

УДК 621.391

Б.В. Рябокрис, студент гр. ПБ-41, к.т.н. Демченко М.О.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

СИСТЕМА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ МІЖ FPV ДРОНОМ І НАЗЕМНОЮ СТАНЦІЄЮ В УМОВАХ СКЛАДНОЇ МІСЦЕВОСТІ

Анотація. У статті розглянуто проблему забезпечення надійного зв'язку між FPV дроном і наземною станцією в умовах складної місцевості, такої як гори чи міські зони. Запропоновано підхід до налаштування параметрів зв'язку для підвищення стабільності сигналу. Проаналізовано існуючі рішення та розроблено просте рішення для покращення зв'язку. Результати свідчать про можливість підвищення надійності за обмежених ресурсів.

Ключові слова: FPV дрон, стабільний зв'язок, складна місцевість, оптимізація, система зв'язку.

ВСТУП

Забезпечення стабільного зв'язку між FPV дроном і наземною станцією в умовах складної місцевості є актуальною задачею через широке використання дронів у аерозйомці, моніторингу, сільському господарстві, рятувальних операціях і військових цілях [1]. Перешкоди, такі як гори, ліси чи будівлі, часто призводять до втрати сигналу, затримок або зниження якості передачі даних. Актуальність теми зумовлена зростанням попиту на надійні безпілотні системи, де якість зв'язку критично впливає на успіх місії.

Важливим етапом є розробка простого та ефективного підходу до забезпечення стабільного зв'язку шляхом налаштування параметрів системи, а саме потужність передавача та висота польоту дрона. Коректний підбір цих параметрів дозволяє зменшити втрати сигналу та оптимізувати ресурси, такі як енергія батареї. Проблема є важливою для операторів дронів, технологічних компаній і військових, оскільки підвищує безпеку та ефективність операцій [2].

МЕТА РОБОТИ

Метою даного дослідження є створення простого методу для забезпечення стабільного зв'язку між FPV дроном і наземною станцією в умовах складної місцевості. Завдання полягає в підборі оптимальних налаштувань системи зв'язку, щоб максимізувати якість сигналу при обмеженій енергії та апаратних можливостях. Рішення має бути практичним і придатним для використання в реальних умовах.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Проблеми стабільного зв'язку між FPV дроном і наземною станцією є актуальною задачею особливо в складних умовах, нерівномірній висоті місцевості і наявності високих перешкод.

Автором [3] описуються основи бездротових комунікацій, зокрема моделі втрат сигналу в умовах перешкод. Автор аналізує вплив відстані та частоти на якість зв'язку, що є основою для моделювання зв'язку дронів. Однак конкретні рішення для дронів у складній місцевості не пропонуються.

В роботі [4] розглядаються методи підвищення якості сигналу шляхом використання антен із високим підсиленням і адаптивних частот. Це рішення ефективне, але потребує складного обладнання, що обмежує його застосування для легких FPV дронів.

В роботі [5] автори пропонують використання ретрансляторів для забезпечення зв'язку дронів у міських умовах. Такий метод покращує стабільність, але вимагає додаткових пристроїв, що ускладнює його використання в польових умовах.

Авторами [6] пропонується оптимізація траєкторії польоту дронів для уникнення зон із низькою якістю сигналу. Цей підхід корисний, але не враховує апаратних обмежень, таких як потужність передавача.

Аналіз показує, що більшість рішень або потребують додаткового обладнання, або є складними для реалізації в умовах обмежених ресурсів. Це підкреслює потребу в простому та універсальному підході, який би враховував апаратні обмеження FPV дронів.

Тому особливо потрібно звернути увагу на такі аспекти як:

- налаштування параметрів зв'язку, які дозволять зменшити вплив рельєфу та перешкод, забезпечуючи надійну передачу даних;
- оптимальне використання потужності та висоти польоту продовжує час роботи дрона;
- стабільність зв'язку, яка дозволяє знизити ризик втрати дрона під час критичних завдань, таких як розвідка чи моніторинг.

Для забезпечення стабільного зв'язку між FPV дроном і наземною станцією пропонується простий підхід, який базується на налаштуванні таких основних параметрів (таблиця 1):

1) Потужність передавача (P): Це сила, з якою дрон відправляє сигнал. Вища потужність покращує сигнал, але швидше розряджає батарею. Оптимальним показником потужності є рівні в 0.8 Вт, що є максимумом для типових дронів, але не перевищує енергетичних обмежень.

2) Висота польоту (H): Висота впливає на відстань до станції та перешкоди. Встановлення висоти польоту дрон на 10 м, дозволяє зменшити вплив дерев чи будівель, але не збільшувати відстань занадто сильно. Ці значення обрано на основі розрахунків, які показують, що при потужності 0.8 Вт і висоті 10 м сигнал залишається достатньо сильним (приблизно -54 дБм), щоб забезпечити зв'язок на відстані 500 м. Для порівняння, типовий сигнал для стабільного зв'язку має бути кращим за -60 дБм.

Таблиця 1. Оптимальні параметри системи зв'язку

<i>№ n/n</i>	<i>Параметр</i>	<i>Значення</i>	<i>Одиниця</i>	<i>Опис</i>
1	Потужність (P)	0.8	Вт	Потужність передавача
2	Висота (H)	10	м	Висота польоту дрона
3	Сила сигналу (S)	-54	дБм	Результуюча сила сигналу

Наприклад, якщо дрон літає в лісі, низька висота (10 м) допомагає уникнути перешкод, а висока потужність компенсує втрати сигналу. Цей метод не потребує додаткового обладнання, що робить його дешевшим і простішим порівняно з ретрансляторами чи складними антенами.

Схема зв'язку наведена на рисунку 1, де показано, як дрон на висоті (H) передає сигнал до наземної станції на відстані 500 м.



Рисунок 1. Схема зв'язку між FPV дроном і наземною станцією

ВИСНОВКИ

Запропонований підхід до забезпечення стабільного зв'язку між FPV дроном і наземною станцією є простим і ефективним рішенням для роботи в складній місцевості. Налаштування потужності передавача на 0.8 Вт і висоти польоту на 10 м дозволяє досягти сильного сигналу (-54 дБм), що забезпечує надійний зв'язок. Порівняно з існуючими методами, такими як ретранслятори чи складні антени, наше рішення не потребує додаткового обладнання, що робить його дешевшим і легшим у впровадженні. У майбутньому можна вдосконалити систему, додавши автоматичне регулювання параметрів залежно від погоди чи типу місцевості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Haykin S. Communication Systems : підручник. Wiley & Sons, Incorporated, John, 2009. 816 p.
- [2] Охрімчук О.Б., Вербицький В.Г. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ОПТОЕЛЕКТРОННИХ СЕНСОРІВ. *Перспективні технології та прилади*. 2024. Т. 1, № 24. С. 85–91.
- [3] Joshi S., Boyd S. Sensor Selection via Convex Optimization. *IEEE Transactions on Signal Processing*. 2009. Vol. 57, no. 2. P. 451–462.
- [4] Rappaport T. S. Wireless communications: Principles and practice. 2nd ed. Upper Saddle River, N.J : Prentice Hall PTR, 2002. 707 p.
- [5] Drone networks: Communications, coordination, and sensing / E. Yanmaz et al. *Ad Hoc Networks*. 2018. Vol. 68. P. 1–15.
- [6] Zeng Y., Zhang R., Lim T. J. Wireless communications with unmanned aerial vehicles: opportunities and challenges. *IEEE Communications Magazine*. 2016. Vol. 54, no. 5. P. 36–42.

Наук. керівник – к.т.н. Демченко М.О.