

5. Julier, S. J., & Uhlmann, J. K. (1997). A new extension of the Kalman filter to nonlinear systems. *In Proc. SPIE AeroSense*.

УДК 621.3

В. Л. Дунець к.т.н., доцент; Н. А. Гульовський

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ЦИФРОВА РАДІОРЕЛЕЙНА ЛІНІЯ ЗВ'ЯЗКУ ДЛЯ ВИСОКОШВИДКІСНОЇ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ З БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

V.L.Dunets Ph.D., Associate professor; N.A. Gulovsky

DIGITAL RADIO RELAY COMMUNICATION LINE FOR HIGH-SPEED DATA TRANSMISSION FROM UNMANNED AERIAL VEHICLES

Високошвидкісна та надійна передача даних з безпілотних літальних апаратів (БПЛА) є актуальною задачею. На сьогодні існує широкий спектр методів передавання даних — від провідних (оптоволоконних) до безпроводних (радіо телекомунікаційних) систем, кожна з яких має свої області застосування та переваги.

З розвитком смартфонів, інтернет-пристроїв виникла необхідність у високошвидкісній передачі інформації. Особливу увагу набули системи, здатні передавати відео високої роздільності в режимі реального часу. Такі технології дають змогу здійснювати моніторинг у реальному часі лісових масивів, полів, потенційно небезпечних територій а також у сучасних військових конфліктах, де швидкість передачі інформації є критично важливою.

Основна складність при вирішенні цієї проблеми полягає у передачі відео в реальному часі з БЛА, зокрема, в забезпеченні стабільного та швидкого зв'язку при обмеженій пропускній здатності, високій затримці, енергоспоживанні та потребі в безпечній передачі даних.

Для вирішення цієї проблеми запропоновано застосувати обладнання Mikrotik LHG XL 52 ac, що дає змогу створити двосмугову цифрову радіорелейну лінію РРЛ (Рис.1) на відстань у кілька десятків кілометрів: основний канал 5 ГГц зі швидкістю до 600 Мбіт/с та резервний канал 2,4 ГГц зі швидкістю до 260 Мбіт/с. Побудована тестова система високоякісної передачі відео передбачає налаштування зв'язку типу «точка-точка» та дослідження характеристик каналу на відстані (>10 км) на основі РРЛ, створеної за стандартами IEEE 802.11, які зазвичай застосовуються у системах безпроводного зв'язку типу «точка-багатоточка» з локальним покриттям у межах сотень метрів.

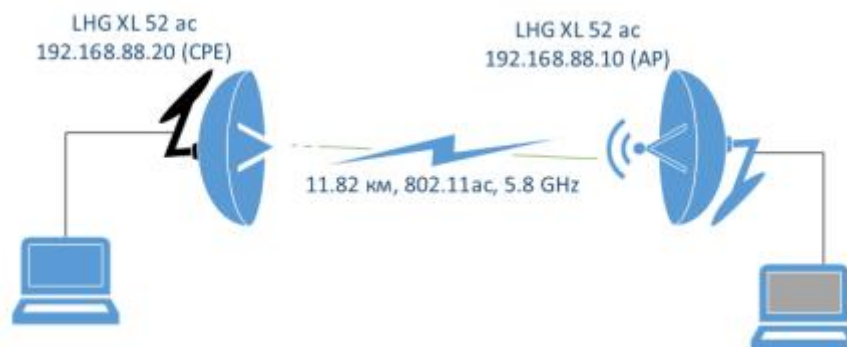


Рисунок 1. Схема підключення прийомопередавачів РРЛ Mikrotik та кінцевих терміналів з IP-адресами

За допомогою інструменту математичного моделювання проведено оцінку траси РРЛ та її характеристик на основі географічного розташування вузлів і параметрів обладнання. Згідно з теоретичними розрахунками, рівень сигналу на приймальній стороні має становити -55,76 дБм. Після налаштування антен найкращий зафіксований сигнал на приймачі склав -57 дБм, що підтверджує відповідність практичних результатів теоретичним розрахункам і достовірність моделі.

Результати дослідження підтверджують, що ефективність використання БПЛА значною мірою залежить від якості та стабільності каналу зв'язку, особливо під час передавання відеопотоку високої роздільності. Запропоновані технічні та архітектурні рішення забезпечують можливість створення надійної системи передачі даних для широкого спектра застосувань у цивільній, промисловій та оборонній сферах.

Таким чином, ефективне використання БПЛА для моніторингу критичної інфраструктури, картографування та промислової безпеки — напряду залежить від якості телекомунікаційної системи. Забезпечення стабільного, високошвидкісного каналу передачі відео в реальному часі є ключовою науково-технічною задачею. Проаналізовані протоколи, технології та мережеві рішення демонструють, що сучасні апаратні засоби на кшталт Mikrotik LHG XL 52 ac та мережеві архітектури нового покоління можуть забезпечити необхідний рівень продуктивності, надійності та безпеки для реалізації таких систем.

Література

1. Химич Г.П., Дунець В.Л., Корнєєв К.Г., Пиць І.В. Телекомунікаційна мережа обміну даних телеметрії між надшвидкісним літаючим об'єктом (ракетою) та наземною станцією. XXV Міжнародна молодіжна науково-практична конференція «Людина і космос»: збірник тез. Дніпро: НЦАОМ, 2023. С.119. ISSN 2221-4550.

2. ДСТУ ETSI EN 300 328 :2008 (ETSI EN 300 328:2006, IDT) Електромагнітна сумісність і радіочастотний спектр. Системи з радіодоступом у діапазоні частот 2,4 ГГц. Загальні вимоги до радіоінтерфейсу

3. ДСТУ 7115:2009 (ETSI EN 301 893:2008, MOD) Обладнання радіодоступу діапазону частот 5 ГГц. Загальні технічні вимоги та методи випробування

4. ДСТУ 3937-1999 Системи передачі прямої видимості радіорелейні. Класифікація. Основні параметри. Методи вимірювань

5. Mikrotik LHG XL 52 ac URL: https://mikrotik.com/product/lhg_xl_52_ac

УДК 004.056

Загальюк П. - студент групи TP-304

Науковий керівник: Недошитко Л.М., викладач-методист

(Відокремлений структурний підрозділ "Тернопільський фаховий коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя")

РАДІОЕЛЕКТРОННА БОРОТЬБА У ВІЙНІ

Zahaliuk P. - student of TP-304 group

Scientific supervisor: Nedoshytko L.M. , teacher-methologist

RADIO-ELECTRONIC WARFARE IN WAR

Радіоелектронна боротьба (РЕБ) стала невід'ємним елементом сучасних бойових дій, особливо в умовах повномасштабного вторгнення Росії в Україну. Це не просто окрема галузь бойових засобів — це потужний інструмент домінування в