мають функціонал для зв'язку з маршрутизатором або координатором, якщо в цьому виникає потреба. Координатор виконує роль базової станції, а кінцеві пристрої – моту.



а) координатор ZigBee;

б) кінцевий пристрій ZigBee

Рисунок 3.1 – Використовувані пристрої при побудові мережі

Параметри налаштувань координатора та кінцевих пристроїв представлено на рисунку 3.2. Основними налаштуваннями є: робоча частота 2,4 МГц; створення топології зірка, а саме зазначення того, що кінцеві пристрої передають дані до координатора.

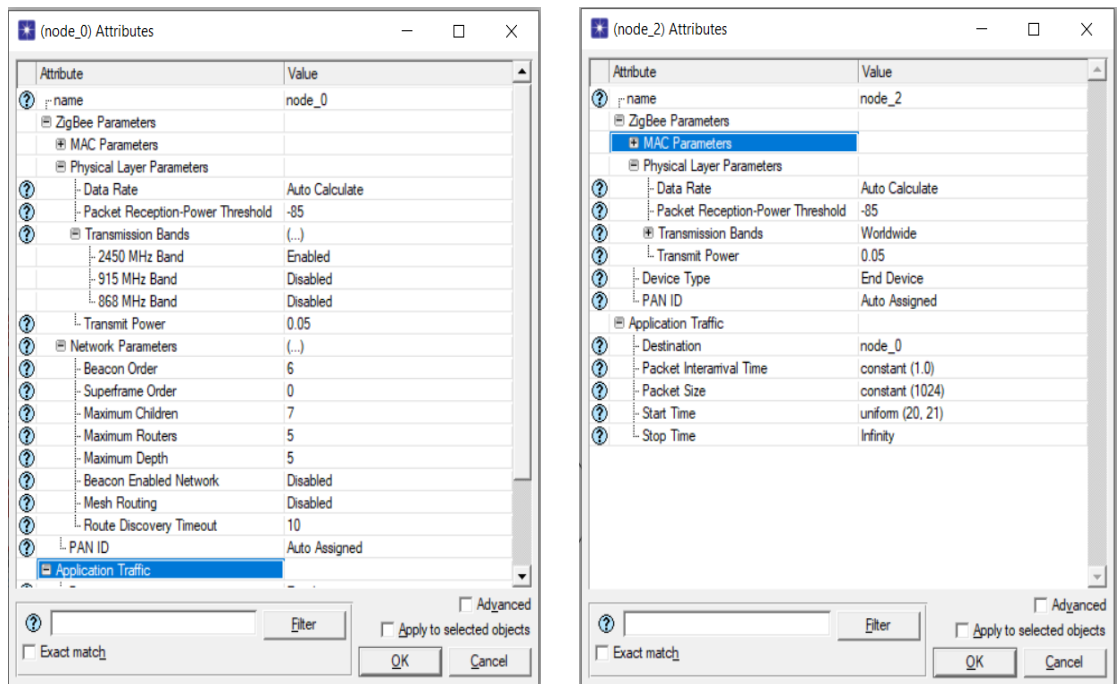


Рисунок 3.2 – Налаштування пристроїв ZigBee

На рисунку 3.3 показана спроектована мережа в програмі Ornet Modeller. Представлено модель одного кластера, а також з'єднання цього кластера з віддаленим сервером.

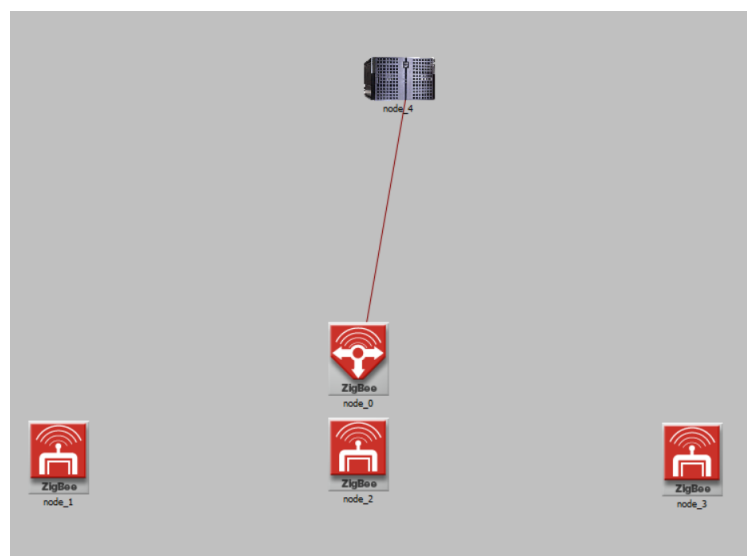


Рисунок 3.3 – Загальний вигляд одного кластера в Ornet

3.3 Результати симуляції та аналіз

Результати були отримані за допомогою методу дискретного моделювання подій (DES) мережі OPNET. Параметри мережі, що представляють інтерес і міркування: пропускна здатність (біт/с), навантаження (біт/с) і наскрізна затримка (секунда), і кожен з цих параметрів був накреслений на графіку в залежності від швидкості. Всі вони залишаються глобальними статистичними даними, що представляють інтерес, коли виникають подібні питання такої форми. Під навантаженням (біт/с) мається на увазі MAC навантаження на мережу ZigBee, під пропускною здатністю (біт/с) – трафік в конкретний момент часу, а під наскрізною затримкою (секунда) – проміжок часу між кінцевим вузлом-відправником та кінцевим вузлом-одержувачем для створення та доставки пакетів.

Пропускна здатність використовується для оцінки передачі даних для даної мережі. Пропускна здатність – це показник кількості одиниць інформації, яку система може обробляти за певний проміжок часу. На рисунку 3.4 показана пропускна здатність відповідної мережі.

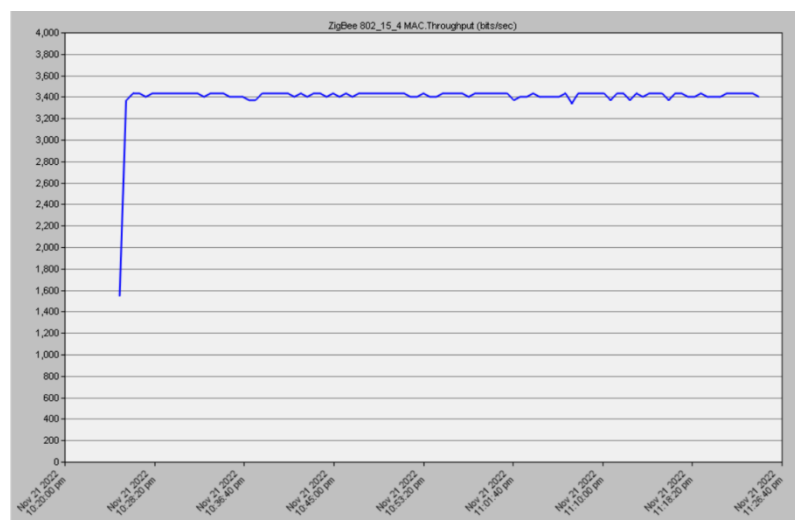


Рисунок 3.4 – Пропускна здатність

Результат симуляції показує, що пропускна здатність дорівнює 3,4 Кбіт/с. Показник не є високим, але з урахуванням конкретної мережі є достатнім. Підвищити рівень пропускної здатності можна шляхом зміни топології мережі, але це потребує більше ресурсів для побудови мережі.

Наскрізна затримка – це час, необхідний пакету для проходження від джерела до місця призначення. Затримка залежить від кількості переходів та перевантаження мережі. Результати симуляції представлені на рисунку 3.5.

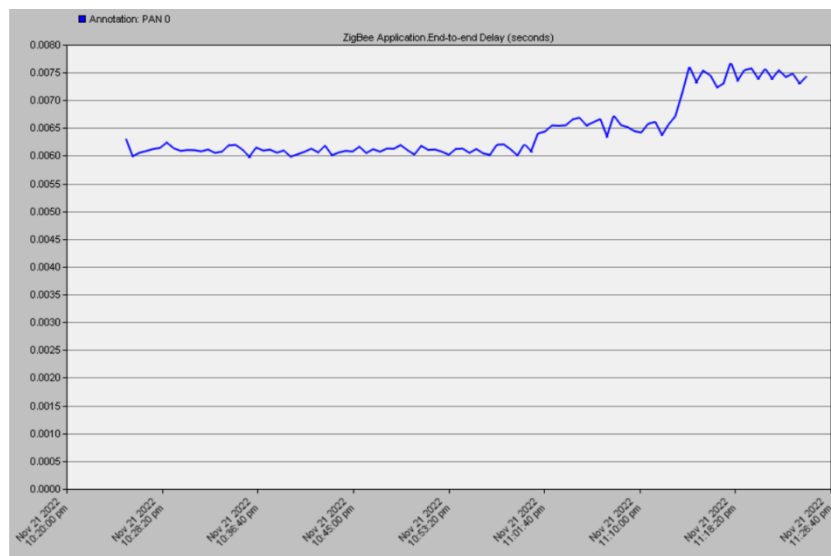


Рисунок 3.5 – Наскрізна затримка

Результати показують, що час затримки становить діапазон від 0,006 до 0,0077 секунд. Отримані дані є задовільними.

Далі було проведено симуляцію навантаження мережі. Навантаження – обсяг даних (трафіку), що передається мережею (рис. 3.6).

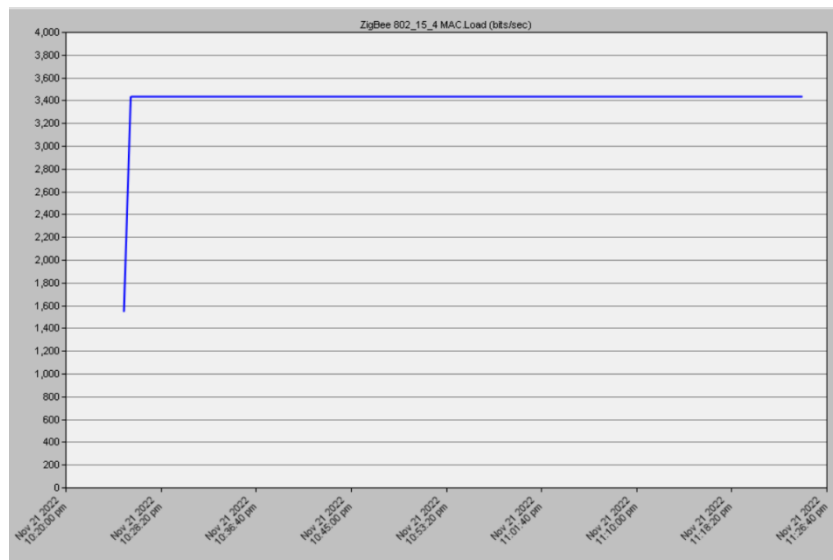


Рисунок 3.6 – Навантаження

Із графіка видно, що навантаження сягає в середньому 3,4 Кбіт/с.

Таким чином, в даній науково-дослідній роботі було представлено бездротову сенсорну мережу на основі стандарту IEEE 802.15.4 ZigBee. Для дослідження та аналізу продуктивності різних параметрів мережі використовувався провідний симулятор дискретно-подієвого моделювання мереж OPNET 14 завдяки його точності та складному графічному інтерфейсу користувача. Було визначено пропускну здатність мережі, навантаження та наскрізну затримку. Усі результати отримані під час симуляції свідчать про життєздатність даної мережі та можливість використовувати у реальному житті.

4 ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

4.1 Обґрунтування актуальності теми з позиції маркетингу

Останніми роками питання охорони навколишнього середовища набули широкої міжнародної уваги, що призвело до розвитку енергоефективних технологій, спрямованих на скорочення енергоспоживання. Одним з аспектів цієї ситуації, що розвивається, є зростаючий попит на зменшення кількості електроенергії, що використовується для освітлення. Зокрема, значного значення набуває енергозбереження для великомасштабних освітлювальних завдань, таких як вуличне освітлення. Більшість джерел зовнішнього освітлення, таких як вуличні ліхтарі, використовують в якості джерел світла НІД-лампи.

Глобальне занепокоєння викликає кількість енергії, яку споживають НІД-лампи, і, як наслідок, кількість викидів вуглекислого газу в атмосферу через таке енергоспоживання. У зв'язку з цим останнім часом приділяється увага світлодіодному освітленню як енергозберігаючому джерелу світла.

Світлодіодне освітлення доріг споживає від третини до половини електроенергії, необхідної для НІД-ламп. Життєвий цикл світлодіода може бути більш ніж втричі довшим, ніж у газорозрядної лампи. Світлодіодне освітлення може скоротити час, необхідний для заміни дефектних світильників, і очікується, що світлодіодна система буде порівняно легкою в обслуговуванні. Це, в свою чергу, означає, що світлодіодна система може вважатися придатною для використання на ізольованих островах або у високогірних регіонах. На цьому тлі і в результаті значного поліпшення ефективності світіння в останні роки, можна очікувати, що світлодіодне освітлення повністю замінить раніше використовувані джерела світла протягом нашого життя.

Системи освітлення, особливо в державному секторі, все ще розробляються відповідно до попередніх стандартів надійності і, як правило,

не використовують новітні технологічні розробки. Однак останнім часом зростаючий тиск, пов'язаний з цінами на сировину, а також зростаюча соціальна чутливість до викидів CO₂ призводять до розробки нових методів і технологій, які дозволяють значно заощадити кошти і більше поважати навколишнє середовище.

Можна зустріти три варіанти вирішення цих питань. Перше рішення, і, можливо, найбільш революційне, полягає у використанні системи дистанційного керування, заснованої в основному на інтелектуальних ліхтарних стовпах, які надсилають інформацію до центральної системи керування, спрощуючи управління та обслуговування. Для організації бездротового зв'язку між ліхтарем і терміналом моніторингу на ПК використовується протокол зв'язку IEEE802.15.4 стандарту Microchip Wireless (MiWi). Друге – при виявленні руху людини або транспортного засобу датчик руху запускає мікроконтролер, який вмикає світлодіоди на повну яскравість, а потім повертається до режиму приглушеної яскравості. Третє роздільна здатність – це режим огляду. Увімкненням/вимкненням можна керувати також вручну зі станції EV по тому ж бездротовому каналу зв'язку.

Мережа використовує діапазон частот, що не підлягає ліцензуванню.

Обладнання мережі (вишки, приймачі, передавачі, лампи) має невисоку вартість, прикінцеві пристрої – коштують небагато.

Використання розумного освітлення надасть змогу значно заощадити кошти, які через певний час використання перекриють вартість розбудови цієї технології.

У таблицю 4.1 зведено зміст ідеї, напрямки застосування та вигоди для споживачів.

Таблиця 4.1 – Опис ідеї

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для споживачів (користувачів)
Розробляється бездротова сенсорна мережа, що охоплює всі ланки передачі даних: від датчика, який збирає інформацію до сервера, який її зберігає та обробляє. Концепція базується на використанні бездротового стандарту ZigBee	1) міські вулиці	економне використання освітлення, безпека на дорогах
	2) траси загального значення	використання освітлення тільки за необхідності
	3) гірська місцевість, залізниця, аеропорт	безперебійне освітлення у важкодоступній місцевості

У таблиці 4.2 наведено характеристику потенційного ринку телекомунікаційних послуг.

Таблиця 4.2 – Попередня характеристика потенційного ринку

№	Показники стану ринку (найменування)		Характеристика
1	Головні конкуренти	LoRaWAN	Дає змогу малопотужним пристроям обмінюватися даними з під'єднаними до Інтернету застосунками бездротовим зв'язком на великій відстані.
		Z-Wave	Технологія використовує малопотужні та мініатюрні радіочастотні модулі для контролю та управління в житлових і комерційних об'єктах

Продовження таблиці 4.2

№	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
2	Динаміка ринку (якісна оцінка)	зростає, через зростання попиту на низько енергоємні технології
3	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	упереджене ставлення до нової мережі, через необізнаність
4	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	немає

У таблиці 4.3 наведена характеристика потенційних клієнтів мережі, що розробляється.

Таблиця 4.3 – Попередня характеристика потенційних клієнтів

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів (користувачів)
1	Безперебійна робота освітлення в місті	жителі міста	найважливішим буде відсутність збоїв у освітленні	Безперебійне освітлення
2	Безперебійна робота освітлення на трасі	водії автотранспорту	найважливішим є створення безпечної ділянки дороги	Безпечність дорожнього руху у нічний час

Продовження таблиці 4.3

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів (користувачів)
3	Віддалений моніторинг і безперебійне освітлення	залізниця, аеропорт	важливим є забезпечення достатнім освітленням на небезпечних ділянках	Висока видимість у нічний час при роботі з травмонебезпечним обладнанням

В таблиці 4.4 наведено SWOT-аналіз середовища для реалізації проєкту.

Таблиця 4.4 – SWOT-аналіз

Сильні сторони:	Слабкі сторони:
<ul style="list-style-type: none"> – низьке енергоспоживання; – простота налаштування; – масштабованість мережі; – працює в не ліцензованому частотному діапазоні; – швидке і просте встановлення; – низькі витрати на реалізацію; – низька вартість обладнання 	<ul style="list-style-type: none"> – слабка захищеність системи; – можливий негативний вплив при екстремальних погодних умовах; – можливість неправомірного втручання у систему
Можливості:	Загрози:
<ul style="list-style-type: none"> – розширення послуг “розумного міста”; – зростання потреб у безпеці; – запити користувачів 	<ul style="list-style-type: none"> – технічні недоліки технологій, що уповільнюють впровадження

В таблиці 4.5 наведено розробку стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів.

Таблиця 4.5 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Містяни	ознайомлені	громадський	помірна	Доступність сегмента
2	Водії	неознайомлені	повноцінний	помірна	Доступність сегмента
3	Пасажири і працівники у аеропортах	ознайомлені	громадський	помірна	Доступність сегмента

Які цільові групи обрано: містяни, водії, пасажири і працівники у аеропортах.

Стейкхолдери поділяються на дві групи:

- постачальники вуличного освітлення наприклад компанії: STOLB, TeamProject та інші;
- споживачі: юридичні і фізичні особи.

Компанії, які є постачальниками вуличного освітлення будуть зацікавлені в цій технології тому, що вона є легко налаштовувана та є сучасною. Також, побудова цієї мережі не потребує великих фінансових затрат.

Споживачі будуть зацікавлені в цій мережі, так як вони будуть мати змогу використовувати освітлення там, де раніше його не було.

На рисунку 4.1 зображена карта стейкхолдерів, що візуально демонструє їх взаємодію.

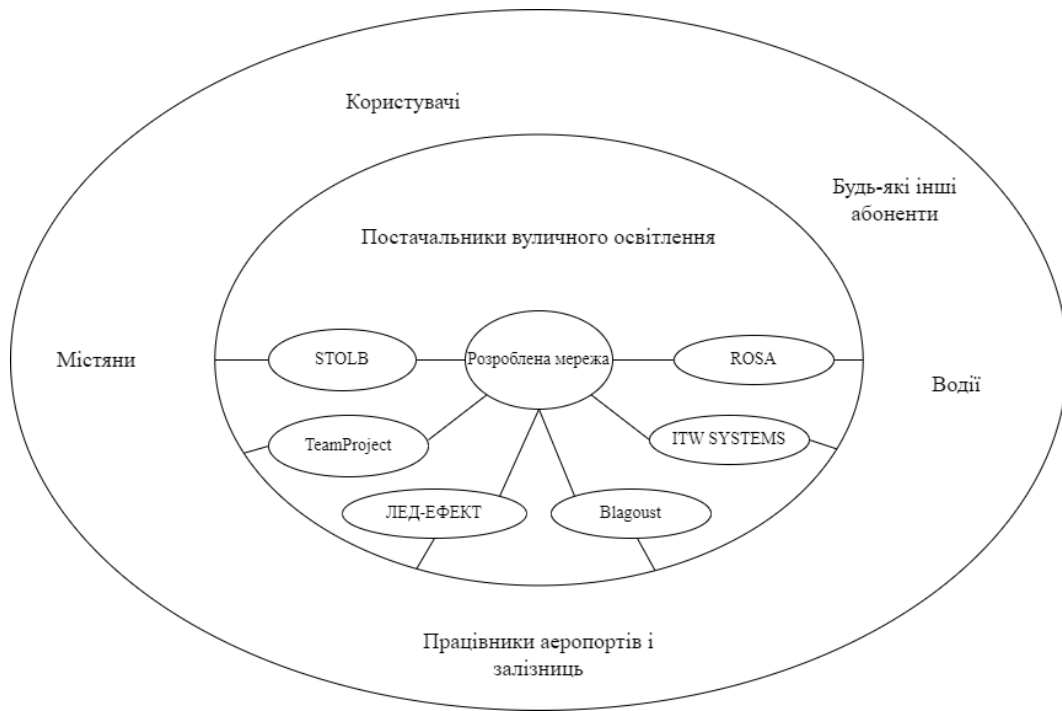


Рисунок 4.1 – Карта стейкхолдерів

4.2 Розрахунок витрат на практичну реалізацію

Преміальний відсоток до тарифного заробітку складає 15% від окладу. Витрати на преміальні витрати зведені в таблицю 4.3.

Єдиний соціальний внесок – це страховий внесок. Він визначається в розмірі 22% від суми основної та додаткової заробітних плат.

$$\text{ЄСВ} = (\text{ЗПосн} + \text{ЗПдод}) * 0.22 = (13000 + 1950) * 0.22 = 3289 \text{ грн.}$$

У таблиці 4.6 наведено склад, чисельність та фонд заробітної плати виробничих працівників.

Таблиця 4.6 – Склад, чисельність та фонд заробітної плати виробничих працівників

Категорії працівників	Наявна чисельність, осіб		Тарифна ставка за розрядом виконуваних робіт, грн / годину	Ефективний фонд робочого часу, годин	Тарифний заробіток, грн.	Преміальний відсоток до тарифного заробітку	Розмірпремії, грн.	Річний фонд заробітної плати, грн.	ЄСВ, грн.
	за зміну	на добу							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	1
Виробничі працівники, в тому числі:	2	2	77,38	168	13000	15%	1950	179400	3289
1. Основні працівники									
2. Допоміжні працівники	1	1	59,52	168	10000	15%	1500	138000	2530
3. Черговий та ремонтний персонал	1	1	47,62	168	8000	15%	1200	110400	2024
Разом виробничих працівників	4	4	-	-	-	-	4650	427800	7843

У таблиці 4.7 наведено склад, чисельність та фонд заробітної плати адмінперсоналу.

Таблиця 4.7 – Склад, чисельність та фонд заробітної плати адмінперсоналу

Посада	Кількість осіб	Посадовий оклад, грн	Преміальний відсоток до окладу, %	Сума премії, грн	Місячна заробітна плата, грн	Річний фонд оплати праці, грн	ЄСВ, грн
1	2	3	4	5	6	7	8
Адміністратор	1	13000	15%	1950	14950	179400	3289
Інженер	1	15000	15%	2250	17250	207000	3795
Разом управлінського персоналу	2	28000	-	4200	32200	386400	7084

У таблиці 4.8 наведено розрахунок матеріальних витрат.

Таблиця 4.8 – Розрахунок матеріальних витрат

Матеріальні витрати	Нормати в у розрахунку на один продукт (послугу)	Виробнича програма	Обсяг сировини, 1 будівля	Ціна, грн	Сума, грн
1	2	3	4	5	6
Світлодіодна лампа 30Вт 6400К SKYHIGH-30-070	1 шт.	Освітлення вулиці	360 шт.	589,00	212 040,00
Датчик руху HC-SR501	1 шт	Виявлення руху	360 шт.	54,00	19 440,00

Продовження таблиці 4.8

Матеріальні витрати	Нормати в у роз- рахунку на один. продукт (послугу)	Виробнича програма	Обсяг сиро- вини, 1 будів- ля	Ціна, грн	Сума, грн
Платформа для датчиків MicaZ	1 шт.	Платформа для встановлюваних датчиків	180 шт.	1500,00	270 000,00
Шлюзовий вузол ZB-STICK – POPE701554	1 шт.	Вузол прийому та передачі даних	60 шт.	1200,00	72 000,00
Базова станція NanoPi NEO	1 шт.	Збір, обробка та керування даними	60 шт.	528,00	31 680,00
Разом	-	-	-	-	605 160,00

У таблиці 4.9 наведено розрахунок вартості спожитих послуг.

Таблиця 4.9 – Розрахунок вартості спожитих послуг

Вид послуг	Норматив у розрахунку на один. продук. (послуг)	Виробнича програма	Обсяг послуг	Тарифи, грн	Сума, грн
1	2	3	4	5	6
Електропостачання	1 кВт		2000 кВт	1,68	3 360,00
Водопостачання (холодна вода)	1 м ³	2,7 м ³	81 м ³	15,31	1240,11
Водопостачання (гаряча вода)	1 м ³	3 м ³	90 м ³	80,74	7 266,60
Теплопостачання	25 м ²		2000 м ²	15,55	31100,00
Разом	-	-	-	-	42 966,71

Первісна вартість основних засобів складає 605 160,00 грн.

Норми амортизації – це розмір амортизаційних відрахувань, виражений у відсотках до початкової вартості основних фондів. Вартість, яка амортизується, є первісною або переоціненою вартістю необоротних активів, зменшених на ліквідаційну вартість. У свою чергу, ліквідаційна вартість – це сума коштів або вартість інших активів, яку підприємство очікує отримати від реалізації необоротних активів після закінчення строку їх корисного використання, за вирахуванням витрат, пов'язаних з продажем.

Для розрахунку суми річної амортизації використаємо метод зменшення залишкової вартості:

$$H_a = 1 - \sqrt[t]{\frac{ЛВ}{ПВ}}$$

де T – строк корисного використання устаткування;

$ЛВ$ – ліквідаційна вартість;

$ПВ$ – первісна вартість.

Строк корисного використання обладнання складає 8 років.

Ліквідаційна вартість обладнання –5000 грн.

Тоді річна сума амортизації з урахуванням первісної вартості основних засобів та норми амортизації складе:

$$H_a = 1 - \sqrt[8]{\frac{5000}{605160}} = 0,4509.$$

Витрати на поточний ремонт складатимуть:

$$S_{\text{рем}} = 605160 \cdot 0,02 = 12103,2 \text{ грн.}$$

У таблиці 4.10 наведено розрахунок амортизації з урахуванням первісної вартості основних засобів та норми амортизації.

Таблиця 4.10 – Розрахунок амортизації

Група основних засобів	Норма амортизації	Первісна вартість ОЗ на 01.01.21.	Надійшло ОЗ		Вибуло ОЗ		Сума, грн
			дата	пер. вар.	дата	пер. вар.	
1	2	3	4	5	6	7	8
Світлодіодна лампа 30Вт 6400К SKYHIGH-30-070	0,2	212 040,00	10.01.22	212040,00	31.12.22	42 408,00	42408,00

Продовження таблиці 4.10

Група основних засобів	Норма амортизації	Первісна вартість ОЗ на 01.01.21.	Надійшло ОЗ		Вибуло ОЗ		Сума, грн
			дата	пер. вар.	дата	пер. вар.	
Датчик руху HC-SR501	0,02	19 440,00	10.01.22	19440,00	31.12.22	388,00	388,00
Платформа для датчиків MicaZ	0,01	270 000,00	10.01.22	270000,00	31.12.22	2700,00	2700,00
Шлюзовий вузол ZB-STICK – POPE701554	0,01	72 000,00	10.01.22	72000,00	31.12.22	720,00	720,00
Базова станція NanoPi NEO	0,03	31 680,00	10.01.22	31680,00	31.12.22	950,4	950,4
Разом	-	605 160,00	-	605160,00	-	47 166,4	47 166,4

Брутто-інвестиції – це інвестиції, що складаються з нетто-інвестицій і реінвестицій.

Нетто-інвестиції – це початкові інвестиції в період реалізації технології, а також її розширення. Так як розроблена в проекті мережа є новою, нетто-інвестиції будуть необхідними для її впровадження. Вони будуть спрямовані на покупку матеріалів, обладнання та оплату праці людей, що втілюватимуть цей проект у життя.

Реінвестиції, що стануть можливими за рахунок отримання прибутку з працюючої мережі, можуть бути спрямовані на розширення даної мережі.

Отже, можна зробити висновок, що є потреба в брутто-інвестиціях.

Розрахунок собівартості телекомунікаційних послуг визначається сумою витрат на оплату праці робітників і витрат на матеріали.

ЗВВ обчислюються в процентному співвідношенні і складають 30% від основної заробітної плати працівників.

$$ЗВВ = ЗП_{\text{осн}} * 0.3 = 427\,800 * 0.3 = 128\,340 \text{ грн.}$$

У таблиці 4.11 наведено кошторис витрат на підготовку до реалізації проєкту.

Таблиця 4.11 – Кошторис витрат на підготовку до реалізації проєкту

Калькуляційні статті	Витрати
	у розрахунку на весь обсяг продукції, грн.
Сировина та матеріали	605 160,00
Електропостачання	3360,00
Водопостачання	8506,71
Теплопостачання	31100,00
інші	-
Разом	648 126,71
Заробітна плата основних виробничих працівників	427 800,00
ЄСВ	7843,00
Амортизація	47 166,40
Витрати на утримання та експлуатацію основних засобів поточний ремонт	12 103,2
Загальновиробничі витрати	128 340,00
Виробнича собівартість	1 271 379,31
Адміністративні витрати	386 400,00
Інші витрати	-
Разом	1 657 779,31

У таблиці 4.12 наведено розрахунок фінансового результату при впровадженні проєкту.

Таблиця 4.12 – Розрахунок фінансового результату

№ періоду	Споживачі	Кількість закладів/зон покриття	Залишок не реалізованої продукції	Ціна за один заклад/зону покриття, грн.	Сумарний дохід, грн	Витрати, грн	Фінансовий результат, грн
1-й рік	м. Запоріжжя	14	не має	40 000	560 000	200 000	360 000
2-й рік	м. Запоріжжя та частини Запорізької обл.	38	не має	40 000	1 520 000	750 000	770 000
3-й рік	м. Запоріжжя та уся Запорізька обл.	64	не має	40 000	2 560 000	1 100 000	1 460 000
4-й рік	м. Запоріжжя та уся Запорізька обл., фізичні особи	8	не має	30 000	240 000	100 000	140 000
Разом	-	-	-	-	-	-	4 190 00

Розрахунок ціни за один заклад/зону покриття обирається з розрахунку:

$$200 \times 200 = 40000 \text{ грн,}$$

де 200 грн – абонплата на місяць;

200 – користувачів послугою.

Надалі, розраховуємо термін окупності проєкту. Оскільки, прибуток розподілений за роками нерівномірно, то термін окупності розраховується прямим підрахунком років, протягом яких інвестиція буде погашена.

За 1-й рік проєкт окупить 360 000 грн, тобто це менше ніж сума інвестицій(1 657 779); за два роки – (360 000+770 000 = 1 130 000) – це менше ніж сума інвестицій. Відомо, що за три роки проєкт окупить суму інвестицій і буде дорівнювати 2 590 000 грн. Тоді термін окупності дорівнює:

$$T = 2 + \left(\frac{1\ 657\ 779 - 1\ 130\ 000}{1\ 657\ 779} \right) = 2,32 \text{ роки або } 2 \text{ роки та } 17 \text{ тижнів.}$$

Таким чином, проєкт окупиться за 2 роки та 17 тижнів.

Існують ризики неправомірного втручання у систему. Безпосередньо фізичним шляхом або шляхом інформаційним. Основними наслідками такого може стати викрадення обладнання або виведення з нормального стану системи.

В ході проведених економічних розрахунків можна побачити, що витрати на реалізацію проєкту окупляться вже за два роки та сімнадцять тижнів. А подальше розширення мережі буде приносити мільйонні прибутки.

Отже, впровадження проєкту є доцільним і економічно вигідним.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Темою магістерської роботи є "Бездротова сенсорна мережа для розбудови "розумного" освітлення міста". Розроблена телекомунікаційна мережа включає в себе всі ланки передачі даних, починаючи від центрального комутатора та закінчуючи прикінцевим абонентським пристроєм. Тому розглянемо питання охорони праці, що стосуються інженера-зв'язківця, який буде обслуговувати дану мережу.

5.1 Аналіз потенційних небезпек

Приміщення, в якому буде працювати інженер-зв'язківець, зазвичай оснащений комп'ютерною технікою, принтером, розподільчим обладнанням мережі та обладнанням для проведення контролю та, за необхідності, ремонту телекомунікаційної мережі. Це приміщення може мати наступні потенційні небезпеки.

– потенційні небезпеки фізичного характеру (механічні травми, які виникають через необережне використання радіобладнання);

– потенційні небезпеки психофізіологічного характеру (незадовільна організація, відсутність нагляду за виробництвом робіт та незадовільне утримання і недоліки в організації робочих місць);

– потенційні небезпеки, що пов'язані з порушеннями санітарно-гігієнічних умов (відхилення від норми значень температури повітря, його вологості, швидкості руху, забрудненості різними домішками та бактеріями, загазованості, освітлення, виробничого шуму і вібрації);

– потенційні небезпеки, що пов'язані з порушеннями правил пожежної безпеки (недотримання загальних правил протипожежної безпеки, визначених законами та підзаконними актами України);

– потенційні небезпеки, що пов'язані з проявом наслідків надзвичайних ситуацій (не підготовленість персоналу в умовах надзвичайних ситуацій).

5.2 Заходи щодо забезпечення техніки безпеки

Інженер-зв'язківець в приміщенні працює з електрообладнанням, що при нехтуванні правилами техніки безпеки чи неправильній його експлуатації становить потенційну небезпеку, наприклад, може призвести до ураження електричним струмом. Для запобігання ураженням струмом необхідно провести ряд заходів відповідно до ДСТУ 7237:2011 «Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту»:

– провести ознайомлення працівників із заходами техніки безпеки, та атестацію з охорони праці щодо правил і вимог, яких необхідно дотримуватися при роботі з електроустановками;

– здійснювати перевірку стану обладнання відповідно до існуючих вимог, проводити профілактичні випробування електроустановок відповідно до вимог інструкцій виробників і чинних нормативних документів з експлуатації;

– встановити аварійний резервний вимикач та захисні заземлення відповідно до ПУЕ.

Інженер-зв'язківець в приміщенні працює з електроустановками та ПК.

До роботи з електроустановками допускаються лише члени оперативного корпусу, що мають 3-ю групу електродопуску або члени адміністративно-технічного корпусу з 5-ої групою допуску (для установок з напругою від 1000 В) або 4-ої групи (для електроустановок з напругою до

1000 В). Також при роботі необхідно використовувати індивідуальні елементи захисту від електротравми.

При роботі з електроустановками необхідно здійснити наступні організаційні заходи:

- призначити відповідальних осіб за організацію та проведення робіт;
- оформити наряд-допуск або розпорядження на проведення робіт;
- призначити відповідальних осіб для нагляду за дотриманням техніки безпеки;
- офіційно оформити початок і кінець перерв в роботі;
- на апаратурі, яку не можна відключити, та її частинах (вимикачі, рубильники), на які може бути подана напруга, необхідно вивісити плакати "Не вмикати! Працюють люди". Ці плакати знімаються після завершення робіт відповідальною особою.
- оформити відповідні документи по закінченню робіт.

Перед початком проведення робіт з електроустановками необхідно виконати такі технічні заходи:

- відключити електроустановку від мережі живлення;
- зняти запобіжники, від'єднати кінці лінії, яка здійснює електропостачання та здійснити інші заходи, що унеможливають випадкову подачу напруги до місця проведення робіт;
- на апаратурі, яку не можна відключити, встановити знаки безпеки та встановити захисні огорожі біля неї.

При роботі з ПК необхідно дотримуватися наступних заходів безпеки:

- перевірити зовнішній вигляд встановленої апаратури (монітор, системний блок, кабелі живлення, розетки, штепсельні вилки);
- під'єднати до системного блоку необхідну апаратуру, якщо вона не під'єднана. Усі кабелі слід вставляти та виймати при вимкненому комп'ютері.
- принтер має розташовуватись поруч з системним блоком таким чином, щоб з'єднувальний шнур не був натягнутий. Забороняється ставити принтери на системний блок;

– після завершення роботи необхідно вимкнути ПК та інші пристрої і перевірити їх зовнішній стан.

Конструкція робочого місця користувача ПК повинна забезпечувати підтримання оптимальної робочої пози та оптимального розміщення на робочій поверхні обладнання, що використовується, з врахуванням його кількості та конструктивних особливостей і документів, а принтер повинен розміщуватись на відстані витягнутої руки користувача. Це дозволить попередити статичне перевантаження кістково-м'язового апарату і динамічне перевантаження м'язів кистей рук.

5.3 Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці

Для забезпечення гігієни праці необхідно підтримувати чистоту на робочому місці та цілком у приміщенні, періодично проводити чистку вентиляційних каналів, провітрювати приміщення.

Шкідливими виробничими факторами у приміщенні, де працює інженер-зв'язківець, можуть бути: недостатня освітленість приміщення або/та робочої зони, підвищена запиленість і загазованість повітря, підвищена чи понижена температура повітря.

Мікроклімат виробничих приміщень повинен підтримуватися на постійному рівні і відповідати вимогам санітарних норм ДСН 3.3.6.042-99. Щодня перед початком роботи необхідно очищати монітори ПК від пилу та інших забруднень.

Відповідно до ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» оптимальна освітленість в приміщенні складає 200 лк. При недостатньому освітленні відбувається швидка втома зорових аналізаторів, знижується увага. Занадто висока яскравість викликає осліплення, порушення функції ока. Освітлення повинне створювати відповідний контраст між екраном і навколишнім середовищем та відповідати вимогам ДСанПіН 3.3.2.007-98.

Розроблена магістерська робота включає в себе дослідження і проектування мережі, яка керується віддалено. Тому в цьому розділі для розрахунків обирається приміщення зв'язку.

Вихідні дані:

$$A = 6 \text{ м};$$

$$B = 6 \text{ м};$$

$$H = 3 \text{ м};$$

$$h_p = 0,8 \text{ м};$$

$$E_H = 200 \text{ лк.}$$

Згідно з вихідними даними обираємо систему освітлення. Відповідно до додатку Г нормативного документа ДБН В.2.5-28:2018 "Природне і штучне освітлення" електроприміщення (з постійним перебуванням людей) мають РЗР IV г. Система освітлення буде комбінованою. Освітленість робочих поверхонь при загальному освітленні для даного розряду зорової роботи складатиме $E_H = 200$ лк.

В якості джерела світла обираємо лінійну LED-лампу T8/G13 з температурою світла 5000 К, що відповідає світінню білого кольору. Ця лампа є економічним джерелом освітлення та відповідає нормам пожежної безпеки. Світлодіодні лампи є максимально безпечними. Вони не мають у своєму складі тяжких металів, ртуті, отруйних газів. Також не висувають особливих вимог до утилізації.

Обираємо тип світильника серії СПО. Технічні характеристики відповідають вимогам для його застосування у лікувальних закладах. Має ступінь захисту IP20 згідно з ГОСТ 14254-96, що означає що він має захист від твердих тіл розміром понад 12 мм та не має захисту від вологи. Тип цоколя – G13, номінальна частота – 50 Гц та I клас захисту від уражень електричним струмом.

Числове значення коефіцієнта світильника дорівнює відношенню відстані (L) між рядами або сусідніми світильниками у ряду до висоти (h) їхнього підвісу над робочою поверхнею дорівнюватиме $L/h=1,4$.

Оцінюємо коефіцієнт запасу $k_3 = 1,5$, який враховує зниження рівня освітленості з плином часу в результаті забруднення та старіння ламп, світильників і поверхонь приміщення.

Коефіцієнт нерівномірності (мінімального) освітлення для обраного типу світильників дорівнює $z = 1,1$.

Коефіцієнт відбиття поверхонь приміщення складатиме $\rho_c = 70\%$, $\rho_{ст} = 50\%$, $\rho_{п} = 30\%$.

Розрахуємо чисельне значення індексу приміщення. Для цього спочатку розрахуємо кількість рядів світильників у приміщенні N_p :

$$N_p = \frac{B}{(H - h_p) * [L/h]} = \frac{6}{(3 - 0,8) * 1,4} = \frac{6}{3,08} \approx 2 \text{ шт,}$$

де B – ширина приміщення, м;

H – висота приміщення, м;

h_p – висота робочої поверхні, м.

Визначаємо максимально припустиму відстань між рядами світильників:

$$L_{max} = \frac{B}{N_p} = \frac{6}{2} = 3 \text{ м,}$$

де B – ширина приміщення, м;

N_p – кількість рядів світильників у приміщенні, шт.

Розраховуємо висоту підвісу світильника над робочою поверхнею:

$$h = \frac{L_{max}}{[L/h]} = \frac{3}{1.4} = 2,14 \text{ м,}$$

де L_{max} – максимально припустима відстань між рядами світильників;

L/h – числове значення коефіцієнта світильника.

Знаходимо висоту звисання світильника від стелі h_3 за формулою:

$$h_3 = H - h_p - h = 3 - 0,8 - 2,14 = 0,06 \text{ м,}$$

де H – висота приміщення, м;

h_p – висота робочої поверхні, м;

h – висота підвісу світильника над робочою поверхнею, м.

Тепер розрахуємо чисельне значення індексу приміщення:

$$i = \frac{A * B}{h * (A + B)} = \frac{6 * 6}{2,2 * (6 + 6)} = \frac{36}{26,4} = 1,36.$$

Визначаємо значення коефіцієнта використання світлового потоку в залежності від наявних параметрів:

$$\eta = 53 \text{ \%}.$$

Визначаємо сумарний світловий потік освітлювальної установки у даному приміщенні Φ_{Σ} за формулою:

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{E_H * A * B * k_3 * z}{\eta} = \frac{200 * 6 * 6 * 1,5 * 1,1}{0,53} = 22415 \text{ лм},$$

де E_H – рівень нормованого загального освітлення, лк;

k_3 – коефіцієнт запасу;

z – коефіцієнт нерівномірності (мінімальної) освітленості (відношення середньої освітленості до мінімальної освітленості),

η – коефіцієнт використання світлового потоку.

Визначаємо розрахункову загальну кількість світильників у приміщенні:

$$N_{LED}^* = \frac{A * B}{L_{max}^2} = \frac{6 * 6}{9} = 4 \text{ шт.}$$

Наступним чином визначаємо розрахунковий світловий потік LED-світильників:

$$\Phi_{LED}^* = \frac{\Phi_{\Sigma}}{N_{LED}} = \frac{22415}{8} = 2802 \text{ лм},$$

де Φ_{Σ} – сумарний світловий потік освітлювальної установки, лм;

N_{LED} – загальна кількість ламп у світильнику, яка розраховується за формулою:

$$N_{LED} = N_{LED}^* * n = 4 * 2 = 8 \text{ шт},$$

де n – кількість ламп у світильнику, шт.

Обираємо тип LED-світильника з найближчим значенням фактичного світлового потоку світильника Φ_{LED} . Таким світильником є INOX LED30 зі світловим потоком 3000 лм. Знаходимо коефіцієнт пропорційності m_{LED} :

$$m_{LED} = \frac{\Phi_{LED}^*}{\Phi_{LED}} = \frac{3000}{2802} = 1,07.$$

Визначаємо оптимальну (фактичну) кількість світильників у приміщенні N_{LED} :

$$N_{LED_{CB}} = N_{LED}^* * m_{LED} = 4 * 1,07 \approx 4 \text{ шт},$$

де N_{LED}^* – умовна загальна кількість LED-світильників у приміщенні, шт;

m_{LED} – співвідношення між розрахунковим світловим потоком світильників та фактичним світловим потоком обраного LED-світильника.

Визначаємо фактичну кількість ламп у приміщенні N_{LED} :

$$N_{LED} = N_{LED_{CB}} * n = 4 * 2 = 8 \text{ шт}.$$

де $N_{LED_{CB}}$ – оптимальна (фактична) кількість світильників у приміщенні, шт;

n – кількість ламп у світильнику, шт.

Визначаємо загальну розрахункову освітленість E_{pLED} у приміщенні, що створюється при застосуванні обраних LED-світильників:

$$E_{pLED} = \frac{\Phi_{LED} * N_{\Phi LED} * \eta}{A * B * k_3 * z} = \frac{2802 * 8 * 0,53}{6 * 6 * 1,5 * 1,1} = \frac{11880,48}{59,4} = 200 \text{ лк},$$

де Φ_{LED} – фактичний світловий потік вибраного LED-світильника, лм;

$N_{\Phi LED}$ – фактична кількість ламп у приміщенні, шт;

η – коефіцієнт використання світлового потоку;

A – довжина приміщення, м;

B – ширина приміщення, м;

k_3 – коефіцієнт запасу;

z – коефіцієнт нерівномірності (мінімальної) освітленості.

Розрахуємо сумарну потужність освітлювальної установки:

$$P_{\Sigma} = N_{\text{фLED}} * P_{\text{LED}} = 8 * 26 = 206 \text{ Вт.}$$

Для забезпечення нормованих значень освітленості в приміщенні потрібно проводити своєчасну заміну перегорілих ламп та корегувати зміну зовнішнього світла та проводити чистку скла віконних рам і світильників.

Вимоги до медоглядів при роботі з ПК. Відповідно до наказу Мінсоцполітики від 14.02.2018 р. №207 затверджено Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з персональними комп'ютерами та іншими екранними пристроями. Відповідно до пункту 6 Розділу II цих вимог, роботодавець має за свій рахунок забезпечити проведення медоглядів працівників.

Персональний комп'ютер включає в себе системний блок, монітор, клавіатуру, «мишу», пристрої звукового відтворення.

Монітор є візуальним дисплейним терміналом (ВДТ). За принципом дії розрізняються монітори на основі електронно-променевої трубки, на основі рідких кристалів, пластику, що світиться, органічні світлодіодні монітори, плазмові та монітори електростатичної емісії. На здоров'я людини різні монітори здійснюють різний вплив, який в основному виражається у ступені напруженості зорових аналізаторів.

Відповідно до п. 6.1 розділу 6 ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні стандартні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», робітники, що працюють з ВДТ

підлягають обов'язковому попередньому медогляду – при влаштуванні на роботу та обов'язковим періодичним медоглядам упродовж роботи. Такі медичні огляди проводяться згідно з вимогами Порядку проведення медичних оглядів працівників певних категорій, затвердженого наказом МОЗ від 21.05.2007 р. № 246 (далі – Порядок № 246).

Періодичні медогляди проводяться один раз на два роки. Комісія включає в себе терапевта, офтальмолога та невропатолога. Також додатково можуть бути залучені і інші лікарі.

Основними критеріями, за якими оцінюють придатність до роботи, є показники зору, а саме: гострота зору, показники акомодативної, рефрактивної, стану бінокулярного апарату ока. Також при медогляді враховується стан здоров'я людини в цілому.

Розділом 6 ДСанПіН 3.3.2.007-98 передбачені протипоказання для роботи з ПК. До них належать всі види психічних захворювань, тяжка ступінь бронхіальної астми, ендокринні захворювання, гіпертонічна хвороба III стадії.

5.4 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

5.4.1 Заходи з пожежної безпеки

Згідно з ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» приміщення для роботи інженера належить до класу пожежі «Е» – горіння електроустановок, що перебувають під напругою електричного струму.

Відповідно до ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» приміщення для роботи інженера належить до категорії «Д» за вибухопожежною та пожежною небезпекою.

Відповідно до таблиці 10.2 ДБН В.2.2-9:2018 «Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди. Основні положення» приміщення будівлі має ступінь вогнестійкості не нижче III.

Згідно п. 2.29 (табл. 2) СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания» максимальна відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу для приміщень вогнестійкості зі ступенем III та IIIa не має обмежень; для приміщень зі ступенем вогнестійкості IIIб та IV – складає 160 м; для приміщень зі ступенем вогнестійкості V – 120 м.

Згідно вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» для безпечної евакуації людей у випадку пожежі передбачається створення заходів для своєчасної та безпечної евакуації та захисту людей від пожежі на шляху до виходів з будівлі. Евакуація повинна відбуватися по шляхах евакуації через евакуаційні виходи, евакуаційні сходи та сходові клітки.

Відповідно до НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок» приміщення для роботи інженера повинно відповідати наступним вимогам:

- живлення силових та освітлювальних електроприймачів виконується від одних і тих самих трансформаторів;
- живлення аварійного та евакуаційного освітлення повинно виконуватись відповідно до вимог глави 6.1 ПУЕ і СНиП II-4;
- електропостачання електроприймачів повинно виконуватися від мережі з глухо заземленою нейтраллю 380/220 В з системою заземлення TN-S або TN-C-S;
- живлення пожежної сигналізації, пожежогасіння та сповіщення про пожежу необхідно організувати окремими лініями від ТП, ГРЩ або ВРП;
- допустимі відхилення напруги освітлювальних приладів повинні відповідати вимогам ГОСТ 13109-97.

Відповідно до вимог ДСТУ 4297:2004 «Пожежна техніка. Технічне обслуговування вогнегасників. Загальні технічні вимоги» У приміщенні для роботи інженера передбачено наявність як мінімум двох порошкових вогнегасників із зарядом вогнегасної речовини 5 кг.

5.4.2 Заходи з цивільного захисту

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) використовуються робітником для протидії або зменшення дії шкідливих і небезпечних виробничих чинників, а також захисту від забруднення.

Відповідно до ДСТУ 7239:2011 «Національний стандарт України. Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація» засоби індивідуального захисту розділяються на 10 класів в залежності від призначення:

а) засоби захисту голови (захисні каски, шоломи та підшоломники, накомарники, капелюхи, кепки з захистом і без, косинки, сітки для волосся з козирком і без);

б) засоби захисту органів слуху (вушні протишумові вкладки; протишумові навушники; протишумові навушники, які можна кріпити до касок і шоломів; звукозахисні шоломи; протишумові захисні пристрої з електронним приймачем та з телефонним зв'язком);

в) засоби захисту очей і обличчя (захисні окуляри, зокрема зі світлофільтрами; захисні окуляри від рентгенівського, лазерного, ультрафіолетового, інфрачервоного випромінювання та від яскравого світла; маски та щитки для дугового зварювання (такі, які тримають руками, або такі, що кріпляться на голові або прикріплюються до захисних шоломів і касок); екрани для обличчя; захисні окуляри та екрани від механічних ушкоджень, хімічних речовин, пилу, бризок тощо);

г) засоби захисту органів дихання діляться на два види: фільтрувальні пристрої (саморятівники, протиаерозольні, пилозахисні, протигазові, комбіновані); ізолювальні пристрої (шлангові, автономні).

Принцип дії фільтрувальних ЗІЗ заснований на тому, що повітря, спочатку проходить через фільтруючі елементи, де очищається від грубодисперсного пилю, потім крізь фільтрувальний полімерний волокнистий матеріал, де очищається від тонкодисперсного пилю і вже після цього надходить в організм людини очищеним.

Принцип дії ізолювальних ЗІЗ заснований на тому, що очищене повітря подається зі спеціальних резервуарів або чистого середовища, що знаходиться поза робочою зоною:

а) засоби захисту рук, плеча та передпліччя (захисні рукавиці та рукавички; рукавиці та рукавички, які захищають від: електричного струму; статичної електрики; механічних ушкоджень (порізів, проколів, дрібного скла тощо); вібрації; холоду і знижених температур; спеки і теплових випромінювань; хімічних речовин; мікроорганізмів; іонізуючого випромінювання та радіоактивних речовин; електричного струму; статичної електрики; антиелектростатичні браслети та кільця; на зап'яски для важкої праці, безпальчикові рукавички; напальчники; нарукавники; налокітники; наплічники;

б) спеціальний захисний одяг (комбінезони, напівкомбінезони, костюми, халати, жилети, куртки, штани, плащі, напівплащі, фартуки, накидки; теплозахисний одяг; утеплений одяг (тулупи, кожухи, пальта, напівпальта, куртки, штани); захисний одяг від електричних ушкоджень (електричного струму та електричної дуги), від статичної електрики; захисний одяг від механічних ушкоджень (проколи, порізи), від хімічних ушкоджень, захисний одяг від розплавлених бризок металу та інфрачервоного випромінювання; захисний одяг під час зварювання; ізолювальні костюми (гідроізолювальні, пневмоізолювальні, скафандри); захисний одяг від радіоактивного ураження, фартухи для захисту від

рентгенівського випромінювання; пилонепроникний одяг; газонепроникний одяг; рятувальні жилети; сигнальний одяг флуоресціювальний, світловідбивний одяг та доповнення до нього (пов'язки, рукавиці тощо); захисні покривки з поліхлорвінілу, які вдягають поверх основного одягу для додаткового захисту від контактного забруднення радіоактивними, токсичними речовинами та розчинами лугів і кислот);

в) засоби захисту ніг та стегон (напівчоботи, чоботи, колоші, наколінники, черевики до гомілок або литок, водонепроникне взуття, взуття для захисту від кислот, лугів, жирів, нафти і нафтопродуктів; взуття від знижених температур; взуття від знижених температур; електроізолювальні чоботи та черевики; антиелектростатичне взуття; взуття, що запобігає ковзанню; вібростійкі черевики та чоботи; взуття з додатковим захистом пальців від удару; черевики на дерев'яній підшві; знімні підшви, шипи та пластини);

г) засоби захисту від падіння з висоти (запобіжні пояси; оснащення, призначене для попередження падіння (строп-канати, стропи, карабіни, троси, рятувальні канати); стримувальне та страхувальне оснащення (страхувальні зажими, зачіпи, блокувальні пристрої); запобіжні пристрої, які гальмують (спускові пристрої, системи обмежування падіння));

д) засоби захисту шкіри (мазі, гелі, креми, репаративні засоби, очисники шкіри);

е) комплексні засоби захисту.

ВИСНОВКИ

В ході магістерського проектування було запропоновано рішення, що допоможе зменшити обсяги енергоспоживання в місті шляхом скорочення використання освітлення в той час, коли в ньому немає потреби. Досягти поставленої мети можна отримати за рахунок впровадження бездротових сенсорних мереж.

Для цього в роботі були визначені основні вимоги до мережі, вивчено вулицю на якій пропонується впроваджувати технологію WSN. Зважаючи на характеристики вулиці та вимоги до мережі, було запропоновано відповідні рішення щодо проектування. Було розраховано кількість необхідного обладнання та його вибір з урахування всіх вимог до цього обладнання.

З метою переконання, що обране обладнання відповідає вимогам до мережі, була розроблена імітаційна модель в програмному пакеті OPNET Modeler[®] та проведено порівняння розрахункової пропускної здатності із змодельованою в програмі, також досліджено наскрізна затримка та навантаження мережі. Таким чином було підтверджено правильність вибору.

Запропонована система може бути розкритикована як дорога, проте слід врахувати її переваги: дещо вища ціна ліхтарних стовпів компенсується відсутністю дорогої електропроводки та доступністю електромережі, а також значно нижчими витратами на обслуговування (завдяки централізованому управлінню та надійності світлодіодів). Енергозбереження сьогодні є надзвичайно важливим. Тому метою є зниження експлуатаційних цін на вуличне освітлення шляхом створення системи, що характеризується простотою монтажу і низьким енергоспоживанням, яка живиться від поновлюваного джерела енергії через сонячні панелі без шкідливих викидів в атмосферу і з мінімальним світловим забрудненням. Проведемо коротке порівняння зі звичайними системами вуличного освітлення: Припустимо, що один ліхтар увімкнений протягом 4 000 годин на рік. Один вуличний ліхтар має середнє споживання 200 Вт на рік. З системою, представленою в цьому

документі, кожен ліхтар споживає близько 20-25 Вт (95% енергії споживається світлодіодами). На основі польових випробувань стає очевидною ще одна можливість енергозбереження. Класична система споживає енергію незалежно від того, потрібна вона чи ні. Вона активна близько 10 годин щодня, а загальна кількість робочих годин становить близько 300 на місяць, проти 87-108 годин запропонованої системи, економія очікується на рівні від 66% до 71%. Економія може бути збільшена за рахунок використання більш ефективних світлодіодів, оскільки споживана енергія майже повністю залежить від споживання світлодіодів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Walteneagus Dargie Fundamentals of Wireless Sensor Networks [Text] / Walteneagus Dargie, Christian Poellabauer: A John Wiley and Sons. – 2010. – 311 p.
2. Tejaswini Ankalkote Modern LED Street Lighting System with Intensity Control Based on Vehicle Movements and Atmospheric Conditions Using WSN [Text] / Tejaswini Ankalkote. – 2014. – 6 p.
3. Basics of Wireless Sensor Networks, Topologies and Application [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://iot4beginners.com/basics-of-wireless-sensors-networks-topologies-and-application/> .
4. Michal Michal'ik Base station for Wireless sensor network [Text] / Michal Michal'ik: Brno. – 2013. – 57 p.
5. Григорьев В.А. Системы и сети радиодоступа [Текст] / В.А. Григорьев, О.И. Лагутенко, Ю.А. Распаев. – М.: “ЭкоТрендз”. – 2005. – 373 с.
6. Рашич А.В. Сети беспроводного доступа WiMax [Текст] / А.В. Рашич. – Санкт-Петербург: Издательство политехнического университета. – 2011. – 179 с.
7. Технологія Bluetooth [Електронний ресурс]: Режим доступу: <http://1234g.ru/blog-of-wireless-technologies/about-bluetooth/chto-takoe-bluetooth-i-kak-on-rabotaet> .
8. Abhishek Kumar Study on ZIGBEE Technology [Text] / Abhishek Kumar, Sandeep Gupta // International Journal of Engineering Sciences & Research Technology. – 2013 – 6 p.
9. Архітектура технології ZigBee та її застосування [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://www.elprocus.com/what-is-zigbee-technology-architecture-and-its-applications/> .
10. Mica 2 [Електронний ресурс]: Режим доступу: http://courses.ece.ubc.ca/494/files/MICA2_Datasheet.pdf

11. Mica Z [Электронный ресурс]: Режим доступа:
http://courses.ece.ubc.ca/494/files/MICAZ_Datasheet.pdf
12. TelosB [Электронный ресурс]: Режим доступа:
https://www.willow.co.uk/TelosB_Datasheet.pdf
13. Iqra Baloch Opnet Modeler [Text] / Iqra Baloch, Nooma Roohi. – 2017. – 13 p.