

Є.Є. Карпов

(Національний авіаційний університет, Україна)

О.П. Мартинова, к.т.н., доцент

(Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна)

Ю.В. Зуєв

(Україна)

Зменшення ризиків уразливості каналів передачі даних системи моніторингу спецавтотранспорту в аеропорту

Пропонується впровадження технології LoRaWAN для підвищення безпеки та надійності передачі даних в системі моніторингу геолокації та параметрів спеціального автотранспорту на території аеропорту. Завдяки впровадженню технології LoRaWAN забезпечується оперативний збір даних з датчиків та їх передача на сервер, що дозволяє підвищити рівень безпеки польотів.

Вступ.

Проблеми залежності системи моніторингу датчиків в аеропортах від сторонніх каналів зв'язку є досить гострими та актуальними. А саме:

- Залежність від сторонніх каналів підвищує ризик кібератак, перешкод та інших збоїв, що може призвести до перебоїв в роботі системи моніторингу.

- Використання сторонніми каналами зв'язку зазвичай пов'язане зі значними витратами.

- Можливі обмеження пропускної здатності сторонніх каналів, що може негативно вплинути на оперативність передачі даних.

- Затримки в передачі даних можуть призвести до неточностей в отримуваних даних та ускладнити прийняття оперативних рішень.

Всі ці проблеми негативно впливають на безпеку польотів. Як зазначається в п. 2.5.1. [1] – найвищим пріоритетом авіаційної діяльності є безпека польотів.

Виходячи з цих проблем обрано об'єкт дослідження – процеси передачі даних комп'ютер-інтегрованої системи моніторингу в межах аеропорту.

Предметом дослідження є вдосконалення підсистеми радіозв'язку системи моніторингу з метою усунення проблем негативного впливу в каналах сторонніх організацій.

З метою оптимізації пропускної здатності радіомережі та забезпечення конфіденційності передачі даних було проведено математичне моделювання. Отримані результати необхідні для розробки та тестування макетного зразку системи моніторингу, що дозволить створити більш ефективну та захищену передачу даних між датчиками та системою обробки даних.

Дослідження спрямоване на підвищення рівня безпеки та надійності системи моніторингу спецавтотранспорту в межах аеропорту за допомогою впровадження технології радіомережі LoRaWAN. Завдяки використанню

LoRaWAN забезпечено своєчасний збір даних з датчиків та швидку передачу на сервер для обробки, що підвищує рівень безпеки польотів.

Методологія дослідження заснована на використанні математичного моделювання для аналізу характеристик радіомережі з подальшим тестуванням прототипу макетного зразка системи.

У роботі [2], на основі проведеного детального аналізу та досліджень, виявлено, що радіомережа системи моніторингу спецавтотранспорту побудована на модулях GPRS, які використовують канали операторів стільникового зв'язку для передачі даних з датчиків до системи зберігання та обробки даних.

Вибір протоколу передачі даних.

У результаті проведеного аналізу [3] зроблено висновок, що найбільш якісним та ефективним протоколом для передачі геоданих є протокол LoRaWAN.

Розрахунки розміру пакету даних.

Досліджено дані, які необхідні для моніторингу спецавтотранспорту [3]. На основі отриманих результатів дослідження сформовано пакет даних для передачі до системи обробки (Табл.1). У ході програмування системи пакет даних може бути доповнений іншими даними з датчиків.

Таблиця 1

Уточнений пакет даних.

Назва параметрів	Тип даних	Розмір, байт
Номер пристрою (ID node)	integer	4
Координати локації (довгота)	float	4
Координати локації (широта)	float	4
Швидкість	float	4
Погіршення точності GPS	float	4
Кількість супутників	integer	4
Дата	long	4
Компас	float	4
Стан двигуна (увімкнений/вимкнений)	byte	1
Зовнішня температура	integer	4
Атмосферний тиск	integer	4
Вологість	integer	4
Напруга акумулятору	float	4
Всього (Payload Length), байт		49

Розрахунки максимальної відстані від приймача до передавача.

На основі проведеного аналізу [3] виявлено, що в Україні дозволено використовувати тільки два неліцензованих діапазони частот для *LoRaWAN*, а саме 868,0–868,6 МГц та 2400–2483,5 МГц. Зроблено розрахунки часу передачі пакету даних та максимальної відстані між приймачем та передавачем для двох радіомодулів: *SX1272* та *SX1280*. Беручи до уваги те, що між базовою станцією (шлюзом) та нодою (система збору даних з датчиків та передачі їх до шлюзу)

має бути не більш ніж 500 м, а час передачі даних повинен бути мінімальний, проаналізовано отримані дані та виявлено:

- Для радіомодуля *SX1272* (частота 868 МГц) найкращий час передачі пакету даних є 26,14 мс при $SF = 6$ та $Bandwidth = 500$ кГц.

- Для радіомодуля *SX1280* (частота 2400 МГц) найкращий час передачі пакету даних є 8,0591 мс при $SF = 6$ та $Bandwidth = 812$ кГц.

Радіомодуль *SX1280* має кращі показники по часу передачі даних та забезпечує достатнє покриття. Для створення макетного зразку обрано радіомодуль *Ebyte E28-2G4M20S* на базі чіпу *SX1280*.

Розроблена принципова схема системи моніторингу [2] та дороблена в [3].

Зроблено макетні зразки підсистеми зняття показників з датчиками (нода), підсистеми радіозв'язку та підсистеми передачі даних до підсистеми збору даних (шлюз) (Рис.1).

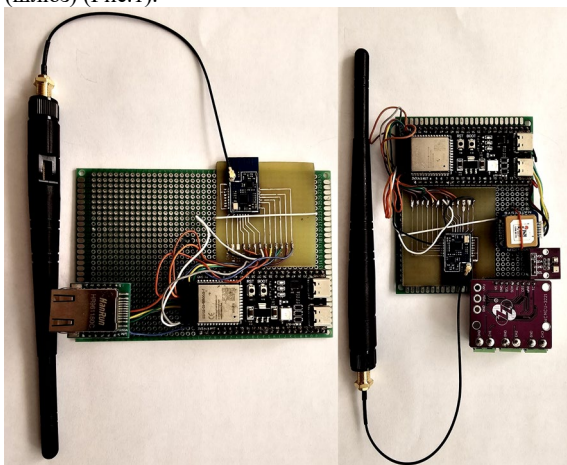


Рис. 1. Макетний зразок шлюзу (зліва) та ноди (справа)

В процесі створення макетного зразку виявлено, що модуль *Ebyte E28-2G4M20S* вже постачається з чіпом *SX1281* (Рис. 2), тому в макетному зразку в модулі *Ebyte E28-2G4M20S* зроблено заміну чіпу на *SX1280*.

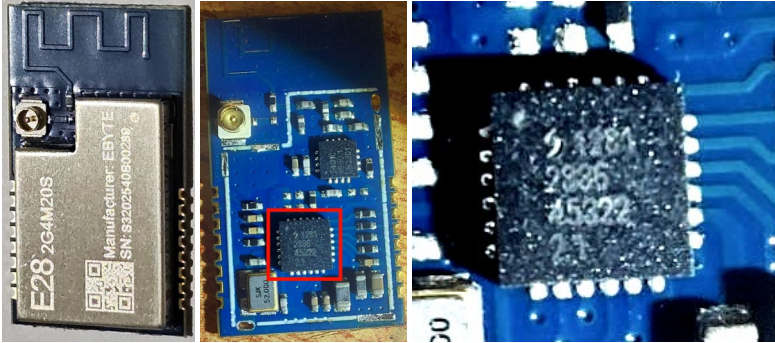


Рис. 2. Радіомодуль *Ebyte E28-2G4M20S* (виявлено чіп *SX1281*)

Для дотримання норм законодавства України було виконано вимір потужності радіомодуля. В результаті дослідження потужності радіомодуля *Ebyte E28-2G4M20S* в макетному зразку за допомогою приладу «*Rohde & Schwarz NRP-Z11*» (Рис. 3) в режимі постійного передавання даних було отримано такі дані (Рис. 4): *Transmit power = 20,72 dBm (117,4 mW)*. Це більше, ніж треба по нормам України (радіомодуль *20 dB* + антена *6 dB*). Тому, для зменшення сумарної потужності передавача до меж норми замінено антену з *6 dB* на *5 dB*.

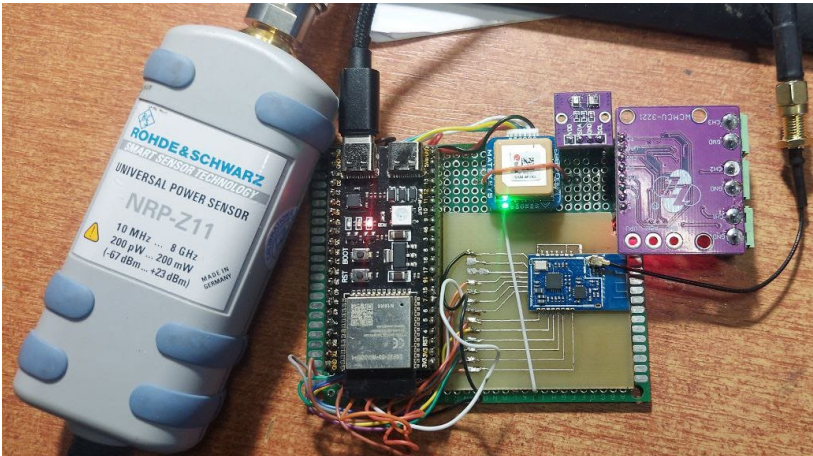


Рис. 3. Тестування потужності радіомодуля макетного зразку ноди за допомогою приладу «*Rohde & Schwarz NRP-Z11*»

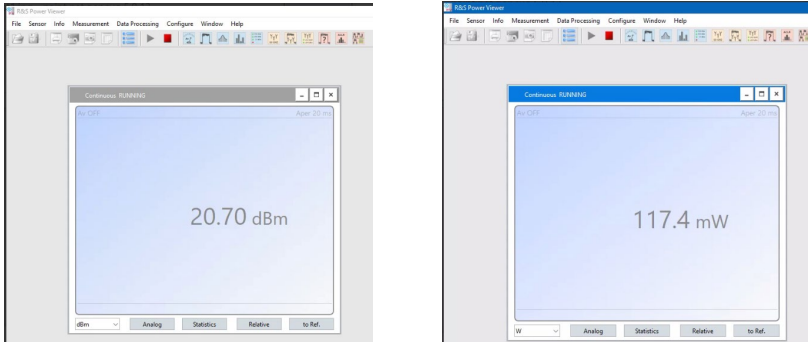


Рис. 4. Результати тестування потужності радіомодуля макетного зразок ноди за допомогою приладу «Rohde & Schwarz NRP-Z11»

На теперішній час виконується програмування мікроконтролерів, встановлення та налагодження середі системи збору, обробки та відображення даних з метою подальшого тестування системи моніторингу.

Система моніторингу на базі технології LoRaWAN, що досліджується, вирішує низку проблем, характерних для наступних рішень:

- Завдяки використанню власної мережі LoRaWAN мінімізуються ризики, пов'язані з кібератаками та перешкодами, що є невід'ємною частиною зовнішніх каналів зв'язку. Це гарантує безперерйну роботу системи та захист конфіденційних даних.
- Відмова від сторонніх каналів зв'язку дозволяє суттєво скоротити витрати.
- LoRaWAN забезпечує високу пропускну здатність та мінімальні затримки передачі даних, що дозволяє отримувати актуальну інформацію в режимі реального часу і швидко реагувати на зміни.
- Стабільна робота системи та мінімальні затримки передачі даних забезпечують високу точність отримуваних даних, що є критично важливим для прийняття обгрунтованих рішень.

Висновки.

У ході моделювання розраховано параметри радіомережі, сформовано пакет даних та створено перший експериментальний зразок ноди та шлюзу. До ноди під'єднані датчики GPS, та інші. Перевірено, що нода передає дані через шлюз до серверу.

На основі проведених досліджень зроблено висновок, що мережу операторів стільникового зв'язку можна замінити радіомережею *LoRaWAN*, що призведе до зменшення ризиків уразливості каналів передачі даних системи моніторингу. Подальші дослідження пов'язані з необхідністю дослідити експериментально дальність зв'язку радіомережі та стабільність роботи.

Виявлено, що радіомодулі *Ebyte E28-2G4M20S* постачаються з чіпом *SX1281* та мають завищену потужність.

Проаналізовано нові модулі та було виявлено, що нещодавно з'явилась ще одна модель модулів на базі *SX1280*, але з потужністю 27 dB, яку можна

програмно регулювати, а саме *LoRa1280F27-TCXO* від «*NiceRF Wireless Technology Co., Ltd.*». У подальших дослідженнях цим модулем можна замінити *Ebyte E28-2G4M20S*.

Завдяки своїм властивостям, технологія LoRaWAN дозволяє суттєво підвищити ефективність роботи аеропортів. Її застосування охоплює такі сфери, як: моніторинг руху об'єктів на аеродромі, контроль за логістичними процесами, збір метеоданих для оптимізації польотів та забезпечення безпеки злітно-посадкових смуг шляхом своєчасного виявлення сторонніх об'єктів (тварин, людей, техніки), автоматизація та контроль освітлення злітно-посадкових смуг та інше.

Список літератури

1. Верховна Рада України. Положення про систему управління безпекою польотів на авіаційному транспорті.
URL : <https://ips.ligazakon.net/document/REG8075?an=18> (дата звернення: 16.09.2024).

2. Є.С.Карпов, О.В.Вовна Підвищення безпеки та надійності комп'ютерно-інтегрованої системи моніторингу в межах аеропорту на базі радіомережі LoRaWAN. Комп'ютерні системи та мережні технології : Збірник тез доповідей XV міжнародної науково-практичної конференції. 2024. С. 76—78.
URL : <http://csnt.nau.edu.ua/files/2024/sbirnyk2024.pdf> (дата звернення: 16.09.2024).

3. Є.С.Карпов, О.В.Вовна Проблеми збору даних для моніторингу технічних характеристик і локації спеціалізованого автотранспорту аеропорту. Проблеми інформатизації та управління, 2(78)'2024. С. 18—29.