

МАСШТАБУВАННЯ МЕРЕЖІ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ СТАНЦІЙ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ LORA

Шостко І.С., Шлома О.К., Майба М.А., Дробяз М.О.

Кафедра «Інфокомунікаційної інженерії ім. В.В. Поповського»,
Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна

E-mail: ihor.shostko@nure.ua,
oleksandr.shloma@nure.ua,
mykola.maiba@nure.ua,
mykhailo.drobiaz@nure.ua

Abstract

An analysis of the possibility of scaling a network consisting of optoelectronic stations was carried out. For communication these stations use Ebyte E32 modules that support LoRa technology. The abstracts discuss the main characteristics of the Ebyte E32 modules, network requirements and topology. Scaling calculations were carried out for two types of devices - the command node and the end node. The structure of each node was also considered. Based on the obtained results and calculations, options for scaling and creating clusters of optical systems were presented.

За останні десятиріччя технології безпроводового зв'язку зазнали дуже швидкого розвитку, разом з цим помітно збільшились вимоги до них. Одна з таких вимог – можливість масштабування безпроводової мережі (БМ).

Прикладом застосування БМ може бути мережа з множини оптико-електронних станцій (ОЕС), що розроблена сумісними зусиллями співробітників кафедри Інфокомунікаційної інженерії імені Володимира Володимировича Поповського та Прикладної математики. При побудові мережі застосована новітня технологія – інтернет речей (IoT) [1]. БМ, в цьому проекті забезпечує керування декількома ОЕС у різноманітних умовах. Установка має широкий спектр застосування, її можна використовувати при проведенні випробувань літальних апаратів, керованих ракет, або ж як систему відеоспостереження з можливістю патрулювання територій та корегування вогню. Якщо розгорнути мережу з декількох ОЕС, з'являється можливість зібрати велику кількість корисних даних про навколишню обстановку, параметри досліджуваного об'єкту та ситуацію в цілому [2]. Ключові параметри, що збираються ОЕС:

- траєкторія руху об'єкта.
- швидкість об'єкта.
- прискорення об'єкта.

Усі параметри повинні збиратися та оброблятися у реальному масштабі часу з мінімальною затримкою у всіх можливих умовах. Для керування ОЕС використовуються модулі зв'язку EBYTE E32 та мікроконтролер Arduino UNO. Модулі зв'язку з підтримкою модуляції LoRa забезпечують надійний, безпечний, далекобійний зв'язок, а мікроконтролери Arduino UNO, в свою чергу, дозволяють сформувати та передати команди для модулів зв'язку.

Для побудови безпроводової мережі з оптико-електронних станцій використовуються модулі LoRa EBYTE E32-433T20DT. Це модулі послідовного порту прийому / передачі (UART). За основу модулю зв'язку використовується РЧ-чип виробництва компанії SEMTECH моделі SX1278. Модуль EBYTE E32 має кілька режимів передачі в діапазоні частот 410 МГц - 441 МГц, але за замовчуванням використовується частота 433 МГц. Модуль використовує модуляцію з розширенням спектру, що дозволяє помітно збільшити відстань зв'язку. Модуль E32 має потужність передачі 20 дБм і використовує кварцові генератори промислового класу для забезпечення стабільності. Завдяки вбудованим методам та алгоритмам шифрування і стиснення даних, процес перехоплення і дешифрування даних є неможливим. Стиснення даних дозволяє скоротити час передачі та зменшити

кількість втрачених даних через перешкоди. Вбудовані алгоритми та методи впливово підвищують надійність і ефективність процесів передачі даних між модулями. Гарантована далькобійність зв'язку модулю E32 це 3 кілометра на неліцензійній частоті 433 МГц. В свою чергу, швидкість безпроводової передачі даних до 19,2 кбіт/с.

Модулі зв'язку мають два режими передачі. Перший режим комунікації – це фіксована передача даних. У такому режимі задаються адреса та канал призначення. Значення для керування передаються у 16-тирічному форматі. Наприклад у пакеті зазначена адреса 0x0002 та канал 0x04, таким чином пакет приймається тільки модулем з адресом 0002, що слухає 4 канал, інші модулі цей пакет відкинуть. Другий режим комунікації – це ширококомвна розсилка. У пакеті задається адреса у вигляді 0x00 0x00 або ж 0xFF 0xFF та канал, наприклад 0x04. Усі модулі, що слухають 4 канал приймуть цей пакет. Слід зауважити, що модуль відправник не повинен слухати саме той канал, на який він розсилає пакети. На рис. 1 зображена схема підключення персонального комп'ютера до мікроконтролера Arduino UNO та модулю зв'язку EBYTE E32. Таким вигляд має командний вузол, що передає та формує команди для девайсів у мережі LoRa.

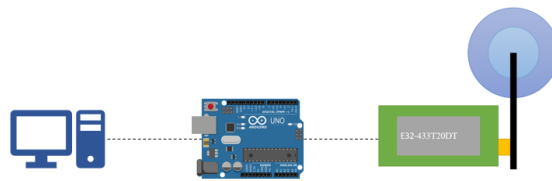


Рис. 1. Схема підключення девайсів в координаторі мережі

В свою чергу схема підключення модуля зв'язку EBYTE E32 , мікроконтролера Arduino UNO та ОЕС наведено на рис. 2.

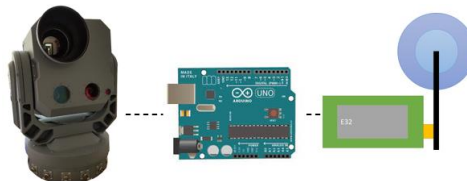


Рис. 2. Схема підключення девайсів на стороні ОЕС

З урахуванням основних характеристик модулів зв'язку та вимог до мережі ОЕС була обрана топологія типу «зірка». Основні переваги в простоті реалізації топології, незалежності кожного вузла від іншого вузла. Існує можливість замінити зламані вузли без втручання у маршрутизацію мережі, а завдяки розробленим командам та алгоритмам керування цей процес максимально спрощений [3].

Використання топології типу «зірка» мінімізує кількість трафіку в мережі. Але централізація усього трафіку в одній точці також має свої недоліки, та-ким чином при виході з ладу центрального вузла маршрутизація буде порушена.

При масштабуванні мережі треба взяти до уваги пропускну здатність кожного пристрою в мережі. Вузким місцев в даному випадку буде командий вузол. Фіксований режим передачі є основним, бо він використовується більше ніж у 90% випадків при передачі команд. Технологія LoRa використовується для передачі команд управління мережаю та управління сервоприводами, тепловизором, камерами ОЕС. При розрахунку ліміту масштабування треба взяти до уваги максимальний розмір пакета даних LoRa - 58 байт. EBYTE E32 має наступний механізм обробітки та формування черг: як тільки з контролера приходять дані і пакет набуває свого максимального розміру, одразу починається процес передачі даних. Користувач може продовжувати надавати дані – вони будуть передаватись послідовно. Якщо розмір введених даних менший за 58 байт і користувач не додає нічого – модуль буде очікувати декілька секунд і почне передавати дані. На рис. 3 наведена структурна схема топології мережі ОЕС.

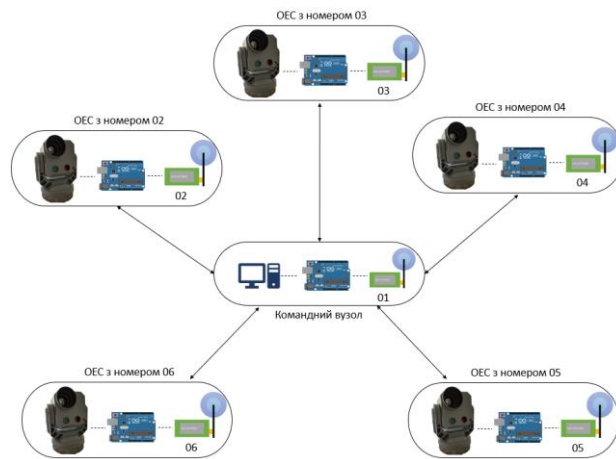


Рис. 3. Топологія мережі ОЕС

Для керування однією ОЕС достатньо оновлювати дані та передавати командні пакети раз на секунду. Кожна ОЕС потребує 4 командних пакета, 2 з котрих на сервоприводи, 1 на керування камерою, 1 на керування тепловизором. На рис. 4 наведено приклад з двома зонами покриття безпроводової мережі ОЕС. Синім кольором зображена зона з радіусом 3 кілометри, червоним кольором зона з радіусом 6 кілометрів. Командний вузол знаходиться в населеному пункті та по центру обох зон. Для розрахунку максимальної межі кількості девайсів у мережі ОЕС треба дивитись на пропускну здатність девайсів командного вузла. На пропускну здатність будуть впливати оточуючі фактори, потужність та дальність передачі. Для кожного сценарію використання ОЕС буде своє обмеження на кількість девайсів.

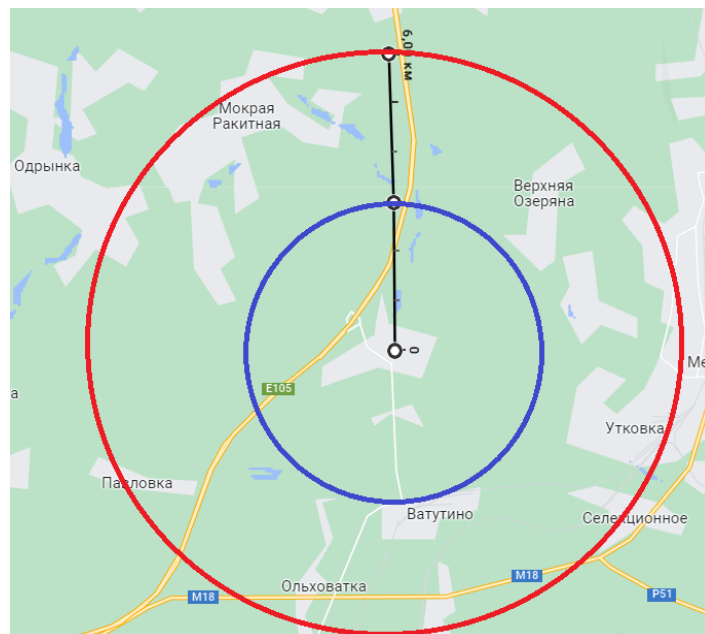


Рис. 4. Приклад двох зон покриття, 3 кілометра та 6 кілометрів

Розрахуємо кількість ОЕС для кожної зони окремо. Знаючи максимальну швидкість безпроводової передачі даних в ідеальних умовах та розмір кожного пакету можемо визначити максимальну інтенсивність передачі пакетів, на дистанції до 3 кілометрів. Площа покриття в даному випадку дорівнює: $3^2 * 3,14 = 28,26 \text{ км}^2$. Щоб дізнатись кількість інформації в байтах, що буде передано с командного пристрою переведемо швидкість безпроводової передачі даних з кбіт/с до байт/с, отримаємо наступні дані: $19.2 * 125 = 2400 \text{ байт}$ буде передано за 1 секунду при максимальній завантаженості командного вузла. Що вичислити кількість переданих пакетів за 1 секунду, отримане значення розділимо на розмір командного пакету. $2400 / 58 = 41,3$ пакета на секунду, тобто межа завантаженості командного вузла – 41 пакет на секунду. Оскільки для кожної

ОЕС потрібні 4 пакети на секунду, можемо розрахувати кількість ОЕС: $41 / 4 = 10,25$, тобто для покриття зони $28,26 \text{ км}^2$ максимальна кількість ОЕС – 10 одиниць.

Якщо збільшити далькобійність у 2 рази, до 6 кілометрів, зона зображена червоним колом на рис.4. Площа покриття в даному випадку буде дорівнювати: $6^2 * 3,14 = 113,04 \text{ км}^2$. При таких змінах буде потрібно зменшити максимальну швидкість передачі даних до 9,6 кбіт/с, для забезпечення гарантованої передачі даних. Проведемо розрахунки кількості переданих байт на секунду: $9,6 * 125 = 1200 \text{ байт/с}$, розрахуємо кількість пакетів на секунду: $1200 / 58 = 21 \text{ пакет/с}$. Таким чином кількість ОЕС для покриття площини $113,04 \text{ км}^2$ дорівнює: $21/4 = 5,25$, тобто в межах червоного кола можливо розмістити тільки 5 ОЕС.

Таким чином, для кожного окремого випадку, для кожного середовища потрібно рахувати кількість ОЕС, що будуть підключені до командного вузла. Індивідуальний розрахунок повинен бути виконаний спираючись на такі фактори як щільність забудови, зона покриття, погодні умови, віддаленість ОЕС від командного вузла. Для масштабування безпроводової мережі ОЕС на великій площині треба збільшувати кількість, ні тільки самих станцій, а ще додавати командні вузли. Для отримання високоефективного рішення потрібно об'єднувати командні вузли між собою і будувати кластери.

Література

1. Шлома О. К. Огляд інновації в області передачі даних на прикладі протоколів зв'язку / О. К. Шлома, В. С. Волотка // СТАН, ДОСЯГНЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ І ТЕХНОЛОГІЙ. – 2020. – №2. – С. 103–104.
2. Шлома О. К. Алгоритм дистанційного керування приводами лазерної оптико-електронної станції по сап-шині / О. К. Шлома, І. С. Шостко. // ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ІНФОКОМУНІКАЦІЙ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ. – 2020. – №4. – С. 36–37.
3. Шостко І.С. Сетевая оптико-электронная система мониторинга воздушного пространства / І. С. Шостко, А. Д. Тевяшев, О. В. Земляной // Transfer of Innovative Technologies. – 2020. – №4. – С.106-107.
4. Shloma O. K. Analysis of Innovation in the Field of Data Transfer on Example of Segment Routing / О. К. Shloma, V. S. Volotka // COMPUTER AND INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES. – 2020.
5. SX1278 Wireless Module E32 Series [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим до-ступу до ресурсу: <https://ebyte.com>.